

อภิธานการ



## รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การสร้างสภาวะการณ์โลกร้อนในพื้นที่ไร่ถั่วเหลืองเพื่อประเมินผลกระทบที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพสารอาหาร และ การเปลี่ยนแปลงในระดับพันธุกรรมของถั่วเหลืองพันธุ์สำคัญของประเทศไทย

Simulation of Global Warming Situation in Soybean Plantation for Assessing Impact on Quality of Nutrition Value and Genetic Change of Importance Thai Economic Soybean

โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กณิตา ธนเจริญชนภาส

และ คณะ

เสนอ

มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

ธันวาคม 2554

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

วันลงทะเบียน..... 15 ส.ค. 2555

เลขทะเบียน..... 1. 6168073

เลขเรียกหนังสือ..... 2 S6

205

57

0126

2554

## ส่วนที่ 1 รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัย

1. ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) การสร้างสภาวะการณโลกร้อนในพื้นที่ไร้วัวเหลืองเพื่อประเมินผลกระทบที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพสารอาหาร และการเปลี่ยนแปลงในระดับพันธุกรรม ของถั่วเหลืองพันธุ์สำคัญของประเทศไทย  
(ภาษาอังกฤษ) Simulation of Global Warming Situation in Soybean Plantation for Assessing Impact on Quality of Nutrition Value and Genetic Change of Importance Thai Economic Soybean
2. รายชื่อคณะผู้วิจัย พร้อมทั้งหน่วยงานที่สังกัด หมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail
  - 2.1 หัวหน้าโครงการวิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กณิตา ธนเจริญชนภาส ภาควิชา ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร, จังหวัดพิษณุโลก 65000  
โทรศัพท์: 055-962751  
โทรสาร : 055-962750  
E-mail : kanitat@nu.ac.th
  - 2.2 ผู้ร่วมโครงการวิจัย (1) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. โอโรส รักชาติ ภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร, คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร , จังหวัดพิษณุโลก 65000  
โทรศัพท์: 055-962745  
โทรสาร : 055-962750  
Email: oroser@nu.ac.th
  - (2) นเรศ ขำเจริญ ภาควิชา ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร , จังหวัดพิษณุโลก 65000  
โทรศัพท์: 055-962751  
โทรสาร : 055-962750
3. ได้รับอนุมัติจัดสรรงบประมาณประจำปี 2552 จำนวนเงิน 300,000 บาท
4. ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยสาขา สาขาเกษตรศาสตร์ และ ชีววิทยา
5. เริ่มทำการวิจัยเมื่อ ตุลาคม 2551 ถึง พฤศจิกายน 2554

## กิตติกรรมประกาศ

ดิฉันในฐานะหัวหน้าโครงการวิจัย เรื่องการสร้างสภาวะการณัโลกร้อนในพื้นที่ไร่ถั่วเหลืองเพื่อประเมินผลกระทบที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพสารอาหาร และ การเปลี่ยนแปลงในระดับพันธุกรรม ของถั่วเหลืองพันธุ์สำคัญของประเทศไทย และ ทีมผู้ร่วมวิจัย ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นอย่างยิ่งสำหรับการอนุมัติและสนับสนุนทุนการวิจัย เป็นจำนวนเงิน 300,000 บาท ซึ่งเป็นงบประมาณสนับสนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณแผ่นดินปี 2552 และขอขอบคุณอย่างยิ่งสำหรับการอนุมัติให้ขยายเวลาการดำเนินโครงการ จนสามารถดำเนินการวิจัยจนสำเร็จได้เป็นอย่างดี ขอขอบคุณสำหรับภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และ หน่วยวิจัย คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สำหรับการอนุเคราะห์ และ ให้ความสะดวกสำหรับการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ และ ให้ความสะดวกในด้านเอกสารตามลำดับ และขอขอบคุณเป็นพิเศษสำหรับ นิสิตระดับปริญญาโทสาขาวิชาการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คือ นายนเรศ ขำเจริญ และ นิสิตปริญญาโทสาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ นางสาว วิริยาภรณ์ บุญทะปัญญา รวมทั้ง นิสิตปริญญาโทสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ นางสาว อนุสรรา โพธิ์ศรี ซึ่งได้ปฏิบัติงานเป็นผู้ช่วยในการปฏิบัติงานภาคสนาม ซึ่งรวมทั้งการเก็บตัวอย่างและ เป็นผู้ช่วยในการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการมาโดยตลอดจนเสร็จสิ้นการวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนแต่เป็นส่วนสำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับความสำเร็จของงานวิจัยในครั้งนี้

หัวหน้าโครงการวิจัย

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบระยะยาวของระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ในช่วงฤดูเพาะปลูกที่มีต่อผลผลิต คุณภาพสารอาหาร และลักษณะทางพันธุกรรมในถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) พันธุ์เชียงใหม่ 60 งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการ ณ แปลงทดลองทางการเกษตร มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งใช้เวลาในการศึกษาระยะยาว 3 ปี เพื่อให้ผลผลิตถึงรุ่นที่ 2 ระหว่าง พ.ศ. 2552-2554 โดยปลูกถั่วเหลืองภายใต้สภาวะการควบคุมอุณหภูมิให้แตกต่างกัน 3 ระดับคือ ระดับอุณหภูมิต่ำกว่าธรรมชาติ ระหว่างการวิจัย(ชุดทดลองLT) ควบคุมระดับอุณหภูมิให้ใกล้เคียงกับระดับธรรมชาติภายนอกตู้ทดลองระหว่างทำวิจัย(ชุดทดลองAT) และควบคุมระดับอุณหภูมิให้สูงกว่าระดับธรรมชาติภายนอกตู้ทดลองระหว่างการวิจัย(HT)ภายใต้การควบคุมโดยระบบตู้ทดลองแบบเปิดด้านบนทุกวัน โดยตรวจวัดผลกระทบตั้งแต่ช่วงระยะ V1 ถึง R8 ผลการศึกษาพบว่าสภาวะอุณหภูมิสูงกว่าระดับธรรมชาติส่งผลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อถั่วเหลือง ในปัจจัยด้านความสูง ดัชนีพื้นที่ใบ คลอโรฟิลล์เอ น้ำหนัก 100 เมล็ด เถ้า และเยื่อใยตามลำดับ โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดการทดลอง HT กับ AT พบว่าความสูงลำต้นของถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นที่ระดับ 11.41 % 7.8% และ 13.33% ที่ระยะ V3 R1 และ R3 ในรุ่นที่ 1 ตามลำดับ และพบว่าน้ำหนัก 100 เมล็ด มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 18.72 ในรุ่นที่ 2 ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดทดลอง LT กับ HT ที่พบว่ามีผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการศึกษาบ่งชี้ว่าค่าดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะ R1 เพิ่มขึ้น ที่ระดับ 23.17 % นอกจากนี้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ที่ระยะ R1 R6 และ R8 เพิ่มขึ้นที่ระดับ 47.39% 36.35% และ 55.28% ตามลำดับ แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญที่สถิติ ที่ผลผลิตรุ่นที่ 2 แต่อย่างใด ยกเว้นการวิเคราะห์ในปริมาณเยื่อใยซึ่งพบว่า เพิ่มขึ้นถึง 14.22 % และ 8.3 % ทั้งผลผลิตรุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2 ตามลำดับ ส่วนปริมาณเถ้าพบว่ามีระดับเพิ่มขึ้นในผลผลิตรุ่นที่ 2 โดยเพิ่มขึ้น 23.67 % เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง LT และ HT ผลการศึกษาในทางตรงข้ามก็ได้รับการสังเกตพบเช่นกัน โดยพบว่าผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิสูงส่งผลในทางลบต่อปริมาณโปรตีนและไขมันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดการทดลอง LT กับ HT พบว่าโปรตีนลดลง 68.42 % ในรุ่นที่ 1 แต่ไม่พบผลความแตกต่างในรุ่นที่ 2 ส่วนปริมาณไขมันลดลงถึง 64 % ในรุ่นที่ 2 โดยเปรียบเทียบผลการศึกษาระหว่าง AT กับ HT ซึ่งไม่พบผลดังกล่าวในรุ่นที่ 1 สุดท้ายเมื่อนำถั่วเหลืองทั้งสองรุ่นไปวิเคราะห์ลักษณะทางพันธุกรรม โดยเทคนิค AFLPs พบว่า ระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันส่งผลต่อการแบ่งกลุ่มพันธุกรรมออกเป็น 2 กลุ่มอย่างชัดเจนคือ คือ กลุ่มของ AT และ LT ที่แยกกลุ่มจาก HT อย่างชัดเจน เมื่อพิจารณาพบว่าพันธุกรรมของกลุ่ม AT ซึ่งเป็นกลุ่มที่อุณหภูมิต่ำกว่าระดับปกติในการปลูกนั้น แยกกลุ่มออกมาอย่างชัดเจน ในการปลูกรุ่นที่ 1 ส่วนกลุ่ม LT แยกลักษณะทางพันธุกรรมออกมาอย่างชัดเจนในการปลูกรุ่นที่ 2

## ABSTRACT

The purpose of the research was to investigate the long-term effect of difference levels of air temperature during growing season on yield production, nutrition value and genetic characteristic in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) Chiang Mai 60 cultivar. The experiment was carried out at the Agricultural Research field, Naresuan University in Phitsanulok for 3 years to produced 2 generations during 2009-2011. Soybean plants were exposed to 3 levels of air temperature; Lower Ambient Air Temperature (LT), Ambient Air Temperature(AT), Higher Ambient Air Temperature(HT) under open top chamber system, from V1 through maturing stage. It was found that higher ambient air temperature condition induced significant positive responses in height, LAI, Chlorophyll *a* (Chl *a*), 100 seed weight, ash and fiber. We found sufficient evidence comparing between HT and AT treatments in height and 100 seed weight parameters. At the 1<sup>st</sup> generation, the results showed the significantly increase in height by 11.41%, 7.8% and 13.33% at V3, R1 and R3 growth stage, respectively. While, the significant increase by 18.72 % of 100 seed weight was found at the 2<sup>nd</sup> generation. The significant results were found in LAI and pigment content when compared between LT and HT treatment. The significant increased in Leaf Area Index(LAI) by 23.17 % appeared at R1 stage in HT treatment. In addition, Chl *a* content were increased by 47.39 %, 36.35 % and 55.28 % at R1, R6 and R8 stage, respectively. Although, the similar results were not found in the 2<sup>nd</sup> generation. Although, we found the significant increase by 14.22% and 8.3% in fiber at both the 1<sup>st</sup> and the 2<sup>nd</sup> generations, and the increase by 23.67% in ash at the 2<sup>nd</sup> generations. In contrast, the negative results under high air temperature condition were shown in protein and lipid. At the 1<sup>st</sup> Generation, protein loss by 68.42 % (compared between LT-HT) while lipid loss by 64.86% was found at the 2<sup>nd</sup> Generation (compared between AT-HT). Finally, we analyzed phenotypic changes by the Amplified Fragment Length Polymorphisms (AFLPs) technique to investigated the effects of temperature variability on phenotype characteristic changes of soybeans for 2 cropping periods. Six primer sequences of DNA indicated that soybeans under 3 levels of temperature in the growing season could be categorized into 2 groups; AT and LT treatments were separated at the 1<sup>st</sup> cropping period and the 2<sup>nd</sup> cropping period, respectively.

## บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)

### สรุปโครงการวิจัย

#### 1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มอุณหภูมิในบรรยากาศของโลก (global warming) ในชั้นโทรโปสเฟียร์ เป็นปัญหาในระดับโลกมาเป็นเวลาต่อเนื่องหลายปีจนถึงปัจจุบัน จากการศึกษาของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ และ องค์กรระดับโลกได้ระบุอย่างชัดเจนว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกนั้น มีความสัมพันธ์ที่ชัดเจนกับการเพิ่มขึ้นของกลุ่มก๊าซเรือนกระจกของโลกอาทิ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ไนตรัสออกไซด์ (N<sub>2</sub>O) มีเทน (CH<sub>4</sub>) และ คลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CF<sub>2</sub>CL<sub>2</sub>) (Horel and Geisler, 1997; IPCC, 2001; Keeling and Whorf, 2003; IPCC, 2006; IPCC, 2007) ในปัจจุบันพบว่าอุณหภูมิของโลกได้เพิ่มขึ้นแล้วประมาณ 0.6 ในช่วง ศตวรรษที่ผ่านมา (Stott *et al.*, 2006) และจากการรายงานขององค์กรระดับโลก คือ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ได้คาดการณ์ว่า อุณหภูมิของโลกในอนาคตมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยทำนายว่าอุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าเฉลี่ยปกติถึง 4.5 °C และเมื่อมีการศึกษาเพิ่มเติมในเวลาต่อมาพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยโลกจะเพิ่มขึ้นถึงประมาณ 1.1-6.4 °C ภายในศตวรรษที่ 21 อันเป็นความสัมพันธ์กับปริมาณการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญคือ CO<sub>2</sub> และ CH<sub>4</sub> ในบรรยากาศ (IPCC, 2006; IPCC, 2007)

ปัญหาที่สำคัญมากประการหนึ่งซึ่งเกิดจากผลกระทบของภาวะโลกร้อนคือ การลดลงของผลผลิตทางการเกษตรในพื้นที่ต่างๆทั่วโลก (Fuhrer, 2003; Stangland, 2007) ผลการวิจัยในหลายประเทศพบว่าปัญหาโลกร้อนมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญต่อการลดลงของผลผลิตทางการเกษตร ของธัญพืชอาหารหลักของโลกหลายชนิด เป็นพื้นที่ในบริเวณกว้าง เช่น ข้าวสาลี ข้าวเจ้า ถั่วเหลือง เนื่องด้วยอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงในเชิงสรีรวิทยาในพืชซึ่งนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงในเชิงลบต่อกลไกการผลิตสารอาหาร ประกอบกับปัญหาพร้อมจากพื้นที่ทำการเกษตรถูกทำลายจากภาวะอุทกภัยจากโลกร้อน ความแปรปรวนของฤดูกาล การเพิ่มขึ้นของแมลงศัตรูพืช การเปลี่ยนแปลงความสมดุลของปริมาณธาตุอาหารในดิน การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเกินระดับวิกฤตของพืช รวมทั้งปริมาณน้ำฝนที่ลดลงซึ่งจะส่งผลต่อการลดผลผลิตของพืชทางการเกษตรอย่างต่อเนื่อง (Jacobson, 2002; Fuhrer, 2003; Prasad *et al.*, 2006) และ ภาวะนี้จะยังคงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในอนาคตหากอุณหภูมิของโลกยังคงสูงขึ้นต่อไป สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ ทำให้นักวิทยาศาสตร์ในหลายๆประเทศ รวมทั้งประเทศในแถบทวีปเอเชีย ได้ทำการศึกษาวิจัยเพื่อให้ทราบสถานการณ์ เพื่อประเมินผลกระทบของสภาวะโลกร้อนที่มีผลต่อพืชทางการเกษตรทั้งในสภาวะปัจจุบันและในอนาคต โดยรูปแบบการวิจัยนั้นมีทั้งการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายและประเมินผล และ รูปแบบงานวิจัยในแปลงทดลองเพื่อจำลองสถานการณ์จริงในพื้นที่ (Jacobson, 2002; Fuhrer, 2003; Prasad *et al.*, 2006) ทั้งนี้กลุ่มนักวิทยาศาสตร์เหล่านี้มีจุดประสงค์ในการทำการวิจัยเพื่อให้ทราบข้อมูลที่แม่นยำที่เกิดขึ้นได้จริงและเพื่อให้ได้

ข้อมูลพื้นฐานอันนำไปสู่การหาคำนวณที่แม่นยำในการทำนายเชิงคณิตศาสตร์อันจะนำไปสู่การจัดการปัญหานี้ต่อไปในอนาคตนั่นเอง

จากข้อมูลปัญหาของสภาวะการณ์โลกร้อนและผลกระทบต่อผลิตผลทางการเกษตรดังกล่าวแล้วมาข้างต้น จำเป็นที่จะต้องพิจารณาความเกี่ยวข้องของสถานการณ์ของปัญหานี้ในประเทศไทยทั้ง 2 ประเด็น ในประเด็นที่หนึ่งคือ ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่สำคัญในระดับเอเชียและในระดับโลก ประเด็นที่สอง เมื่อประเมินสถานการณ์การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในประเทศไทยซึ่งพบว่าปัญหานี้เกิดขึ้นแล้วในประเทศไทย ซึ่งขณะนี้พบว่าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในประเทศไทยสูงขึ้นกว่าปกติในช่วงระหว่าง 0.5-1.2 °C ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา (จกกลณี อยู่สบาย, 2550) จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งและเร่งด่วนที่จะต้องดำเนินการศึกษาวิจัยเพื่อให้ทราบผลที่เกิดขึ้นได้จริงของปัญหาโลกร้อนที่มีต่อผลิตผลทางการเกษตรในประเทศไทย ทั้งในปัจจุบันและในอนาคต โดยการวิจัยในครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้ตัดสินใจเลือกทำการประเมินผลกระทบจากภาวะโลกร้อนที่มีต่อถั่วเหลืองพันธุ์สำคัญซึ่งเป็นที่นิยมปลูกและสำคัญในแง่เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย เนื่องจากถั่วเหลืองเป็นพืชเศรษฐกิจทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศและทั่วโลก ในแง่ของการเป็นอาหารหลักและอาหารเสริมในรูปแบบต่างๆของประชากรโลกประกอบกับจังหวัดพิษณุโลกเป็นพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองมากเป็นอันดับ 7 ของประเทศ และเลือกรูปแบบการวิจัยโดยการสร้างสถานการณ์จริงของสภาวะโลกร้อนทั้งในสภาวะปัจจุบันและจำลองสถานการณ์ระดับอุณหภูมิที่อาจเกิดขึ้นได้จริงในอนาคต ในพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองในจังหวัดพิษณุโลกและศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นทั้งต่อคุณภาพสารอาหารและการเปลี่ยนแปลงในระดับพันธุกรรมของถั่วเหลืองในพื้นที่ศึกษา ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการสร้างฐานข้อมูลอย่างเป็นรูปธรรม ต่อการรองรับประเด็นสภาวะปัญหาระดับโลกที่เกิดขึ้นดังกล่าว ซึ่งประเทศไทยก็เป็นประเทศหนึ่งที่ต้องได้รับผลกระทบจากปัญหานี้อย่างแน่นอนทั้งในปัจจุบันและอนาคต ซึ่งข้อมูลที่จะได้จากงานวิจัยในขั้นนี้ จะนำไปสู่กระบวนการจัดการทรัพยากรการเกษตรของประเทศไทยระดับประเทศเพื่อรับมือกับปัญหาสภาวะการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปของโลกที่เกิดขึ้นอย่างตรงประเด็นต่อไป

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อให้ได้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับอัตราผลิตผล คุณภาพสารอาหารและการตอบสนองของ genotype ของถั่วเหลืองจากการปลูกถั่วเหลืองระยะยาวเพื่อให้ได้รุ่นที่ 3 เมื่อปลูกและผลิตพันธุ์ภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่สูงกว่าระดับธรรมชาติ

### 3. ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ดำเนินการตามขอบเขตของระเบียบวิธีวิจัยดังนี้

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ดำเนินการตามขอบเขตของการใช้พื้นที่ อุปรกรณ์ เครื่องมือ และวิธีดำเนินการดังนี้

#### 3.1 สถานที่วิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ใช้พื้นที่ปลูกถั่วเหลืองในแปลงทดลองทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก ซึ่งตั้งอยู่ที่ละติจูด 16 องศาเหนือ 44.003 ลิปดา และลองจิจูด 100 องศาตะวันออก 11.810 ลิปดา พื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเล 48 เมตร โดยในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์ผลทางสรีรวิทยาบางประการ ณ ห้องปฏิบัติการภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในเมล็ด ณ ห้องปฏิบัติการภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

#### 3.2 พันธุ์ถั่วเหลืองที่ใช้ในการวิจัย

ถั่วเหลืองไทย (*Glycine max* (L.) Merrill) เป็นพืชไร่ที่เลือกใช้สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เนื่องจากเป็นพืชตระกูลถั่วที่ให้คุณค่าทางโภชนาการสูงมาก และผู้วิจัยได้ตัดสินใจเลือกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เป็นพันธุ์เดียวสำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เนื่องจากถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เป็นพันธุ์ถั่วเหลืองที่ให้ผลผลิตและคุณค่าทางด้านสารอาหารสูง คือ มีโปรตีน 43.8 เปอร์เซ็นต์ น้ำมัน 20 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตสูงเฉลี่ย 280-350 กิโลกรัมต่อไร่ ลักษณะเด่นของสายพันธุ์คือ ทนทานต่อโรคราสนิม โรคใบด่าง และไวรัสใบด่าง และนิยมปลูกในภาคเหนือตอนล่างมากที่สุด โดยเฉพาะจังหวัดพิษณุโลก (กรมวิชาการเกษตร, 2555)

#### 3.3 ระยะเวลาการวิจัย

การศึกษามลกระทบระยะยาวของระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันในช่วงฤดูเพาะปลูกที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพสารอาหารในถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) พันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยควบคุมระดับอุณหภูมิที่กำหนด 3 ระดับใน 3 ชุดการทดลอง (3 ซ้ำ) ในแต่ละชุดทดลอง 5 ชั่วโมงต่อวัน ตั้งแต่ 10.00-15.00 น. โดยทำการปลูก 2 รุ่นดังนี้

ปลูก รุ่นที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2552 – มีนาคม 2552

นำผลผลิตจากรุ่นที่ 1 มาต่อเนื่องในรุ่นที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 - มีนาคม 2554

เพื่อวิเคราะห์ผลทางสรีรวิทยาบางประการ ได้แก่ การเจริญเติบโตด้านความสูง ดัชนีพื้นที่ใบ และปริมาณ รงควัตถุในใบ (คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และแคโรทีนอยด์)



จากนั้นทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในเมล็ด และวิเคราะห์ลักษณะทางพันธุกรรม ในการปลูกรุ่นที่ 1 เดือนมิถุนายน 2552 – ธันวาคม 2552 และรุ่นที่ 2 เดือนมิถุนายน 2554 – ธันวาคม 2554

### 3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. ชุดวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (Kjeldatech digestion unit และ distillation unit)
2. ชุดวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (Extraction System Model B-811)
3. ชุดวิเคราะห์เยื่อใย (Fiber Analyzer)
4. ชุดวิเคราะห์เถ้า (Futname Thermolyne sybron Tye 48000 Furnace)
5. เครื่อง Spectrophotometer พร้อม cuvette 1 ชุด Model DR 4000
6. ตู้อบลมร้อน
7. Hot plate
8. เครื่องเซนตริฟิวจ์
9. เครื่อง Evaporator

#### วัสดุอุปกรณ์

1. เมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60
2. Chamber ขนาดกว้าง 1.5 เมตร สูง 1.7 จำนวน 9 ตู้
3. โกร่งบดตัวอย่างใบพีช
4. เครื่องแก้ว ประกอบด้วย
  - 4.1 ชุดเครื่องแก้ววิเคราะห์คลอโรฟิลล์
  - 4.2 ชุดเครื่องแก้ววิเคราะห์โปรตีน
  - 4.3 ชุดเครื่องแก้ววิเคราะห์ไขมัน
  - 4.4 ชุดเครื่องแก้ววิเคราะห์เยื่อใย
  - 4.5 โถดูดความชื้น
  - 4.6 ชุดถ้วย moisture can วิเคราะห์ความชื้น
  - 4.7 ชุดถ้วยกระเบื้องวิเคราะห์เถ้า
5. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 เส้นผ่านศูนย์กลาง 70 มิลลิเมตร
6. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 6 เส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร

#### สารเคมี

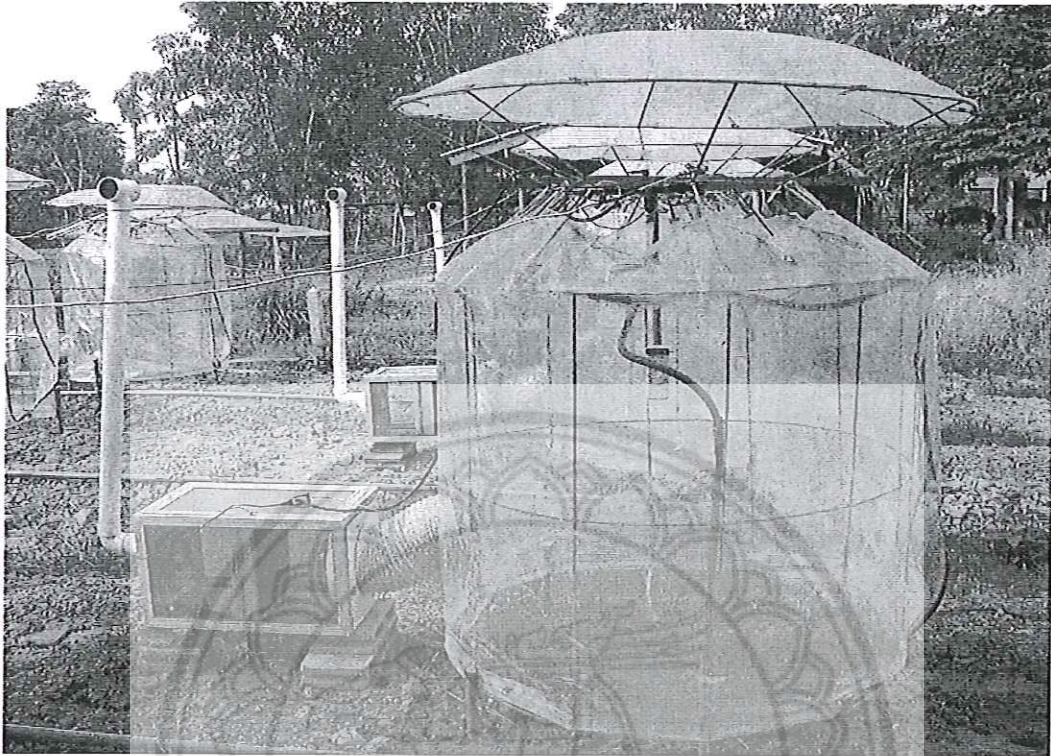
1. สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. สารละลายกรดซัลฟูริก เข้มข้น 0.128 โมล
3. สารละลายกรดซัลฟูริก เข้มข้น 0.1 นอร์มอลิตี
4. สารละลายต่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 32 เปอร์เซ็นต์
5. สารละลายต่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.223 โมล
6. สารละลายบอริกเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์

7. ซิลิเนียม
8. อินดิเคเตอร์ (methyl red และ methylene blue)
9. เอ็น-ออกทานอล
10. อะซีโตน เข้มข้น
11. ปีโตรเลียมอีเทอร์
12. เมทานอล
13. Boron Trifluoride
14. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)
15. Hexane

### 3.5 การควบคุมสภาวะจำลองเพื่อควบคุมอุณหภูมิในพื้นที่ปลูกถั่วเหลือง

#### (1) Open Top Chamber

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะประยุกต์ใช้ Open top chamber (ห้องระบบเปิดด้านบน) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ดัดแปลงมาจาก Drake et al.(1989) ซึ่งขณะนี้ได้นำมาประยุกต์ใช้ในการวิจัยเรื่อง การประเมินผลกระทบของระดับก๊าซโอโซนที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศต่ออัตราผลผลิตและคุณภาพของสารอาหารในถั่วเหลืองพันธุ์พื้นเมืองของประเทศไทยซึ่งเป็นโครงการวิจัยงบประมาณแผ่นดินปี 2550 (ภาพที่ 1) โดยในงานวิจัยนี้จะพัฒนารูปแบบการใช้งานโดยการเปิดด้านบนไม่มีหลังคา เพื่อให้ถั่วเหลืองได้รับน้ำฝนและความชื้นตามธรรมชาติ และ ลักษณะของ Open top chamber ในงานวิจัยนี้จะคลุมด้วยพลาสติกใสรูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เมตร สูง 1.7 เมตร เปิดหลังคาด้านบน และติดตั้งระบบหมุนเวียนอากาศ โดยติดตั้งพัดลมด้านบนของ ตู้ทดลอง



ภาพที่ 1 Open Top Chamber ที่ประยุกต์ใช้ในการวิจัย

(2) การควบคุมระดับอุณหภูมิในห้องทดลอง

1.1 การสร้างตู้ทดลองชนิดเคลื่อนย้ายได้ การศึกษาวิจัยใช้ตู้ทดลองพลาสติกใสรูปทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เมตร สูง 1.7 เมตร เปิดระบายอากาศด้านบน และมีหลังคาพลาสติกใสด้านบนเพื่อกันน้ำฝน ตู้ทดลองนี้จะใช้เพื่อควบคุมอุณหภูมิในระดับที่กำหนดใน แปลงปลูกและควบคุมระดับอุณหภูมิไว้ซึ่งใช้จำนวนตู้ทดลองทั้งหมด 9 ตู้

1.2 การควบคุมอากาศและลดอุณหภูมิในตู้ทดลอง ดำเนินการโดยการติดตั้งพัดลมดูดอากาศบริเวณด้านล่างของด้านหน้าตู้ทดลองเพื่อดูดอากาศเข้า อากาศที่ถูกดูดเข้ามาจะผ่านแผ่นกรองกักขมลพิษอื่นๆ โดยการใช้ถ่านกัมมันต์ เป็นตัวกรองและผ่านแผ่นกรองฝุ่นอีก 1 ชั้น

1.3 การควบคุมระดับอุณหภูมิในตู้ทดลองใช้ระบบการควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์โดยมีเครื่องบันทึกอุณหภูมิด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ในห้องทดลองซึ่งส่งสัญญาณต่อเชื่อมกับระบบควบคุมการปล่อยน้ำอัตโนมัติโดยสั่งเปิด ปิดน้ำตามสายยางบริเวณด้านข้างห้องทดลอง โดยระบบจะการควบคุมให้วาล์วปล่อยน้ำเพื่อลดอุณหภูมิในกรณีที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นกว่าระดับที่ต้องการ ขณะเดียวกันระบบจะการควบคุมให้วาล์วปิดระบบการปล่อยน้ำเมื่ออุณหภูมิลดลงถึง

ระดับที่กำหนดไว้ ซึ่งการควบคุมระบบนี้ใช้การอ่านค่าอุณหภูมิด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิด้วยระบบ อิเล็กทรอนิกส์และส่งคำสั่งไปปล่อย-หยุดปล่อยน้ำ นั้นเอง (ดังภาพที่ 2)

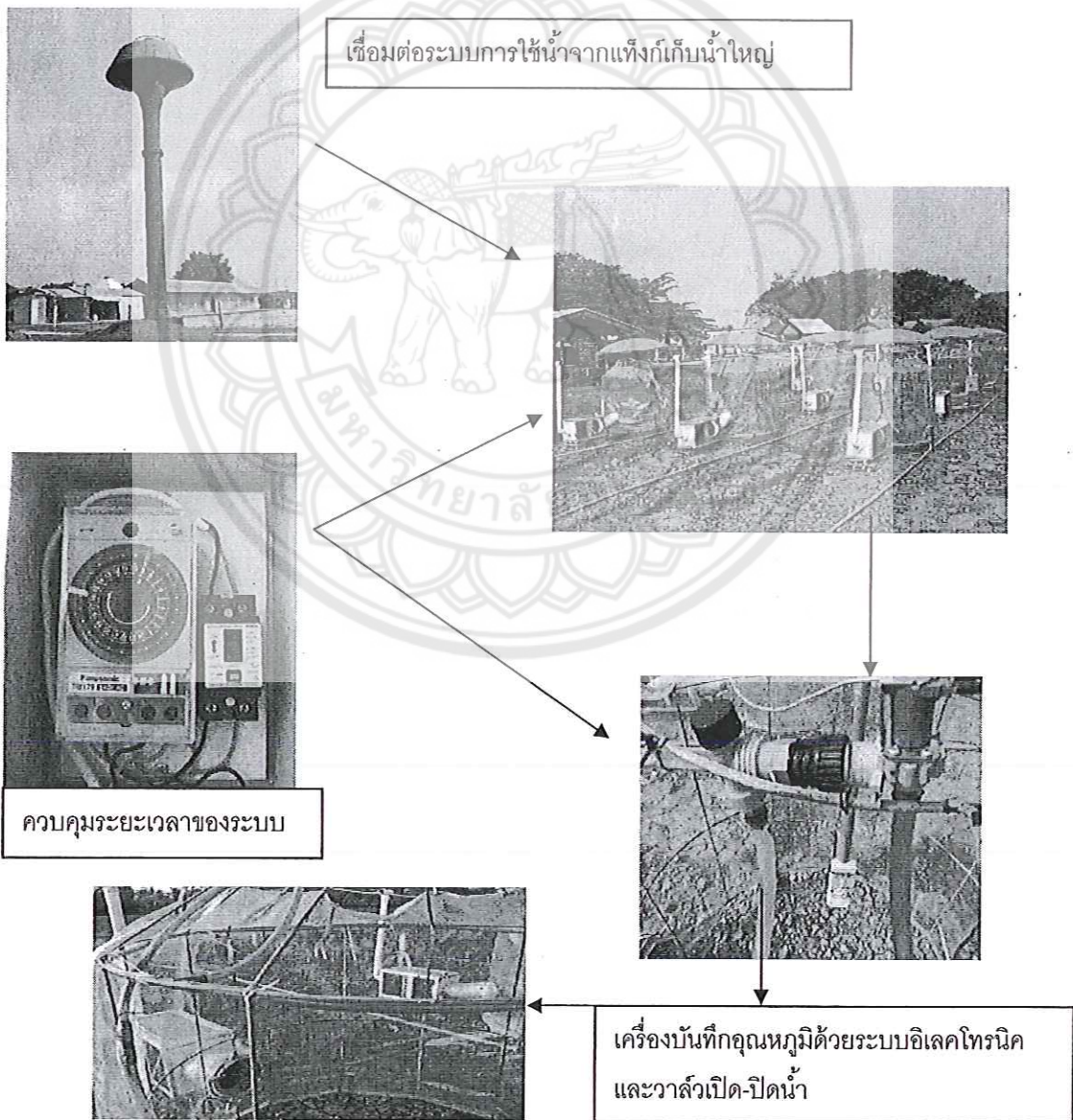
3.6 การวางแผนการทดลอง

เนื่องด้วยในการศึกษากำหนดให้มีการควบคุมชุดทดลองทั้งหมด 3 ชุดทดลอง (3 Treatments) จึงกำหนดชุดทดลองและกำหนดชื่อดังนี้

1) ชุดทดลอง LT (Lower Air Temperature) ควบคุมให้ต่ำกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอกตู้ทดลองระหว่างการวิจัย

2) ชุดทดลอง AT (Ambient Air Temperature) ควบคุมให้ใกล้เคียงกับระดับอุณหภูมิภายนอกตู้ทดลองระหว่างการวิจัย

3) ชุดทดลอง HT (Higher Air Temperature) ควบคุมให้สูงกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอกตู้ทดลองระหว่างการวิจัย



ภาพที่ 2 แผนผังการติดตั้งระบบควบคุมต่างๆ ในแปลงทดลอง

ซึ่งกำหนดแผนการทดลอง แบบ Random Completed Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ทั้ง 3 ชุดการทดลอง ดังกล่าว ดังนั้น จำนวนตู้ Open Top Chamber จะมีทั้งหมด 9 ตู้ทดลอง

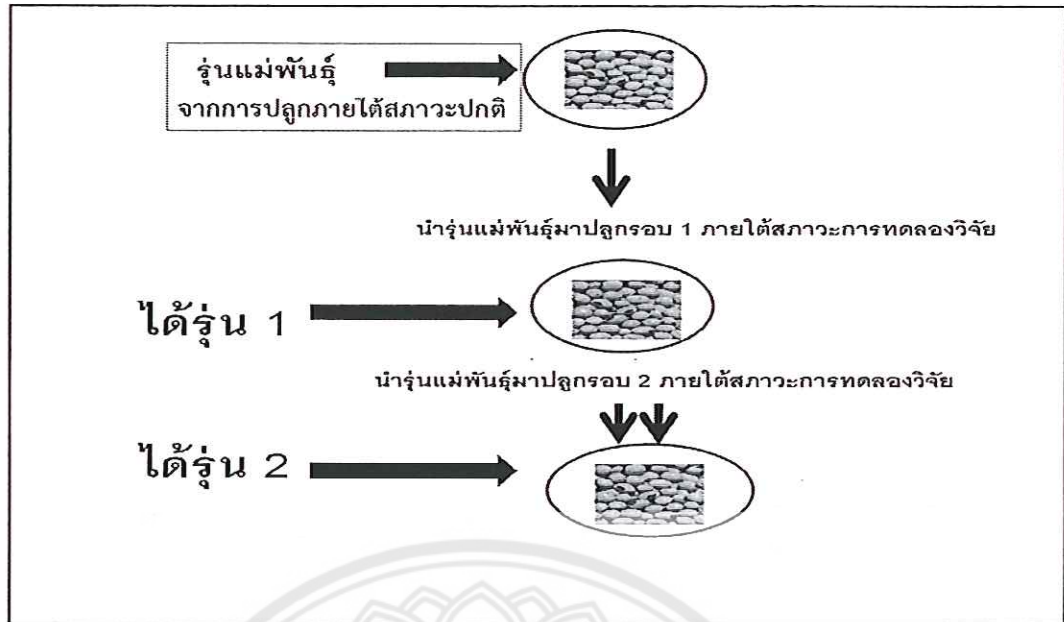
### 3.7 การจัดการปลูกถั่วเหลืองและการตอบสนองต่อผลกระทบจากอุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน

1) การศึกษาจะทำการควบคุมระดับอุณหภูมิที่กำหนด 3 ระดับใน 3 ชุดการทดลอง (3 ซ้ำ) ในแต่ละตู้ทดลอง 5 ซังโมงต่อวัน ตั้งแต่ 10.00-15.00 น.

2) การศึกษาถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยการปลูกในแปลงปลูก กว้าง 17 เมตร ยาว 20 เมตร ระยะห่างระหว่างหลุม 20 เซนติเมตร การทดลองจะเริ่มตั้งแต่การเพาะเลี้ยงต้นกล้า ให้มีความสูง 3 เซนติเมตร จากนั้นนำตู้ทดลองมาครอบในแปลงปลูก และเริ่มควบคุมอุณหภูมิตลอดจนถึงช่วงเก็บเกี่ยว ซึ่งเป็นระยะประมาณเวลา 3 เดือน

3) การปลูกใช้แผนการทดลองแบบ Randomize Completed Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ดังได้อธิบายในหัวข้อ 6.6

4) จำนวนรุ่นของการปลูกวางแผนการศึกษาการปลูกถั่วเหลืองจะปลูกเพื่อให้ได้ผล ในรุ่นที่ 3 โดยกำหนดว่ารุ่นที่ 1 คือเมล็ดพันธุ์ที่ได้จากแม่พันธุ์ที่ปลูกภายใต้สภาวะปกติ (ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้ขอความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์นี้จากศูนย์วิจัยพืชไร่ วังทอง อ.วังทอง จ.พิษณุโลก) เมื่อนำมาปลูกภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ในรอบการปลูกครั้งที่ 1 จะได้ผลผลิต คือ เมล็ดพันธุ์รุ่นที่ 2 และเมื่อนำเมล็ดพันธุ์รุ่นที่ 2 มาปลูก ในรอบที่ 2 ภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่แตกต่างกันอีกครั้ง จะได้ผลผลิตครั้งสุดท้ายคือรุ่นที่ 3 ดังภาพที่ 3 ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จะเน้นศึกษาถั่วเหลืองที่ได้รับผลกระทบภายใต้การปลูกในระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ดังนั้นจะเป็นการทดสอบดัชนีชี้วัดต่างๆ ในเชิงสรีรวิทยา ผลผลิต และลักษณะทางพันธุกรรม ในการปลูกของรอบที่ 1 และรอบที่ 2 เท่านั้น



ภาพที่ 3 แสดงวิธีการวางแผนการปลูกเพื่อศึกษาผลกระทบระยะยาวของถั่วเหลือง 2  
ระยะการปลูก

### 3.8 ปัจจัยด้านสภาพภาพในบรรยากาศ

วัดปัจจัยด้านสภาพภาพในบรรยากาศดังนี้

1. ระดับอุณหภูมิ
2. ความชื้นสัมพัทธ์
3. ระดับคาร์บอนไดออกไซด์

### 3.9 การตรวจสอบดัชนีชี้วัดที่มีต่อถั่วเหลืองในด้านต่างๆ

1) การตรวจสอบ ผลกระทบจากอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันที่มีต่อการเจริญเติบโต  
ของถั่วเหลือง

ในการวิจัยกำหนดการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ผล โดยมีปัจจัยซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดผล  
กระทบในช่วงระยะของอายุถั่วเหลืองในระยะต่าง ๆ ดังนี้

#### 1.1 การเจริญเติบโตทางลำต้น (ความสูง)

วิเคราะห์จากการเจริญเติบโตทางลำต้น โดยวัดความสูง ตามวิธีของสมชาย  
บุญประดับ, 2543 โดยการวัดทางด้านความสูงที่ระยะ V3, R1, R3, R6, และ R8 ซึ่งเป็นช่วงอายุที่  
26, 36, 75 และ 89 วัน ตามลำดับ

#### 1.2 ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index : LAI)

Leaf area index ระยะ R1, R3, R6 และ R8 ซึ่งเป็นช่วงอายุที่ 36, 47, 75 และ 89 วัน ตามลำดับ ตามวิธีของ Jones *et al.* (1991) โดยคำนวณได้จากสูตร  $LAI = \frac{\text{พื้นที่ใบรวมทั้งหมด}}{\text{พื้นที่ดินที่พืชนั้นขึ้นอยู่}}$

2) การตรวจสอบ ผลกระทบจากอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันที่มีต่อปริมาณรงควัตถุของถั่วเหลือง

เก็บตัวอย่างใบที่ระยะ V3, R1, R3, R6 และ R8 ซึ่งเป็นช่วงอายุที่ 26, 36, 47, 75, และ 89 วันตามลำดับ ตามวิธีของ Yoshida (1976) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณรงควัตถุในใบชนิดคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์

3) การตรวจสอบผลกระทบจากอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันที่มีต่อผลผลิตถั่วเหลือง เก็บตัวอย่างเมล็ดถั่วเหลือง ที่ระยะ R8 (Full maturity Stage) ซึ่งเป็นช่วงอายุที่ 89 วัน ตามวิธีของ สุมิตรา ปิ่นทองคำ (2533) โดยเลือกองค์ประกอบที่ชี้วัดผลผลิตที่สำคัญ ได้แก่ จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ด

4) การตรวจสอบผลกระทบจากอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันที่มีต่อคุณภาพสารอาหารของผลผลิตในเมล็ดถั่วเหลือง 2 รอบการปลูก

เก็บตัวอย่างเมล็ดถั่วเหลืองจากระยะ R8 และนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยการวิเคราะห์โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย และความชื้น ตามวิธีของ AOAC, 1995

### 3.10 วิเคราะห์ การศึกษาลักษณะทางพันธุกรรม

วิเคราะห์ลักษณะทางพันธุกรรม ใช้เทคนิคด้วยวิธี AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) ในใบอ่อน 2 ครั้ง ใน 2 รอบการปลูก ของถั่วเหลืองทั้งสองพันธุ์คือ ในการปลูกครั้งที่ 1 และการปลูกครั้งที่ 2 ดังรายละเอียด

1) ลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Phenotype) ทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพันธุ์ถั่วเหลือง ที่ใช้ในการทดลองโดยเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแต่ละสายพันธุ์โดยเลือกเก็บจากตัวอย่างในระยะเก็บเกี่ยว จำนวน 2 generations

#### 2) วิธีการสกัดดีเอ็นเอจากตัวอย่างใบถั่วเหลือง

2.1 การเตรียมอุปกรณ์ : นำโกร่ง (mortar) และสาก (pestle) แช่ในตู้เย็น  $-80^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลาอย่างน้อย 2 ชั่วโมง

2.2 นำสารละลาย 1.5X CTAB (dilute จาก 3X CTAB) ต้มในน้ำเดือด 10 นาที

2.3 นำตัวอย่างใบถั่วเหลืองมาตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ในโกร่งที่เตรียมไว้ เติมน้ำเหลวไนโตรเจน จนท่วมตัวอย่าง แล้วบดให้ละเอียด ตักใส่หลอด 1.5 ml ประมาณครึ่งหลอด

2.4 เติมน้ำ 1.5X CTAB 700  $\mu\text{l}$  นำไปบ่มที่อุณหภูมิ  $65^{\circ}\text{C}$  ประมาณ 1 ชั่วโมง

2.5 เติมน้ำ Chloroform : Isoamyl (24 : 1) ลงในหลอดตัวอย่าง ในอัตราส่วน 1 : 1 ผสมเบาๆ ให้เข้ากันนาน 20 นาที

- 2.6 นำไปปั่นด้วยความเร็วรอบ 12,000 rpm นาน 10 นาที ดึงส่วนใสด้านบนใส่หลอด 1.5 ml หลอดใหม่
- 2.7 เติม 10% CTAB 1/10 เท่า (ของปริมาตรของสารที่ดึงมาได้) และ Chloroform : Isoamyl (24 : 1) 1 เท่า (ของปริมาตรของสารที่ดึงมาได้) ผสมให้เข้ากันนาน 20 นาที นำไปปั่นด้วยความเร็วรอบ 12,000 rpm 15 นาที
- 2.8 ย้ายส่วนบนใสในหลอด 1.5 ml (จะได้สารละลายประมาณ 400  $\mu$ l) เติม CTAB precipitation (dilute จาก 4X CTAB เป็น 1X CTAB) 2 เท่า ผสมให้เข้ากัน นำไปปั่นด้วยความเร็วรอบ 12,000 rpm นาน 20 นาที เติสารละลายด้านบนทิ้ง พยายามอย่าให้ตะกอนตกลงมาด้วย
- 2.9 เติม 1M NaCl 500  $\mu$ l ละลายตะกอนที่อุณหภูมิ 37  $^{\circ}$ C นาน 2 – 3 ชั่วโมง
- 2.10 เติม 95% EtOH ที่แช่เย็นจัด ประมาณ 2 เท่าของสารละลาย ผสมให้เข้ากันอย่างเบาๆ จะเห็น DNA จับตัวเป็นก้อน นำไปปั่นด้วยความเร็วรอบ 14,000 rpm นาน 10 นาที เพื่อตกตะกอน เติส่วนใสทิ้ง
- 2.11 เติม 70% EtOH 500  $\mu$ l กลับหลอดขึ้น-ลง 2-3 ครั้ง นำไปปั่นด้วยความเร็วรอบ 14,000 rpm 5 นาที (ทำซ้ำ 2 ครั้ง)
- 2.12 เท EtOH ออกให้หมด ทำให้ตะกอนแห้งโดยวางไว้ในอุณหภูมิห้อง หรือใส่ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 65  $^{\circ}$ C เมื่อตะกอนดีเอ็นเอแห้งดีแล้ว ให้ละลายตะกอนด้วย dH<sub>2</sub>O ประมาณ 100  $\mu$ l นำไปปั่นที่อุณหภูมิ 65  $^{\circ}$ C นาน 1 ชั่วโมง หรือจนตะกอนละลายหมด เก็บดีเอ็นเอที่สกัดไว้ในตู้เย็น จนกระทั่งถึงเวลาที่จะนำมาใช้งาน
- 2.13 สารเคมีที่ใช้ในการสกัดดีเอ็นเอ

4X CTAB	500	ml
CTAB	20	g
1M Tris-Cl pH 8.0	20	ml
0.5 M EDTA pH 8.0	8	ml
เติม d H <sub>2</sub> O ให้ครบ 500 ml		
3X CTAB (500 ml)		
CTAB	15	g
1M Tris-Cl pH 8.0	75	ml
0.5 M EDTA pH 8.0	30	ml
5M NaCl	210	ml
เติม d H <sub>2</sub> O ให้ครบ 500 ml		

10 % CTAB (200 ml)



CTAB	20	g
5M NaCl	28	ml
เติม d H <sub>2</sub> O ให้ครบ 200 ml		

### 3.11 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดดัชนีในด้านต่าง ๆ มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยเลือกใช้สถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลระหว่าง 3 สิ่งทดลอง แบบ F-Test ตามลำดับและเลือกการวิเคราะห์ปัจจัยเดียวแบบ One Way ANOVA และเลือกวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ทดสอบเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของทุกกลุ่มทดลอง

## 4. ผลการทดลองโดยสรุป

การศึกษามลกระทบระยะยาวของการปลูก 2 รุ่น ของถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) พันธุ์เชียงใหม่ 60 ภายใต้สภาวะระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ซึ่งเป็นการกำหนด 3 ชุดการทดลอง (3 ซ้ำ) ในแต่ละชุดทดลอง 5 ซัปดาห์ต่อวัน ตั้งแต่ 10.00-15.00 น. โดยทำการปลูกรุ่นที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2552 – มีนาคม 2552 และปลูกรุ่นที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2554-มีนาคม 2554 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามลกระทบของระดับอุณหภูมิในช่วงฤดูเพาะปลูกที่แตกต่างกันที่มีต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต องค์ประกอบทางเคมีในเมล็ดบางชนิด ลักษณะทางพันธุกรรม ในเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ผลการศึกษานี้สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลการศึกษาในปัจจัยลักษณะการเจริญเติบโต ด้าน ความสูง และดัชนีพื้นที่ใบของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60

ผลการศึกษาพบว่าผลผลิตถั่วเหลืองรุ่นที่ 1 มีการตอบสนองเชิงบวกในชุดการทดลองที่ควบคุมให้สูงกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอกชุดทดลองระหว่างการวิจัย (ชุดทดลอง HT เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง HT-AT)) ในระยะ V3, R1, R3 ในส่วนรุ่นที่ 2 ของการปลูกนั้นไม่พบความแตกต่างของระดับความสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตระหว่าง 3 ชุดการทดลองแต่อย่างใด

เมื่อพิจารณาดัชนีพื้นที่ใบพบว่าระยะ R1 รุ่นที่ 1 ของการปลูกในชุดการทดลองที่ควบคุมให้สูงกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอกชุดทดลองระหว่างการวิจัย (HT) มีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) (เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง LT-HT) ในส่วนรุ่นที่ 2 ของการปลูกนั้นไม่พบความแตกต่างของดัชนีพื้นที่ใบ (Leave Area Index) อย่างมีนัยสำคัญในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตระหว่าง 3 ชุดการทดลองแต่อย่างใด

ดังนั้นจึงพบว่าปัจจัยระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลต่อมวลชีวภาพในด้านความสูงและดัชนีพื้นที่ใบ ในระยะการปลูกรอบที่ 1 เท่านั้น

2. ผลการศึกษาในปัจจัยปริมาณรังควัตถุในใบ ชนิดคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และ แคโรทีนอยด์ขอสรุปปริมาณรังควัตถุแต่ละชนิดดังนี้

2.1 ชนิดคลอโรฟิลล์ เอ ในการปลูกรอบที่ 1 พบว่าที่ระยะ R1 R6 และ R8 ซึ่งเป็นระยะเริ่มออกดอก-ระยะ เมล็ดพัฒนาเต็มที่ – และระยะสุกแก่เต็มที่ ตามลำดับ ระดับคลอโรฟิลล์ เอ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) เพื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดทดลอง LT-HT

ส่วนผลการศึกษาผลผลิตในการปลูกรอบที่ 2 ไม่พบความแตกต่างของปริมาณรังควัตถุในใบของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 อย่างมีนัยสำคัญในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตระหว่าง 3 ชุดการทดลองแต่อย่างใด

2.2 ชนิดคลอโรฟิลล์ บี ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใดๆ ในทุกระยะการเจริญเติบโต ทั้งในการปลูกเพื่อให้ได้ผลผลิตรอบที่ 1 และรอบที่ 2

2.3 ชนิดแคโรทีนอยด์ ได้ผลการศึกษาเช่นเดียวกับ คลอโรฟิลล์ บี คือ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใดๆ ในทุกระยะการเจริญเติบโต ทั้งในการปลูกเพื่อให้ได้ผลผลิตรอบที่ 1 และรอบที่ 2

3. ผลการศึกษาในปัจจัยองค์ประกอบผลผลิต ได้ผลการศึกษาดังนี้

พบว่าระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้น (HT) มีผลต่อการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) เพื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดทดลอง AT-HT ในปัจจัยด้านน้ำหนัก 100 เมล็ดเท่านั้น โดยไม่พบในองค์ประกอบผลผลิตด้านอื่นๆ และพบในผลผลิตรุ่นที่ 2 เท่านั้น ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผลกระทบระยะยาวที่ส่งผลให้เห็นในรุ่นที่ 2 อย่างชัดเจน

4. ด้านคุณภาพสารอาหารของผลผลิตในเมล็ดถั่วเหลืองที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกันในช่วงฤดูกาลปลูก มีผลการศึกษา และมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การตอบสนองของปริมาณโปรตีน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดทดลอง LT-HT พบว่าระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้น (HT) ส่งผลให้ โปรตีนลดลงมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) และที่น่าสนใจคือ พบว่าระดับโปรตีนกลับเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระดับอุณหภูมิต่ำสุด (ชุดทดลอง LT) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ในผลผลิตรุ่นที่ 2 แต่อย่างใด

4.2 การตอบสนองของปริมาณไขมัน พบว่าผลการศึกษาในผลผลิตรุ่นที่ 2 ระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้น (HT) และที่ระดับต่ำ (LT) ส่งผลให้ระดับไขมันเพิ่มสูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ทั้ง 2 ระดับอุณหภูมิเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (AT) ไขมันลดลงมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ในผลผลิตรุ่นที่ 1 แต่อย่างใด

4.3 การตอบสนองของปริมาณร้อยละของเถ้า พบว่าผลการศึกษาในผลผลิตรุ่นที่ 2 ระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้น (HT) ส่งผลให้ระดับเถ้าเพิ่มสูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

เมื่อเปรียบเทียบกับชุด LT อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ในผลผลิตรุ่นที่ 1 แต่อย่างใด

4.4 การตอบสนองของปริมาณร้อยละของเชื้อโอยพบว่ามีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งผลผลิตทั้ง 2 รุ่น ในลักษณะเหมือนกันคือ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดทดลอง HT และ LT ส่งผลให้ระดับเชื้อโอยเพิ่มสูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ทั้ง 2 ระดับอุณหภูมิ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (AT)

#### 5. ลักษณะทางพันธุกรรม

การวิเคราะห์ลักษณะทางพันธุกรรม โดยเทคนิค Amplified Fragment Length Polymorphisms (AFLPs) พบว่า ระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันส่งผลต่อการแบ่งกลุ่มพันธุกรรมออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มของ AT และ LT ซึ่งแยกลักษณะทางพันธุกรรมอย่างชัดเจน ในรุ่นการปลูกที่ 1 และที่ 2 ตามลำดับ

#### 5. สรุปผลการศึกษาในภาพรวม

การศึกษาในครั้งนี้สรุปภาพรวมได้ 4 ประเด็นอย่างชัดเจน

5.1 ผลของระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลเชิงบวก ให้แก่ การเจริญเติบโต ดัชนีพื้นที่ใบ ระดับคลอโรฟิลล์เอ น้ำหนัก 100 เมล็ด เถ้า รวมทั้งเชื้อโอย ของผลผลิตถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60

5.2 ผลของระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลเชิงลบ ให้แก่ ระดับไขมันและโปรตีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.4 ผลการศึกษาการปลูกถั่วเหลืองภายใต้ระดับอุณหภูมิ ที่แตกต่างกัน 3 ระดับนั้น พบว่า ทำให้ลักษณะพันธุกรรมของกลุ่ม AT ซึ่งเป็นกลุ่มที่อุณหภูมิต่ำกว่าระดับปกติในการปลูกนั้น แยกกลุ่มออกมาอย่างชัดเจน ในการปลูกรุ่นที่ 1 ส่วนกลุ่ม LT แยกลักษณะทางพันธุกรรมออกมาอย่างชัดเจนในการปลูกรุ่นที่ 2

5.3 การทดลองปลูกรุ่นต่อรุ่น เพื่อให้ทราบผลกระทบของเมล็ดพันธุ์ที่เปลี่ยนแปลงว่าจะส่งผลอย่างไรต่อผลผลิตรุ่นต่อมานั้น พบว่า ยังไม่เห็นผลชัดเจนในรุ่นที่ 2 เมื่อพิจารณาถึงพารามิเตอร์ต่างๆไปในภาพรวมของในการศึกษา ยกเว้นผลทางด้านองค์ประกอบผลผลิตบางประการคือ น้ำหนัก 100 เมล็ด และ ลักษณะการแบ่งกลุ่มทางพันธุกรรมที่ค่อนข้างเห็นผลชัดเจน

#### 6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ผลการศึกษาน่าจะเผยแพร่ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสายพันธุ์ถั่วเหลืองต่อไป ในเพื่อวางแผนระยะการปลูกที่เหมาะสมในการรับมือกับสถานการณ์ในอนาคต

6.2 ควรต่อยอดองค์ความรู้ในการวิจัยเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่ทนทานต่อสถานการณ์โลกร้อนในอนาคต

7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลการวิจัยนี้ จะเป็นส่วนหนึ่งของฐานข้อมูลในประเทศไทย ที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบของพืชเศรษฐกิจการเกษตรที่มีต่อ สภาพการณ์ของการเปลี่ยนแปลงของสภาวะโลกร้อน ที่ทวีความรุนแรงขึ้นในอนาคต รวมทั้งผลการวิจัยนี้จะเป็นเป็นองค์ความรู้สำหรับการทำการวิจัยในขั้นต่อไป ในการวิจัยเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่ทนทานต่อสถานการณ์โลกร้อนในอนาคต



## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
ส่วนที่ 1 รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัย	I
กิตติกรรมประกาศ	II
บทคัดย่อภาษาไทย	III
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	IV
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	V
สารบัญ	XX
สารบัญภาพ	XXI
สารบัญตาราง	XXV
1. บทนำ	1
2. วัตถุประสงค์โครงการวิจัย	2
3. ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	3
5. การทบทวนวรรณกรรม	4
6. ระเบียบวิธีวิจัย	6
7. ผลการศึกษา	20
7.1 ปัจจัยทางกายภาพในบรรยากาศ	21
7.2 ปัจจัยชี้วัดผลกระทบจากอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันที่มีต่อการเจริญเติบโตของ ถั่วเหลือง	24
7.3 ปัจจัยชี้วัดผลกระทบจากอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันที่มีต่อปริมาณรงควัตถุใน ใบของถั่วเหลือง	33
7.4 ปัจจัยชี้วัดผลกระทบจากอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันที่มีต่อองค์ประกอบผลผลิต ของถั่วเหลือง	48
7.5 ปัจจัยชี้วัดผลกระทบจากอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันที่มีต่อคุณภาพสารอาหาร ของผลผลิตในเมล็ดถั่วเหลือง	52
7.6 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางพันธุกรรม	57
8. สรุปและอภิปรายผล	
9. ข้อเสนอแนะ	
10. เอกสารอ้างอิง	
ภาคผนวก	

## สารบัญภาพ

ภาพที่	รายละเอียด	หน้าที่
ภาพที่ 1	Open Top Chamber ที่ประยุกต์ใช้ในการวิจัย	13
ภาพที่ 2	แผนผังการติดตั้งระบบควบคุมต่างๆ ในแปลงทดลอง	14
ภาพที่ 3	แสดงวิธีการวางแผนการปลูกเพื่อศึกษาผลกระทบระยะยาวของ ถั่วเหลือง 2 ระยะการปลูก	16
ภาพที่ 4	ระดับอุณหภูมิเฉลี่ยของการปลูกแต่ละรุ่นในช่วงระยะการทดลอง	21
ภาพที่ 5	ระดับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของการปลูกแต่ละรุ่นในช่วงระยะการ ทดลอง	22
ภาพที่ 6	ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยของการปลูก แต่ละรุ่นในช่วงระยะการทดลอง	23
ภาพที่ 7	ความสูงเฉลี่ย(cm.) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ V3 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิใน ระดับที่ต่างกัน	24
ภาพที่ 8	ความสูงเฉลี่ย(cm.) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R1 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิใน ระดับที่ต่างกัน	25
ภาพที่ 9	ความสูงเฉลี่ย(cm.) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R3 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิใน ระดับที่ต่างกัน	26
ภาพที่ 10	ความสูงเฉลี่ย(cm.) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R6 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิใน ระดับที่ต่างกัน	27
ภาพที่ 11	ความสูงเฉลี่ย(cm.) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิใน ระดับที่ต่างกัน	28
ภาพที่ 12	ดัชนีพื้นที่ใบ(Leave Area Index)เฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60 ในระยะ R1 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการ ตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน	30
ภาพที่ 13	ดัชนีพื้นที่ใบ(Leave Area Index)เฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60 ในระยะ R3 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการ ตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน	31



ภาพที่	รายละเอียด	หน้าที่
ภาพที่ 25	คลอโรฟิลล์ บี (mg/g.fw) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน	43
ภาพที่ 26	แคโรทีนอยด์ (mg/g.fw) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ V3 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน	44
ภาพที่ 27	แคโรทีนอยด์ (mg/g.fw) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R1 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ ต่างกัน	45
ภาพที่ 28	แคโรทีนอยด์ (mg/g.fw) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R3 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน	46
ภาพที่ 29	แคโรทีนอยด์ (mg/g.fw) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R6 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน	47
ภาพที่ 30	แคโรทีนอยด์ (mg/g.fw) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน	48
ภาพที่ 31	จำนวนฝักต่อต้น ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน	49
ภาพที่ 32	จำนวนเมล็ดต่อฝัก ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน	50
ภาพที่ 33	น้ำหนัก 100 เมล็ด ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน	51
ภาพที่ 34	ปริมาณโปรตีน(%) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน	53
ภาพที่ 35	ปริมาณไขมัน(%) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน	54



ภาพที่	รายละเอียด	หน้าที่
ภาพที่ 36	ปริมาณเก่า(%) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 ใน การปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิใน ระดับที่ต่างกัน	55
ภาพที่ 37	ปริมาณเยื่อใย(%) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 ใน การปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิใน ระดับที่ต่างกัน	56
ภาพที่ 38	ปริมาณความชื้น(%) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิใน ระดับที่ต่างกัน	57
ภาพที่ 39	Phylogenetic Tree ของถั่วเหลือง รุ่นที่ 1	59
ภาพที่ 40	Phylogenetic Tree ของถั่วเหลือง รุ่นที่ 2	61



ตารางที่	สารบัญญัตรา รายละเอียด	หน้าที่
ตารางที่ 1	ค่า similarity ของถั่วเหลือง รุ่นที่ 1	60
ตารางที่ 2	ค่า similarity ของถั่วเหลือง รุ่นที่ 2	61



## 1. บทนำ

### ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

การเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศโลกโดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาการเพิ่มอุณหภูมิในบรรยากาศของโลก (global warming) ในชั้นโทรโปสเฟียร์ซึ่งเป็นชั้นระดับบรรยากาศของชีวลัยที่มีสิ่งมีชีวิตทุกชนิดอาศัยอยู่ได้กลายเป็นปัญหาในระดับโลกมาเป็นเวลาต่อเนื่องหลายปีจนถึงปัจจุบัน จากการศึกษาของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ และ องค์กรระดับโลกได้ระบุอย่างชัดเจนว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกนั้น มีความสัมพันธ์ที่ชัดเจนกับการเพิ่มขึ้นของกลุ่มก๊าซเรือนกระจกของโลก อาทิ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ไนตรัสออกไซด์ (N<sub>2</sub>O) มีเทน (CH<sub>4</sub>) และ คลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CF<sub>2</sub>CL<sub>2</sub>) (Horel and Geisler, 1997; IPCC, 2001; Keeling and Whorf, 2003; IPCC, 2006; IPCC, 2007) ในปัจจุบันพบว่าอุณหภูมิของโลกได้เพิ่มขึ้นแล้วประมาณ 0.6 ในช่วง ศตวรรษที่ผ่านมา (Stott *et al.*, 2006) โดย กลุ่มนักวิทยาศาสตร์ขององค์กรระดับโลก คือ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ได้คาดการณ์ว่า อุณหภูมิของโลกในอนาคตมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยทำนายว่าอุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าเฉลี่ยปกติถึง 4.5 °C และเมื่อมีการศึกษาเพิ่มเติมในเวลาต่อมาพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยโลกจะเพิ่มขึ้นถึงประมาณ 1.1-6.4 °C ภายในศตวรรษที่ 21 อันเป็นความสัมพันธ์กับปริมาณการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญคือ CO<sub>2</sub> และ CH<sub>4</sub> ในบรรยากาศ (IPCC, 2006; IPCC, 2007)

ปัญหาที่สำคัญมากประการหนึ่งซึ่งเกิดจากผลกระทบของภาวะโลกร้อนคือ การลดลงของผลผลิตทางการเกษตรในพื้นที่ต่างๆทั่วโลก (Fuhrer, 2003; Stangeland, 2007) ผลการวิจัยในหลายประเทศพบว่าปัญหาโลกร้อนมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญต่อการลดลงของผลผลิตทางการเกษตร ของธัญพืชอาหารหลักของโลกหลายชนิด เป็นพื้นที่ในบริเวณกว้าง เช่น ข้าวสาลี ข้าวเจ้า ถั่วเหลือง เนื่องด้วยอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงในเชิงสรีรวิทยาในพืชซึ่งนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงในเชิงลบต่อกลไกการผลิตสารอาหาร ประกอบกับปัญหาร่วมจากพื้นที่ทำการเกษตรถูกทำลายจากภาวะอุทกภัยจากโลกร้อน ความแปรปรวนของฤดูกาล การเพิ่มขึ้นของแมลงศัตรูพืช การเปลี่ยนแปลงความสมดุลของปริมาณธาตุอาหารในดิน การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเกินระดับวิกฤตของพืช รวมทั้งปริมาณน้ำฝนที่ลดลงซึ่งจะส่งผลต่อการลดผลผลิตของพืชทางการเกษตรอย่างต่อเนื่อง (Jacobson, 2002; Fuhrer, 2003; Prasad *et al.*, 2006) และ ภาวะนี้จะยังคงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในอนาคตหากอุณหภูมิของโลกยังคงสูงขึ้นต่อไป สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ ทำให้นักวิทยาศาสตร์ในหลายๆประเทศ รวมทั้งประเทศในแถบทวีปเอเชีย ได้ทำการศึกษาวิจัยเพื่อให้ทราบสถานการณ์ เพื่อประเมินผลกระทบของสภาวะโลกร้อนที่มีผลต่อพืชทางการเกษตรทั้งในสภาวะปัจจุบันและในอนาคต โดยรูปแบบการวิจัยนั้นมีทั้งการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายและประเมินผล และ รูปแบบงานวิจัยในแปลงทดลองเพื่อจำลองสถานการณ์จริงในพื้นที่ (Jacobson, 2002; Fuhrer, 2003;

Prasad et al., 2006) ทั้งนี้กลุ่มนักวิทยาศาสตร์เหล่านี้มีจุดประสงค์ในการทำการวิจัยเพื่อให้ทราบข้อมูลที่แม่นยำที่เกิดขึ้นได้จริงและเพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานอันนำไปสู่การหาคำตอบที่แม่นยำในการทำนายเชิงคณิตศาสตร์อันจะนำไปสู่การจัดการปัญหานี้ต่อไปในอนาคตนั่นเอง

จากข้อมูลปัญหาของสภาวะการณ์โลกร้อนและผลกระทบต่อผลิตผลทางการเกษตรดังกล่าวแล้วมาข้างต้น จำเป็นที่จะต้องพิจารณาความเกี่ยวข้องของสถานการณ์ของปัญหานี้ในประเทศไทยทั้ง 2 ประเด็น ในประเด็นที่หนึ่งคือ ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่สำคัญในระดับเอเชียและในระดับโลก ประเด็นที่สอง เมื่อประเมินสถานการณ์การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในประเทศไทยซึ่งพบว่าปัญหานี้เกิดขึ้นแล้วในประเทศไทย ซึ่งขณะนี้พบว่าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในประเทศไทยสูงขึ้นกว่าปกติในช่วงระหว่าง 0.5-1.2 °C ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา (จงกลณี อยู่สบาย, 2550) จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งและเร่งด่วนที่จะต้องดำเนินการศึกษาวิจัยเพื่อให้ทราบผลที่เกิดขึ้นได้จริงของปัญหาโลกร้อนที่มีต่อผลผลิตทางการเกษตรในประเทศไทย ทั้งในปัจจุบันและในอนาคต โดยการวิจัยในครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้ตัดสินใจเลือกทำการประเมินผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนที่มีต่อถั่วเหลืองพันธุ์สำคัญซึ่งเป็นที่นิยมปลูกและสำคัญในแง่เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย เนื่องด้วยถั่วเหลืองเป็นพืชเศรษฐกิจทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศและทั่วโลก ในแง่ของการเป็นอาหารหลักและอาหารเสริมในรูปแบบต่างๆของประชากรโลกประกอบกับจังหวัดพิษณุโลกเป็นพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองมากเป็นอันดับ 7 ของประเทศ และเลือกรูปแบบการวิจัยโดยการสร้างสถานการณ์จริงของสภาวะโลกร้อนทั้งในสภาวะปัจจุบันและจำลองสถานการณ์ระดับอุณหภูมิที่อาจเกิดขึ้นได้จริงในอนาคต ในพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองในจังหวัดพิษณุโลกและศึกษาผลกระทบต่อคุณภาพสารอาหารและการเปลี่ยนแปลงในระดับพันธุกรรมของถั่วเหลืองในพื้นที่ศึกษา ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการสร้างฐานข้อมูลอย่างเป็นรูปธรรม ต่อการรองรับประเด็นสภาวะปัญหาระดับโลกที่เกิดขึ้นดังกล่าวซึ่งประเทศไทยก็เป็นประเทศหนึ่งที่ต้องได้รับผลกระทบจากปัญหานี้อย่างแน่นอนทั้งในปัจจุบันและอนาคต ซึ่งข้อมูลที่จะได้จากงานวิจัยในขั้นนี้ จะนำไปสู่กระบวนการจัดการทรัพยากรทางการเกษตรของประเทศไทยระดับประเทศเพื่อรับมือกับปัญหาสภาวะการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปของโลกที่เกิดขึ้นอย่างตรงประเด็นต่อไป

## 2. วัตถุประสงค์โครงการวิจัย

เพื่อให้ได้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับอัตราผลผลิต คุณภาพสารอาหารและ การตอบสนองของ genotype ของถั่วเหลืองจากการปลูกถั่วเหลืองระยะยาวเพื่อให้ได้รุ่นที่ 2 เมื่อปลูกและผลิตพันธุ์ภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่สูงกว่าระดับธรรมชาติ

### 3. ขอบเขตของโครงการวิจัย

#### 3.1 พันธุ์ถั่วเหลืองในการวิจัย

1 ในการศึกษาใช้ถั่วเหลืองหลายสายพันธุ์ที่นิยมปลูกจริงในประเทศไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ภาคเหนือ เช่น พันธุ์เชียงใหม่ 60

2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลง genotype ในเมล็ดถั่วเหลืองที่ปลูกภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 3 ระดับอย่างต่อเนื่องตลอดฤดูกาลปลูก ใน 2 รุ่นคือ พันธุ์ที่นำมาปลูก เป็นรุ่นพ่อแม่ เมล็ดพันธุ์ที่ได้จากกลุ่มการทดลองครั้งที่ 1 จะเป็นเมล็ดพันธุ์เป็นรุ่นที่ 1 และ นำเมล็ดพันธุ์รุ่นที่ 1 มาปลูกได้ผลผลิตเป็นเมล็ดพันธุ์รุ่นที่ 2

3 ระดับอุณหภูมิในการทดลอง

ในการศึกษาควบคุมระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 ระดับในช่วงฤดูกาลปลูก ดังนี้

- ชุดทดลอง LT (Lower Air Temperature) ควบคุมให้ต่ำกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอกตู้ทดลองระหว่างการวิจัย
- ชุดทดลอง AT (Ambient Air Temperature) ควบคุมให้ใกล้เคียงกับระดับอุณหภูมิภายนอกตู้ทดลองระหว่างทำวิจัย
- ชุดทดลอง HT (Higher Air Temperature) ควบคุมให้สูงกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอกตู้ทดลองระหว่างการวิจัย

#### 4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลการวิจัยนี้ จะเป็นส่วนหนึ่งของฐานข้อมูลในประเทศไทย ที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบของพืชเศรษฐกิจการเกษตรที่มีต่อ สภาวะการณ์ของการเปลี่ยนแปลงของสภาวะโลกร้อน ที่ทวีความรุนแรงขึ้นในอนาคต รวมทั้งผลการวิจัยนี้จะเป็นเป็นองค์ความรู้สำหรับการทำการวิจัยในขั้นต่อไป ในการวิจัยเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่ทนทานต่อสถานการณ์โลกร้อนในอนาคต

## 5. การทบทวนวรรณกรรม

### 5.1 สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและ สถานการณ์โลกร้อนในระดับโลก

ปรากฏการณ์สภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลง อันเนื่องมาจากสภาวะโลกร้อนได้เกิดขึ้นมา ระยะเวลาหนึ่งแล้ว และยังมีแนวโน้มจะมีความรุนแรงมากขึ้นในอนาคต อันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญคือ  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , HFCs, PFCs, (Mall et al., 2004; IPCC, 2007) และมีการคาดการณ์โดย IPCC ว่า ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าในศตวรรษนี้ ซึ่งย่อมส่งผลกระทบต่อ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกและความแปรปรวนของสภาวะภูมิอากาศอย่างแน่นอน (IPCC, 2001)

กลุ่มนักวิทยาศาสตร์ในระดับโลกที่มีความสนใจในปัญหาสภาวะโลกร้อนได้มีงานวิจัยที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่งโดยพบว่าในช่วง ศตวรรษที่ผ่านมาอุณหภูมิของโลกเพิ่มสูงขึ้นแล้วประมาณ  $0.6^\circ\text{C}$  ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่ไม่เคยปรากฏมาก่อนในช่วงระยะเวลา 900 ปีที่ผ่านมา (Stott et al., 2006) และผลการศึกษาทั้งจากการประมวลข้อมูลในการเก็บตัวอย่างและการคำนวณในรูปแบบการจำลองทางคณิตศาสตร์พบว่า อุณหภูมิของโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในอนาคต นอกจากนั้นยังได้มีการศึกษา โดย IPCC ระบุว่าในปี ค.ศ. 2050 นั้นอุณหภูมิโลกโดยเฉลี่ยจะมีระดับเพิ่มขึ้น  $1.1-1.7^\circ\text{C}$  (Anonymous, 1992) และมีโอกาสเพิ่มขึ้นเป็น  $1.1-6.4^\circ\text{C}$  ในช่วงปลายศตวรรษที่ 21 (IPCC, 2007) หากแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของก๊าซ  $\text{CO}_2$  และ  $\text{CH}_4$  มีแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจริงอย่างเด่นชัด (IPCC 2006; IPCC, 2007) อย่างไรก็ตาม ยังมีสาเหตุและปัจจัยอื่นๆที่สามารถส่งผลต่อภาวะโลกร้อนได้อีกเช่น การผันแปรของปริมาณฝน ความชื้นในบรรยากาศ ความผันแปรของวงโคจรโลก การระเบิดของภูเขาไฟ ความผันแปรของพลังสุริยะรวมทั้ง ผันแปรของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญตัวหนึ่งคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ (IPCC, 2001; IPCC, 2007; นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2549)

สถานการณ์ของสภาวะโลกร้อน (Global Warming) คือสภาวะของบรรยากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นจากการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของ ก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศในระดับโทรโปสเฟียร์ เมื่อก๊าซเหล่านี้มีการสะสมมากขึ้นในชั้นบรรยากาศจะทำให้หน้าที่คล้ายเรือนกระจก คือยอมให้รังสีดวงอาทิตย์คลื่นสั้น ผ่านเข้ามาในชั้นบรรยากาศได้ แต่เมื่อรังสีดังกล่าวตกกระทบกับพื้นโลกแล้วสะท้อนกลับเป็นรังสีคลื่นยาว เช่นรังสีอินฟราเรด ไม่สามารถกระจายออกนอกชั้นบรรยากาศได้ จึงทำให้เกิดการสะสมความร้อนบริเวณผิวโลก ดังนั้นสาเหตุนี้จึงทำให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น (Horel and Geisler, 1997; Jacobson, 2002) ซึ่งกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ขององค์กร IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ได้ระบุก๊าซเรือนกระจกหลักๆ 6 ชนิดที่เป็นสาเหตุทำให้โลกร้อนคือ  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , HFCs, PFCs,  $\text{SF}_6$  ซึ่งกลุ่มนักวิจัยได้เน้นผลการศึกษาที่ระบุว่า การเพิ่มขึ้นของ  $\text{CO}_2$  เป็นสาเหตุที่สำคัญของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลก (IPCC, 2006; IPCC, 2007) ซึ่งข้อมูลการศึกษาเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพียงชนิดเดียว พบว่า ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยในระดับ

บรรยากาศทั่วไปของโลกได้เพิ่มขึ้นประมาณ 35 % จากระดับ  $275 \mu\text{mol mol}^{-1}$  ในช่วงก่อนยุคอุตสาหกรรมโลกเพิ่มเป็นระดับ  $372 \mu\text{mol mol}^{-1}$  ในปี 2002 (Keeling and Whorf, 2003) ซึ่งมีการคาดการณ์โดย IPCC ว่า ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าในศตวรรษนี้ (IPCC, 2001) ซึ่งย่อมส่งผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกอย่างแน่นอน

กลุ่มนักวิทยาศาสตร์ในระดับโลกที่มีความสนใจในปัญหาสภาวะโลกร้อนได้มีงานวิจัยที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่งโดยพบว่าในช่วง ศตวรรษที่ผ่านมา อุณหภูมิของโลกเพิ่มสูงขึ้นแล้วประมาณ  $0.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$  ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่ไม่เคยปรากฏมาก่อนในช่วงระยะเวลา 900 ปีที่ผ่านมา (Stott et al., 2006) และผลการศึกษาทั้งจากการประมวลข้อมูลในการเก็บตัวอย่างและการคำนวณในรูปแบบการจำลองทางคณิตศาสตร์พบว่า อุณหภูมิของโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในอนาคต นอกจากนั้นยังได้มีการศึกษา โดย IPCC ระบุว่าในปี ค.ศ. 2050 นั้นอุณหภูมิโลกโดยเฉลี่ยจะมีระดับเพิ่มขึ้น  $1.1-1.7 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (Anonymous, 1992) และมีโอกาสเพิ่มขึ้นเป็น  $1.1-6.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$  ในช่วงปลายศตวรรษที่ 21 (IPCC, 2007) หากแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของก๊าซ  $\text{CO}_2$  และ  $\text{CH}_4$  มีแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจริงอย่างเด่นชัด (IPCC 2006; IPCC, 2007) อย่างไรก็ตาม ยังมีสาเหตุและปัจจัยอื่นๆที่สามารถส่งผลต่อภาวะโลกร้อนได้อีกเช่น การผันแปรของปริมาณฝน ความชื้นในบรรยากาศ ความผันแปรของวงโคจรโลก การระเบิดของภูเขาไฟ ความผันแปรของพลังสุริยะรวมทั้ง ผันแปรของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญตัวหนึ่งคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ (IPCC, 2001; นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2549)

การศึกษาเพื่อประเมินสถานการณ์ภาวะโลกร้อนโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายภาวะอุณหภูมิของโลกอย่างต่อเนื่องได้ดำเนินมาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลายาวนาน โดยนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลก ซึ่งผลที่ได้แม้ว่าตัวเลขที่ได้มีความแตกต่างกันแต่ข้อมูลได้บ่งชี้ไปในทิศทางเดียวกัน คือ อุณหภูมิโลกยังคงเพิ่มสูงขึ้นในอนาคตอย่างแน่นอน ซึ่งผลการศึกษาที่ต่างกันนี้ย่อมขึ้นกับปัจจัยร่วมที่ใช้ในการศึกษานั้นเอง ซึ่งปัจจัยหลักที่ใช้ร่วมในการคำนวณ คือ ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นปัจจัยหลักนั่นเอง (IPCC, 2006) อาทิเช่น การใช้แบบจำลอง HadCM<sub>3</sub> Model โดย Johns et al.(2003) ผลการศึกษาประเมินว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลกจะเพิ่มขึ้น  $2.9-3.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$  ในศตวรรษหน้าและเฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกาอุณหภูมิเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นถึง  $4-8 \text{ }^{\circ}\text{C}$  ซึ่งผลที่ได้ความแตกต่างจากการศึกษาโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HadGEM<sub>1</sub> Model โดย Stott et al.(2006) ซึ่งระบุผลการศึกษาว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลกจะเพิ่มขึ้น ถึง  $3.4-3.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$  ในศตวรรษหน้า และผลการทำนายอุณหภูมิในประเทศสหรัฐอเมริการะบุว่าอุณหภูมิเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นถึง  $3-5 \text{ }^{\circ}\text{C}$  เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลจากแบบจำลองทั้ง 2 พบว่า HadGEM<sub>1</sub> Model โดย Stott et al.(2006) แสดงผลการทำนายการเพิ่มระดับอุณหภูมิสูงเป็นค่าระดับที่สูงกว่า

## 5.2 ผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อระบบนิเวศและ ผลผลิตทางการเกษตร

มีงานวิจัยจำนวนมากที่สรุปผลกระทบในกรณีต่างๆที่เกิดขึ้นจากสภาวะโลกร้อน ซึ่งงานวิจัยประมาณ 1 ใน 5 นั้นเน้นประเด็นของผลกระทบที่เกิดต่อผลผลิตทางการเกษตรซึ่งเป็นเรื่องที่สำคัญในระดับโลก (Tan and Shinasaki, 2003) การสรุปของการประชุมกลุ่ม IPCC (อ้างโดย นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2549) และการรวบรวมข้อมูลของ Tan and Shinasaki (2003) ได้สรุปประเด็นที่น่าสนใจของผลกระทบของโลกร้อนคือ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่เกิดจากก๊าซเรือนกระจก จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศทั้งในด้านกายภาพและชีวภาพ การเปลี่ยนแปลงต่อกระบวนการทางอุทกวิทยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการส่งผลกระทบในเชิงลบต่อในระบบนิเวศเกษตรในประเทศในช่วงระยะ 10 ปีที่ผ่านมา ศักยภาพในการให้ผลผลิตของพืชในเกือบทุกประเทศในเอเชียลดลงซึ่งดูเหมือนจะเกิดขึ้นจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ซึ่งอาจส่งผลต่อการขาดแคลนน้ำมากขึ้นและถี่ขึ้น และส่งผลทำให้เกิดการระบาดของโรคพืชมากขึ้น รวมทั้งฤดูกาลที่ผิดปกติไป การเสื่อมโทรมของดิน การเกิดให้เกิดสภาวะน้ำท่วมในพื้นที่การเกษตรหลายพื้นที่ทั่วโลก น้ำท่วมชายฝั่งทะเล และการรุกคืบของน้ำเค็มเข้าไปในแหล่งน้ำ ซึ่งคาดว่าผลผลิตในเอเชียใต้คาดว่าจะลดลงไปประมาณ 4-10% ในสิ้นศตวรรษ

จากการศึกษาวิจัยของนักวิทยาศาสตร์และหน่วยงานต่างๆระดับนานาชาติโลกเช่น IPCC ได้ข้อมูลที่สอดคล้องกัน และข้อมูลเหล่านั้นได้บ่งชี้ปัญหาภาวะโลกร้อนในปัจจุบันและความเป็นไปได้จริงของความรุนแรงของปัญหาในอนาคต ทำให้นักวิทยาศาสตร์กลุ่มหนึ่งมีความตระหนักถึงผลกระทบของ ภาวะโลกร้อนนี้ต่อระบบนิเวศธรรมชาติ นี้ ซึ่งปัญหาสำคัญนี้ทำให้มีการมุ่งประเด็นศึกษาผลกระทบของสภาวะโลกร้อนต่อผลผลิตทางการเกษตรดังกล่าว โดยส่วนหนึ่งของการศึกษาได้มีการทำนายโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงพื้นที่ในแต่ละภูมิภาค (Tan, 2003) ซึ่งได้มีกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ได้มีการประเมินความเสียหายในเชิงเศรษฐกิจจากการสูญเสียพืชพรรณในเขตพื้นที่อนุรักษ์ของแอฟริกาเป็นจำนวนเงินถึง 74.5 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ในปี 2100 โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในการประเมินผล และยังมีการคาดการณ์ว่าในปี ค.ศ.2065 มูลค่าความเสียหายจะสูงกว่านี้อีกมาก (Velarde et al., 2005)

นักวิทยาศาสตร์กลุ่มหนึ่งที่เน้นศึกษาผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิโลกที่สูงขึ้นที่มีต่อพืชพรรณทางการเกษตรซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญให้กับมนุษย์ทั่วโลก และได้มีการศึกษาอย่างจริงจังและต่อเนื่องจนมาถึงปัจจุบัน ได้มีผลการศึกษาที่พบว่าอัตราผลผลิตของพืชไร่นานี้โลกมีความสัมพันธ์เป็นอย่างยิ่งกับสภาวะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลก และส่งผลต่อสภาวะเศรษฐกิจของโลก และรายงานเพิ่มเติมว่าผลผลิตของพืชไร่นานี้ในหลายพื้นที่ของโลกในปัจจุบันลดลงได้สูงสุดได้สภาวะที่บรรยากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น จริง ซึ่งทำให้ต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในการเพิ่มผลผลิตพืชทางการเกษตรเหล่านี้ ซึ่งในประเทศได้หวั่น ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศและสภาวะอุณหภูมิสูงขึ้นที่มีต่อพืชไร่ 60 ชนิดโดยสัมพันธ์กับข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ในการคำนวณ (Chang, 2002) พบว่าปรากฏการณ์โลกร้อนร่วมกับความแปรปรวนของภูมิอากาศเป็นปัจจัยร่วมกันในการเกิดผลกระทบต่อการผลิตของพืชทางการเกษตร



การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ EPIC(Erosion Productivity Impact Calculator) ร่วมกับ ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) และ IE( Inference Engine) โดยกลุ่มวิจัยของ Tan and Shinasaki (2003) เพื่อทำนายผลกระทบของภาวะโลกร้อนที่มีต่อผลผลิตทางการเกษตร ในปี ค.ศ.2010 2020 2030 และ 2040 ผลที่ได้คือพบว่าผลผลิตทางการเกษตรหลายประเทศส่วนใหญ่ของพื้นที่ในโลกจะลดลงอย่างเนื่องด้วยผลกระทบของภาวะโลกร้อน

การวิจัยในประเทศเคนยา ( Mariara and Karanja, 2007) โดยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Seasonal Ricardian mode ศึกษาผลกระทบของภาวะโลกร้อนที่ต่ออัตราผลผลิตพืชไร่ในประเทศพบว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างภาวะโลกร้อนและส่งผลกระทบต่ออัตราผลผลิตของพืชไร่ และ จะส่งผลอย่างต่อเนื่องในเชิงลบต่อไปในอนาคตในสภาวะอุณหภูมิเพิ่มขึ้น และ ยังแสดงผลที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่งว่า ผลของการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์พบว่าผลจากภาวะโลกร้อนมีผลกระทบต่ออัตราผลผลิตของพืชไร่มากกว่าผลจากปริมาณน้ำฝนในประเทศ

ประเทศออสเตรเลียได้ประเมินผลกระทบของโลกร้อนที่มีต่อผลผลิตของข้าวสาลีโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ CSIRO's Global atmosphere model ทำนายสภาวะการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่สัมพันธ์กับการเพิ่มระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศพบว่าผลผลิตข้าวสาลีจะลดลง 29 % ภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นในอนาคตในเงื่อนไข การไม่เพิ่มระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่หากอยู่ภายใต้สภาวะการเพิ่มระดับอุณหภูมิ ร่วมกับการเพิ่มระดับก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ผลผลิตข้าวสาลีจะลดลง 25% ( Anwar et al., 2007)

การศึกษาผลกระทบของสภาวะโลกร้อนต่อผลผลิตทางการเกษตรในภาคสนาม เป็นงานวิจัยอีกประเด็นหนึ่งซึ่งได้มีการศึกษามาอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกัน อาทิเช่น การวิจัยของ Wheeler et al.(1993) ได้ทำการทดลองภาคสนาม โดยใช้เครื่องพ่นความร้อนส่งผ่านท่อโพลีเอทรีลีนในแนวราบทั้งควบคุมกับการปรับระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อศึกษาผลกระทบต่อผักชนิดต่างๆ ต่อมา Newton (1994) ได้สร้างสภาวะจำลองสถานการณ์อุณหภูมิสูงขึ้นโดยการให้ความร้อนในแปลงทดลองข้าวไรย์ และพบว่าผลผลิตได้ลดลงในสภาวะในช่วงอุณหภูมิสูงขึ้น ต่อมาการศึกษาของ Wurr et al. (1996) นักวิทยาศาสตร์ในประเทศอังกฤษ ได้ศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิที่ตามแนวโน้มของภาวะโลกร้อน ต่อพืชทางการเกษตร 3 ชนิดคือ ผักกาดหอม (Iceberg lettuce (*Lactuca sativa* L.)) กระเทียม (Leek (*Allium ampeloprasum* L.)) และ กระหล่ำดอก (Roscoff cauliflower(*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.)) โดยการใช้จำลองสถานการณ์บรรยากาศที่มีระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยใช้ระดับอุณหภูมิตั้งแต่ระดับบรรยากาศจริงในชุดควบคุมและ ใช้ท่อส่งความร้อนในแนวลาด ที่มีความกว้าง 8.7 m เมตร ความยาว 31.9 m ส่งผ่านอุณหภูมิ ในพื้นที่ทดลองเพื่อปรับระดับอุณหภูมิให้สูงขึ้นกว่าระดับเฉลี่ย 4 °C ในชุดทดลองเปรียบเทียบ การศึกษาพบว่า กลุ่มทดลองที่ให้ระดับอุณหภูมิสูงชันนั้นเร่งระยะเวลาช่วงเก็บผลได้ของผักกาดหอมให้สั้นขึ้น แต่ยืระยะเวลาของการเก็บผลได้ของกระหล่ำดอกเกิน 49 วัน และยังเพิ่มจำนวนใบของกระหล่ำดอกอย่างมีนัยสำคัญ

Fuhrer (2003) ได้ระบุถึงผลกระทบของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ การเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน ร่วมกับการเพิ่มขึ้นของ CO<sub>2</sub> และ O<sub>3</sub> ที่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศเกษตร ซึ่งผลการศึกษาเฉพาะปัจจัยการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ พบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลต่อการเร่งระยะ

ช่วงระยะการเติบโตของพืชประเภท C3 เพิ่มความต้องการน้ำ แต่ ลดผลผลิตของเมล็ด รวมทั้งลดศักยภาพการนำดีสารอาหารในพืช ประเภทนี้แต่จะส่งผลต่อพืชประเภท C3 มากกว่า C4

การศึกษาเพื่อวิจัยผลกระทบของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นต่อผลผลิตของ ข้าวไรย์ซึ่งเป็นพืชไร่เศรษฐกิจที่สำคัญโดย Nijs (1996) ในสวีตเซอร์แลนด์ ได้ผลการศึกษาที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง โดยในการวิจัย คณะผู้วิจัย ได้สร้างสภาวะจำลองโลกร้อนโดยใช้ เครื่องทำความร้อนร่วมกับ แสงอินฟราเรด (1500 w IR lamp) โดยใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมการทำงานเพื่อควบคุมอุณหภูมิ ให้สูงกว่าปกติประมาณ 2.5 °C โดยเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งได้รับอุณหภูมิปกติ ผลการศึกษาในแปลงทดลองพบว่าชุดทดลองซึ่งได้รับอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้มวลชีวภาพส่วนเหนือดินซึ่งวัดโดยน้ำหนักแห้งลดลงถึง 52% และลดอัตราผลผลิตลงถึง 48% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

การประยุกต์ใช้ Open Top Chamber เพื่อศึกษาผลกระทบของภาวะโลกร้อนมีกันอย่างแพร่หลาย เช่น การศึกษาโดยกลุ่มคณะวิจัยของ Norby et al. (1997) ประยุกต์ใช้ Open Top Chamber เพื่อศึกษาผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิที่สูงขึ้นร่วมกับการเพิ่มระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีต่อไม้ยืนต้น กลุ่มนักวิจัยได้ควบคุมอุณหภูมิใน Open Top Chamber ควบคุมโดยใช้ท่อส่งความร้อนเพื่อปรับให้อุณหภูมิสูงขึ้น และ พัดลมเป่าเพื่อปรับลดระดับอุณหภูมิ และการศึกษาในระบบนิเวศในเขตทุนดรา โดย Hollister และ Webber (2000) ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพในการควบคุมอุณหภูมิได้เป็นอย่างดี เช่น การศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้นในระบบนิเวศอื่นๆ โดยการประยุกต์ใช้ Open Top Chamber เพื่อปรับอุณหภูมิในพื้นที่ทุ่งหญ้าอัลไพน์เพื่อศึกษาผลกระทบของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการแพร่พันธุ์ของพืชพรรณชนิดต่างๆในระบบนิเวศทุ่งหญ้าแถบอัลไพน์ ในการศึกษา Kudernatsch et al. (2007) ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มพืชที่ได้อยู่ในสภาวะอุณหภูมิสูงขึ้นไปมีสภาวะการเติบโตและแพร่พันธุ์เพิ่มขึ้นแต่ไม่ได้มีการตรวจวัดธาตุอาหารทั้งในพืชและในดินแต่อย่างใด

พบว่ากลุ่มนักวิทยาศาสตร์แถบยุโรปและอเมริกาเหนือได้มีความสนใจในการวิจัยผลกระทบของการเพิ่มอุณหภูมิที่มีต่อผลผลิตทางการเกษตรเช่นเดียวกัน อาทิเช่น การศึกษาในข้าวฟ่าง (*Sorghum bicolor* (L.)) โดย Chowdhury and Wardlaw (1978) ได้ศึกษาในภาคสนามโดยปลูกใน Chamber ภาคสนาม ในเขตเท็กซัส สหรัฐอเมริกา พบว่า ผลผลิตของเมล็ดข้าวฟ่างลดลงถึง 50 % ภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 33/28 °C เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองซึ่งปลูกภายใต้ สภาวะอุณหภูมิ 30/25 °C ซึ่งมีข้อมูลที่แสดงผลสอดคล้องกัน คือการทดลองของ Prasad et al. (2006) นักวิจัยกลุ่มนี้ ศึกษาผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศที่มีต่อผลผลิตของข้าวฟ่าง (*Sorghum bicolor* (L.)) โดยการปลูกใน Chamber เพื่อทดลองในภาคสนามเช่นเดียวกัน โดยการควบคุมอุณหภูมิ ให้มีความแตกต่างกันโดยการ ผลการศึกษาพบว่าการปลูกภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่สูงกว่า 36/26 °C ส่งผลต่อการลดการผลิตเกสรอย่างมีนัยสำคัญ และ ลดการผลิตเมล็ดข้างฟ่างถึง 10 % เมื่อเปรียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งปลูกภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 32/22 °C

การศึกษาประเด็นปัญหานี้ในประเทศไทยได้ดำเนินการมาระยะหนึ่งแล้ว โดยการศึกษาด้วยการสร้างสภาวะการจำลองสถานการณ์ความแปรปรวนของระดับอุณหภูมิที่มีอิทธิพลต่อข้าว

โดย กณิตา ธนเจริญชนภาส และโอรส รักชาติ ( 2551) ได้สร้างแบบจำลองสภาวะการณ์โลก ร้อนในพื้นที่นาข้าว เพื่อปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในฤดูกาลปลูกจริงในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก โดยประยุกต์ใช้ Open Top Chamber ลักษณะโปร่งใส เพื่อควบคุมระดับอุณหภูมิสูงสุด 3 ระดับคือ 30°C 35°C และ 40°C ผลการศึกษาพบว่าที่ระดับ 35 °C เป็นอุณหภูมิที่กระตุ้นให้ ต้นข้าวโตเร็วและมีมวลชีวภาพที่สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับอีก 2 ชุด การศึกษา แต่กลับพบว่ามีปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวลดลงมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับระดับ อุณหภูมิ 30°C และ 40°C ผลการศึกษาในปัจจุบันอัตราผลผลิตพบว่า ชุดการทดลองภายใต้ สภาวะอุณหภูมิสูงสุดที่ 40°C มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ได้ผลผลิตดี / รวง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ โดยเปรียบเทียบกับชุดทดลองที่มีระดับอุณหภูมิ 30 °C และ 35°C โดยลดลง 9.7 % และ 12.3 % ผลการศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมเบื้องต้นโดยวิธี RAPDพบว่า การปลูกข้าว ภายใต้ความแตกต่างของระดับอุณหภูมิสูงสุด 3 ระดับ ในระยะยาวส่งผลต่อการจำแนกแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกันออกเป็น 3 กลุ่มอย่างชัดเจน

### 5.3 บทสรุป

ประเทศไทยเป็นอีกประเทศหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะ ภูมิอากาศของโลก ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาได้พยากรณ์แนวโน้มของระดับการเพิ่มระดับ อุณหภูมิในบรรยากาศในเขตภาคเหนือในอนาคตโดยพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 4-5 °C และใน ทศวรรษที่ 2100 (ค.ศ.2091-2100) เมื่อเทียบกับในช่วงทศวรรษที่ 2000 (ค.ศ.1991-2000) รวมทั้งการแสดงผลพยากรณ์ความแปรปรวนทางด้านสภาวะภูมิอากาศในปัจจุบันๆที่มีแนวโน้ม แปรปรวนมากขึ้นเช่นกัน (สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา, 2552) ด้วยเหตุนี้การสร้างสภาวะการณ์ จริงของสภาวะการณ์อุณหภูมิที่สูงร่วมกับปัจจัยความแปรปรวนของความชื้น และความแปรปรวน ของอุณหภูมิจึงมีความสำคัญและควรศึกษาอย่างเร่งด่วนในประเทศไทย เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แม่นยำ ของผลกระทบจากสภาวะการณ์ภูมิอากาศแปรปรวนที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพสารอาหารในถั่ว เหลือง รวมทั้งการคาดการณ์ถึงสายพันธุ์ที่ทนทานต่อสภาวะวิกฤตดังกล่าว การศึกษาในครั้งนี้ กลุ่มวิจัยเลือกศึกษาในถั่วเหลือง เนื่องจากการตระหนักถึงความสำคัญในประเด็นการเป็นพืช เศรษฐกิจ และบทบาทของประเทศไทยที่มีต่อการผลิตถั่วเหลืองในระดับโลกและในประเทศ ซึ่ง ยืนยันจากข้อมูลของ จากองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ ได้รายงานว่ประเทศไทย ได้รับการจัดอันดับให้เป็นประเทศที่ผลิตถั่วเหลืองได้เป็นอันดับที่ 17 ของโลก โดยพิจารณาจาก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ของประเทศผู้ผลิตที่สำคัญ ปี 2545-2547 โดยผลิต ได้ถึง 260,000 ตัน/ปี ในปี พ.ศ. 2545 231,000 ตัน/ปี ในปี พ.ศ. 2546 และ 240,000 ตัน/ปี ในปี พ.ศ. 2547 ตามลำดับ และพบว่าภาคเหนือเป็นพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองมาก ที่สุดในประเทศไทย (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

ผลการศึกษาจะสามารถนำไปสู่การต่อยอดการศึกษาและการวิจัยเพิ่มเติมที่นำไปสู่การ รองรับ และการจัดการแก้ปัญหา ดังกล่าวในพื้นที่เขตภาคเหนือของประเทศไทยต่อไป

## 6. ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ดำเนินการตามขอบเขตของการใช้พื้นที่ อุปกรณ์ เครื่องมือ และวิธีดำเนินการดังนี้

### 6.1 สถานที่วิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ใช้พื้นที่ปลูกถั่วเหลืองในแปลงทดลองทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก ซึ่งตั้งอยู่ที่ละติจูด 16 องศาเหนือ 44.003 ลิปดา และลองจิจูด 100 องศาตะวันออก 11.810 ลิปดา พื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเล 48 เมตร โดยในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์ผลทางสรีรวิทยาบางประการ ณ ห้องปฏิบัติการภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในเมล็ด ณ ห้องปฏิบัติการภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

### 6.2 พันธุ์ถั่วเหลืองที่ใช้ในการวิจัย

ถั่วเหลืองไทย (*Glycine max* (L.) Merrill) เป็นพืชไร่ที่เลือกใช้สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เนื่องจากเป็นพืชตระกูลถั่วที่ให้คุณค่าทางโภชนาการสูงมาก และผู้วิจัยได้ตัดสินใจเลือกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เป็นพันธุ์เดียวสำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เนื่องจากถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เป็นพันธุ์ถั่วเหลืองที่ให้ผลผลิตและคุณค่าทางด้านสารอาหารสูง คือ มีโปรตีน 43.8 เปอร์เซ็นต์ น้ำมัน 20 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตสูงเฉลี่ย 280-350 กิโลกรัมต่อไร่ ลักษณะเด่นของสายพันธุ์คือ ทนทานต่อโรคราสนิม โรคใบด่าง และไวรัสใบด่าง และนิยมปลูกในภาคเหนือตอนล่างมากที่สุด โดยเฉพาะจังหวัดพิษณุโลก (กรมวิชาการเกษตร, 2555)

### 6.3 ระยะเวลาการวิจัย

การศึกษาผลกระทบระยะยาวของระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันในช่วงฤดูเพาะปลูกที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพสารอาหารในถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) พันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยควบคุมระดับอุณหภูมิที่กำหนด 3 ระดับใน 3 ชุดการทดลอง (3 ซ้ำ) ในแต่ละชุดทดลอง 5 ชั่วโมงต่อวัน ตั้งแต่ 10.00-15.00 น. โดยทำการปลูก 2 รุ่นดังนี้

ปลูก รุ่นที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2552 – มีนาคม 2552

นำผลผลิตจากรุ่นที่ 1 มาต่อเนื่องในรุ่นที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 - มีนาคม 2554

เพื่อวิเคราะห์ผลทางสรีรวิทยาบางประการ ได้แก่ การเจริญเติบโตด้านความสูง ดัชนีพื้นที่ใบ และปริมาณ รังควัตถุในใบ (คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และแคโรทีนอยด์) จากนั้นทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในเมล็ด และวิเคราะห์ลักษณะทางพันธุกรรม ใน

การปลูกรุ่นที่ 1 เดือนมิถุนายน 2552 - ธันวาคม 2552 และรุ่นที่ 2 เดือนมิถุนายน 2554 - ธันวาคม 2554

#### 6.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. ชุดวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (Kjeldatech digestion unit และ distillation unit)
2. ชุดวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (Extraction System Model B-811)
3. ชุดวิเคราะห์เยื่อใย (Fiber Analyzer)
4. ชุดวิเคราะห์เถ้า (Futname Thermolyne sybron Tye 48000 Furnace)
5. เครื่อง Spectrophotometer พร้อม cuvette 1 ชุด Model DR 4000
6. ตู้อบลมร้อน
7. Hot plate
8. เครื่องเซนตริฟิวจ์
9. เครื่อง Evaporator

#### วัสดุอุปกรณ์

1. เมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60
2. Chamber ขนาดกว้าง 1.5 เมตร สูง 1.7 จำนวน 9 ตู้
3. โกร่งบดตัวอย่างใบพีช
4. เครื่องแก้ว ประกอบด้วย
  - 4.1 ชุดเครื่องแก้ววิเคราะห์คลอโรฟิลล์
  - 4.2 ชุดเครื่องแก้ววิเคราะห์โปรตีน
  - 4.3 ชุดเครื่องแก้ววิเคราะห์ไขมัน
  - 4.4 ชุดเครื่องแก้ววิเคราะห์เยื่อใย
  - 4.5 โถดูดความชื้น
  - 4.6 ชุดถ้วย moisture can วิเคราะห์ความชื้น
  - 4.7 ชุดถ้วยกระเบื้องวิเคราะห์เถ้า
5. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 เส้นผ่านศูนย์กลาง 70 มิลลิเมตร
6. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 6 เส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร

#### สารเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. สารละลายกรดซัลฟูริก เข้มข้น 0.128 โมล
3. สารละลายกรดซัลฟูริก เข้มข้น 0.1 นอร์มอลิตี
4. สารละลายต่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 32 เปอร์เซ็นต์
5. สารละลายต่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.223 โมล
6. สารละลายบอริกเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์
7. ซิลิเนียม

8. อินดิเคเตอร์ (methyl red และ methylene blue)
9. เอ็น-ออกทานอล
10. อะซีโตน เข้มข้น
11. ปีโตรเลียมอีเทอร์
12. เมทานอล
13. Boron Trifluoride
14. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)
15. Hexane

## 6.5 การควบคุมสภาวะจำลองเพื่อควบคุมอุณหภูมิในพื้นที่ปลูกถั่วเหลือง

### (1) Open Top Chamber

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะประยุกต์ใช้ Open top chamber (ห้องระบบเปิดด้านบน) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ดัดแปลงมาจาก Drake et al.(1989) ซึ่งขณะนี้ได้นำมาประยุกต์ใช้ในการวิจัยเรื่อง การประเมินผลกระทบของระดับก๊าซโอโซนที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศต่ออัตราผลผลิตและคุณภาพของสารอาหารในถั่วเหลืองพันธุ์พื้นเมืองของประเทศไทยซึ่งเป็นโครงการวิจัยงบประมาณแผ่นดินปี 2550 (ภาพที่ 1) โดยในงานวิจัยนี้จะพัฒนารูปแบบการใช้งานโดยการเปิดด้านบนไม่มีหลังคา เพื่อให้ถั่วเหลืองได้รับน้ำฝนและความชื้นตามธรรมชาติ และ ลักษณะของ Open top chamber ในงานวิจัยนี้จะคลุมด้วยพลาสติกใสรูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เมตร สูง 1.7 เมตร เปิดหลังคาด้านบน และติดระบบหมุนเวียนอากาศ โดยติดตั้งพัดลมด้านหน้าของ ตู้ทดลอง



ภาพที่ 1 Open Top Chamber ที่ประยุกต์ใช้ในการวิจัย

(2) การควบคุมระดับอุณหภูมิในห้องทดลอง

1.1 การสร้างตู้ทดลองชนิดเคลื่อนย้ายได้ การศึกษาวิจัยใช้ตู้ทดลองพลาสติกใสรูปทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เมตร สูง 1.7 เมตร เปิดระบายอากาศด้านบน และมีหลังคาพลาสติกใสด้านบนเพื่อกันน้ำฝน ตู้ทดลองนี้จะใช้เพื่อควบคุมอุณหภูมิในระดับที่กำหนดใน แปลงปลูกและควบคุมระดับอุณหภูมิไว้ซึ่งใช้จำนวนตู้ทดลองทั้งหมด 9 ตู้

1.2 การควบคุมอากาศและลดอุณหภูมิในตู้ทดลอง ดำเนินการโดยการติดตั้งพัดลมดูดอากาศบริเวณด้านล่างของด้านหน้าตู้ทดลองเพื่อดูดอากาศเข้า อากาศที่ถูกดูดเข้ามาจะผ่านแผ่นกรองก๊าซมลพิษอื่นๆ โดยการใช้ถ่านกัมมันต์ เป็นตัวกรองและผ่านแผ่นกรองฝุ่นอีก 1 ชั้น

1.3 การควบคุมระดับอุณหภูมิในตู้ทดลองใช้ระบบการควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์โดยมีเครื่องบันทึกอุณหภูมิด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ในห้องทดลองซึ่งส่งสัญญาณต่อเชื่อมกับระบบควบคุมการปล่อยน้ำอัตโนมัติโดยสั่งเปิด ปิดน้ำตามสายยางบริเวณด้านข้างห้องทดลอง โดยระบบจะการควบคุมให้วาล์วปล่อยน้ำเพื่อลดอุณหภูมิในกรณีที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นกว่าระดับที่ต้องการ ขณะเดียวกันระบบจะการควบคุมให้วาล์วปิดระบบการปล่อยน้ำเมื่ออุณหภูมิลดลงถึงระดับที่กำหนดไว้ ซึ่งการควบคุมระบบนี้ใช้การอ่านค่าอุณหภูมิด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์และส่งคำสั่งไปปล่อย-หยุดปล่อยน้ำ นั้นเอง (ดังภาพที่ 2)

## 6.6 การวางแผนการทดลอง

เนื่องด้วยในการศึกษากำหนดให้มีการควบคุมชุดทดลองทั้งหมด 3 ชุดทดลอง (3 Treatments) จึงกำหนดชุดทดลองและกำหนดชื่อดังนี้

1) ชุดทดลอง LT (Lower Air Temperature) ควบคุมให้ต่ำกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอกตู้ทดลองระหว่างการวิจัย

2) ชุดทดลอง AT (Ambient Air Temperature) ควบคุมให้ใกล้เคียงกับระดับอุณหภูมิภายนอกตู้ทดลองระหว่างทำวิจัย

3) ชุดทดลอง HT (Higher Air Temperature) ควบคุมให้สูงกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอกตู้ทดลองระหว่างการวิจัย



ภาพที่ 2 แผนผังการติดตั้งระบบควบคุมต่างๆ ในแปลงทดลอง



ซึ่งกำหนดแผนการทดลอง แบบ Random Completed Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ทั้ง 3 ชุดการทดลอง ดังกล่าว ดังนั้น จำนวนตู้ Open Top Chamber จะมีทั้งหมด 9 ตู้ทดลอง

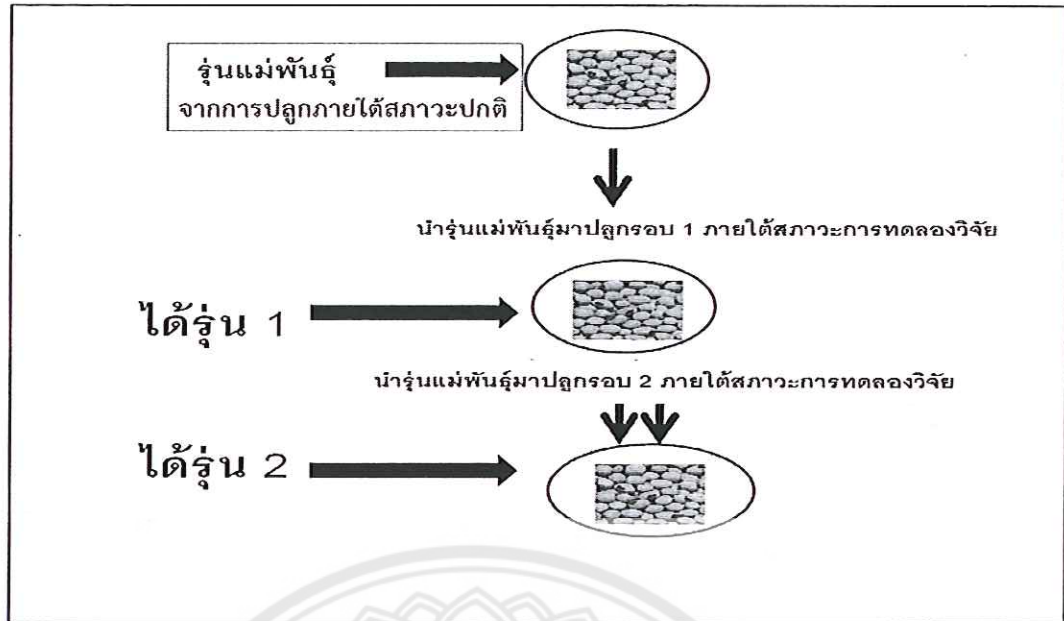
#### 6.7 การจัดการปลูกถั่วเหลืองและการตอบสนองต่อผลกระทบจากอุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน

1) การศึกษาจะทำการควบคุมระดับอุณหภูมิที่กำหนด 3 ระดับใน 3 ชุดการทดลอง (3 ซ้ำ) ในแต่ละตู้ทดลอง 5 ชั่วโมงต่อวัน ตั้งแต่ 10.00-15.00 น.

2) การศึกษาถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยการปลูกในแปลงปลูก กว้าง 17 เมตร ยาว 20 เมตร ระยะห่างระหว่างหลุม 20 เซนติเมตร การทดลองจะเริ่มตั้งแต่การเพาะเลี้ยงต้นกล้าให้มีความสูง 3 เซนติเมตร จากนั้นนำตู้ทดลองมาครอบในแปลงปลูก และเริ่มควบคุมอุณหภูมิตลอดจนถึงช่วงเก็บเกี่ยว ซึ่งเป็นระยะประมาณเวลา 3 เดือน

3) การปลูกใช้แผนการทดลองแบบ Randomize Completed Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ดังได้อธิบายในหัวข้อ 6.6

4) จำนวนรุ่นของการปลูกวางแผนการศึกษาการปลูกถั่วเหลืองจะปลูกเพื่อให้ได้ผล ในรุ่นที่ 3 โดยกำหนดว่ารุ่นที่ 1 คือเมล็ดพันธุ์ที่ได้จากแม่พันธุ์ที่ปลูกภายใต้สภาวะปกติ (ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้ขอความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์นี้จากศูนย์วิจัยพืชไร่ วังทอง อ.วังทอง จ.พิษณุโลก) เมื่อนำมาปลูกภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ในรอบการปลูกครั้งที่ 1 จะได้ผลผลิต คือ เมล็ดพันธุ์รุ่นที่ 2 และเมื่อนำเมล็ดพันธุ์รุ่นที่ 2 มาปลูก ในรอบที่ 2 ภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่แตกต่างกันอีกครั้ง จะได้ผลผลิตครั้งสุดท้ายคือรุ่นที่ 3 ดังภาพที่ 3 ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จะเน้นศึกษาถั่วเหลืองที่ได้รับผลกระทบภายใต้การปลูกในระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ดังนั้นจะเป็นการทดสอบดัชนีชี้วัดต่างๆ ในเชิงสรีรวิทยา ผลผลิต และลักษณะทางพันธุกรรม ในการปลูกของรอบที่ 1 และรอบที่ 2 เท่านั้น



ภาพที่ 3 แสดงวิธีการวางแผนการปลูกเพื่อศึกษาผลกระทบระยะยาวของถั่วเหลือง 2 ระยะเวลาปลูก

### 6.8 ปัจจัยด้านสภาพภาพในบรรยากาศ

วัดปัจจัยด้านสภาพภาพในบรรยากาศดังนี้

1. ระดับอุณหภูมิ
2. ความชื้นสัมพัทธ์
3. ระดับคาร์บอนไดออกไซด์

### 6.9 การตรวจสอบดัชนีชี้วัดที่มีต่อถั่วเหลืองในด้านต่างๆ

1) การตรวจสอบ ผลกระทบจากอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันที่มีต่อการเจริญเติบโตของ ถั่วเหลือง

ในการวิจัยกำหนดการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ผล โดยมีปัจจัยซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดผลกระทบในช่วงระยะของอายุถั่วเหลืองในระยะต่าง ๆ ดังนี้

#### 1.1 การเจริญเติบโตทางลำต้น (ความสูง)

วิเคราะห์จากการเจริญเติบโตทางลำต้น โดยวัดความสูง ตามวิธีของสมชาย บุญประดับ, 2543 โดยการวัดทางด้านความสูงที่ระยะ V3, R1, R3, R6, และ R8 ซึ่งเป็นช่วงอายุที่ 26, 36, 75 และ 89 วัน ตามลำดับ

#### 1.2 ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index : LAI)

Leaf area index ระยะ R1, R3, R6 และ R8 ซึ่งเป็นช่วงอายุที่ 36, 47, 75 และ 89 วัน ตามลำดับ ตามวิธีของ Jones *et al.* (1991) โดยคำนวณได้จากสูตร  $LAI = \frac{\text{พื้นที่ใบรวมทั้งหมด}}{\text{พื้นที่ดินที่พืชขึ้นขึ้นอยู่}}$

2) การตรวจสอบ ผลกระทบจากอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันที่มีต่อปริมาณรงควัตถุของ ถั่วเหลือง

เก็บตัวอย่างใบที่ระยะ V3, R1, R3, R6 และ R8 ซึ่งเป็นช่วงอายุที่ 26, 36, 47, 75, และ 89 วันตามลำดับ ตามวิธีของ Yoshida (1976) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณรงควัตถุในใบชนิด คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์

3) การตรวจสอบผลกระทบจากอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันที่มีต่อผลผลิตถั่วเหลือง

เก็บตัวอย่างเมล็ดถั่วเหลือง ที่ระยะ R8 (Full maturity Stage) ซึ่งเป็นช่วงอายุที่ 89 วัน ตามวิธีของ สุมิตรา ปิ่นทองคำ (2533) โดยเลือกองค์ประกอบที่ชี้วัดผลผลิตที่สำคัญ ได้แก่ จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ด

4) การตรวจสอบผลกระทบจากอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันที่มีต่อคุณภาพสารอาหาร ของผลผลิตในเมล็ดถั่วเหลือง 2 รอบการปลูก

เก็บตัวอย่างเมล็ดถั่วเหลืองจากระยะ R8 และนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยการวิเคราะห์โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย และความชื้น ตามวิธีของ AOAC, 1995

## 6.10 วิเคราะห์ การศึกษาลักษณะทางพันธุกรรม

วิเคราะห์ลักษณะทางพันธุกรรม ใช้เทคนิคด้วยวิธี AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) ในใบอ่อน 2 ครั้ง ใน 2 รอบการปลูก ของถั่วเหลืองทั้งสองพันธุ์คือ ในการปลูกครั้งที่ 1 และการปลูกครั้งที่ 2 ดังรายละเอียด

1) ลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Phenotype) ทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา ของพันธุ์ถั่วเหลือง ที่ใช้ในการทดลองโดยเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทางสัณฐานวิทยา ของแต่ละสายพันธุ์โดยเลือกเก็บจากตัวอย่างในระยะเก็บเกี่ยว จำนวน 2 generations

2) วิธีการสกัดดีเอ็นเอจากตัวอย่างใบถั่วเหลือง

2.1 การเตรียมอุปกรณ์ : นำโกร่ง (mortar) และสาก (pestle) แช่ในตู้เย็น  $-80^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา อย่างน้อย 2 ชั่วโมง

2.2 นำสารละลาย 1.5X CTAB (dilute จาก 3X CTAB) ต้มในน้ำเดือด 10 นาที

2.3 นำตัวอย่างใบถั่วเหลืองมาตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ในโกร่งที่เตรียมไว้ เติม liquid nitrogen จนท่วมตัวอย่าง แล้วบดให้ละเอียด ตักใส่หลอด 1.5 ml ประมาณครึ่งหลอด

2.4 เติม 1.5X CTAB 700  $\mu\text{l}$  นำไปบ่มที่อุณหภูมิ  $65^{\circ}\text{C}$  ประมาณ 1 ชั่วโมง

2.5 เติม Chloroform : Isoamyl (24 : 1) ลงในหลอดตัวอย่าง ในอัตราส่วน 1 : 1 ผสมเบาๆ ให้เข้ากันนาน 20 นาที

- 2.6 นำไปปั่นด้วยความเร็วรอบ 12,000 rpm นาน 10 นาที ดึงส่วนใสด้านบนใส่หลอด 1.5 ml หลอดใหม่
- 2.7 เติม 10% CTAB 1/10 เท่า (ของปริมาตรของสารที่ดึงมาได้) และ Chloroform : Isoamyl (24 : 1) 1 เท่า (ของปริมาตรของสารที่ดึงมาได้) ผสมให้เข้ากันนาน 20 นาที นำไปปั่นด้วยความเร็วรอบ 12,000 rpm 15 นาที
- 2.8 ย้ายส่วนบนใสในหลอด 1.5 ml (จะได้สารละลายประมาณ 400  $\mu$ l) เติม CTAB precipitation (dilute จาก 4X CTAB เป็น 1X CTAB) 2 เท่า ผสมให้เข้ากัน นำไปปั่นด้วยความเร็วรอบ 12,000 rpm นาน 20 นาที เทสารละลายด้านบนทิ้ง พยายามอย่าให้ตะกอนตกลงมาด้วย
- 2.9 เติม 1M NaCl 500  $\mu$ l ละลายตะกอนที่อุณหภูมิ 37  $^{\circ}$ C นาน 2 – 3 ชั่วโมง
- 2.10 เติม 95% EtOH ที่แช่เย็นจัด ประมาณ 2 เท่าของสารละลาย ผสมให้เข้ากันอย่างเบาๆ จะเห็น DNA จับตัวเป็นก้อน นำไปปั่นด้วยความเร็วรอบ 14,000 rpm นาน 10 นาที เพื่อตกตะกอน เทส่วนใสทิ้ง
- 2.11 เติม 70% EtOH 500  $\mu$ l กลับหลอดขึ้น-ลง 2-3 ครั้ง นำไปปั่นด้วยความเร็วรอบ 14,000 rpm 5 นาที (ทำซ้ำ 2 ครั้ง)
- 2.12 เท EtOH ออกให้หมด ทำให้ตะกอนแห้งโดยวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง หรือใส่ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 65  $^{\circ}$ C เมื่อตะกอนดีเอ็นเอแห้งดีแล้ว ให้ละลายตะกอนด้วย dH<sub>2</sub>O ประมาณ 100  $\mu$ l นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 65  $^{\circ}$ C นาน 1 ชั่วโมง หรือจนตะกอนละลายหมด เก็บดีเอ็นเอที่สกัดไว้ในตู้เย็น จนกระทั่งถึงเวลาที่จะนำมาใช้งาน
- 2.13 สารเคมีที่ใช้ในการสกัดดีเอ็นเอ

4X CTAB	500	ml
CTAB	20	g
1M Tris-Cl pH 8.0	20	ml
0.5 M EDTA pH 8.0	8	ml
เติม d H <sub>2</sub> O ให้ครบ 500 ml		

3X CTAB (500 ml)		
CTAB	15	g
1M Tris-Cl pH 8.0	75	ml
0.5 M EDTA pH 8.0	30	ml
5M NaCl	210	ml
เติม d H <sub>2</sub> O ให้ครบ 500 ml		

10 % CTAB (200 ml)

CTAB 20 g

5M NaCl 28 ml

เติม d H<sub>2</sub>O ให้ครบ 200 ml

### 6.11 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดดัชนีในด้านต่าง ๆ มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยเลือกใช้สถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลระหว่าง 3 สิ่งทดลอง แบบ F-Test ตามลำดับและเลือกการวิเคราะห์ปัจจัยเดียวแบบ One Way ANOVA และเลือกวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ทดสอบเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของทุกกลุ่มทดลอง



## 7. ผลการศึกษา

การศึกษาวิจัยเรื่องผลกระทบระยะยาวของระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันในช่วงฤดูเพาะปลูกที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพสารอาหารในถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) พันธุ์เชียงใหม่ 60 ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิจัยตามลำดับหัวข้อ ดังนี้

### 7.1 ปัจจัยด้านสภาพภาพในบรรยากาศ

1. ระดับอุณหภูมิ
2. ความชื้นสัมพัทธ์
3. ระดับคาร์บอนไดออกไซด์

### 7.2 ปัจจัยชี้วัดผลกระทบจากอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันที่มีต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง

1. ความสูงของลำต้น
2. ดัชนีพื้นที่ใบ

### 7.3 ปัจจัยชี้วัดผลกระทบจากอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันที่มีต่อปริมาณรงควัตถุในใบของถั่วเหลือง

1. คลอโรฟิลล์เอ
2. คลอโรฟิลล์บี
3. แคโรทีนอยด์

### 7.4 ปัจจัยชี้วัดผลกระทบจากอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันที่มีต่อผลผลิตของเมล็ดถั่วเหลือง

1. จำนวนฝักต่อต้น
2. จำนวนเมล็ดต่อฝัก
3. น้ำหนัก 100 เมล็ด

### 7.5 ปัจจัยชี้วัดผลกระทบจากอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันที่มีต่อคุณภาพสารอาหารของผลผลิตในเมล็ดถั่วเหลือง

1. ปริมาณโปรตีน
2. ปริมาณไขมัน
3. ปริมาณเถ้า
4. ปริมาณเยื่อใย
5. ความชื้น

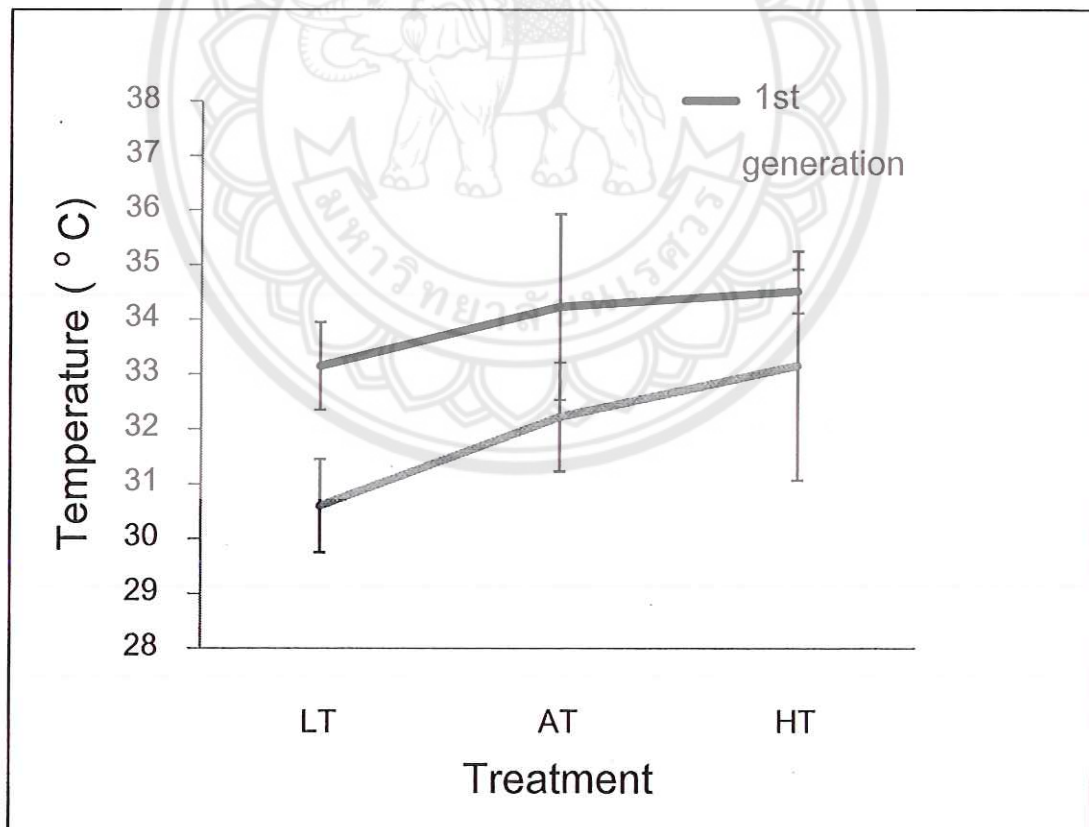
### 7.6 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางพันธุกรรม

จากการวางแผนการวิจัยศึกษามลกระทบของจากอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยศึกษาในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 ระดับทั้ง 3 ชุดการทดลอง ได้ผลการศึกษาลำดับดังนี้

## 7.1 ปัจจัยทางกายภาพในบรรยากาศ

### 1. อุณหภูมิ

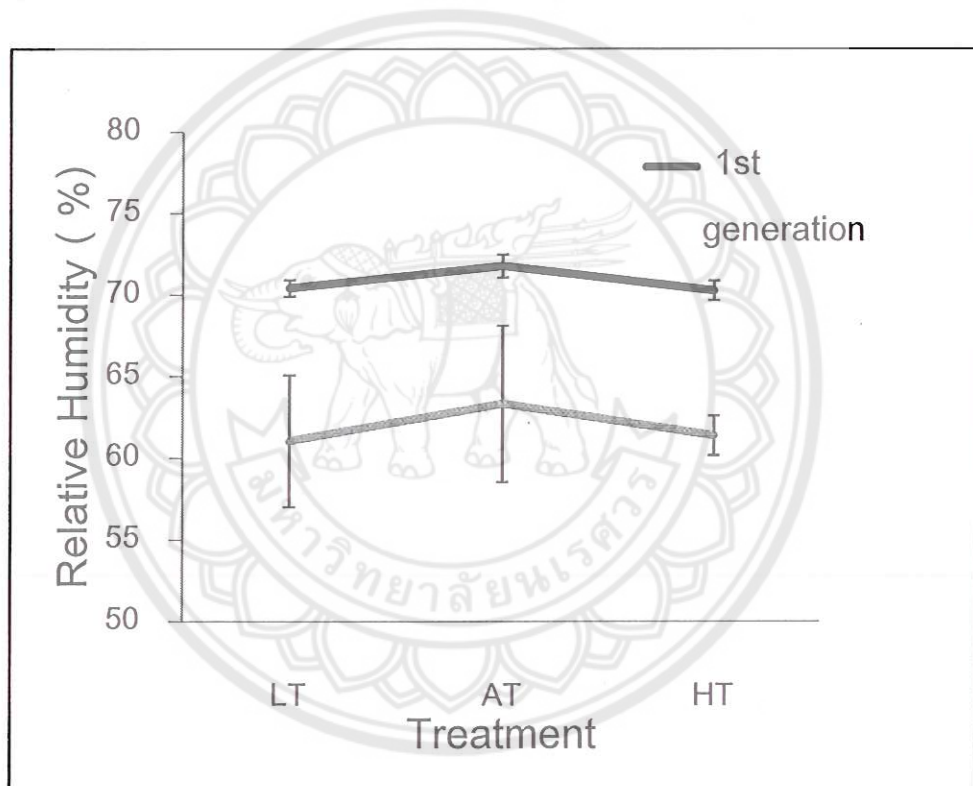
จากผลการศึกษาถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่มีผลกระทบของจากอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันที่มีระดับ ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการปลูกถั่วเหลืองภายใต้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 ระดับทั้ง 3 ชุดการทดลอง เป็นเวลา 5 ชั่วโมงต่อวัน (10.00 – 15.00 น.) โดยบันทึกผลตั้งแต่เดือนมกราคม 2552 – มีนาคม 2552 และปลูกรุ่นที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2554-มีนาคม 2554 โดยบันทึกผลระดับอุณหภูมิเฉลี่ยดังแสดงในภาพที่ 3 ซึ่งพบว่า มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในช่วงระยะเวลาการทดลองรุ่นที่ 1 ของการปลูกเท่ากับ  $33.15 \pm 0.8$   $34.23 \pm 1.07$  และ  $34.52 \pm 0.4$  องศาเซลเซียส ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ ส่วนค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในช่วงระยะเวลาการทดลองรุ่นที่ 2 ของการปลูกเท่ากับ  $30.60 \pm 0.85$   $32.22 \pm 0.99$  และ  $33.16 \pm 2.19$  องศาเซลเซียส ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ (ภาพที่ 4 )



ภาพที่ 4 ระดับอุณหภูมิเฉลี่ยของการปลูกแต่ละรุ่นในช่วงระยะเวลาการทดลอง

## 2. ความชื้นสัมพัทธ์

การบันทึกผลตั้งแต่เดือนมกราคม 2552 - มีนาคม 2552 และ เดือนมกราคม 2554-มีนาคม 2554 โดยบันทึกผลระดับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยดังแสดงในภาพที่ 4 ซึ่งพบว่า มีค่าเฉลี่ยของความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงระยะเวลาการทดลองรุ่นที่ 1 ของการปลูกเท่ากับ  $70.41 \pm 0.5$   $71.77 \pm 0.7$  และ  $70.27 \pm 0.6$  เปอร์เซ็นต์ ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ ส่วนค่าเฉลี่ยของความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงระยะเวลาการทดลองรุ่นที่ 2 ของการปลูกเท่ากับ  $61.05 \pm 4.04$   $63.32 \pm 4.78$  และ  $61.39 \pm 1.21$  เปอร์เซ็นต์ ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ (ภาพที่ 5)



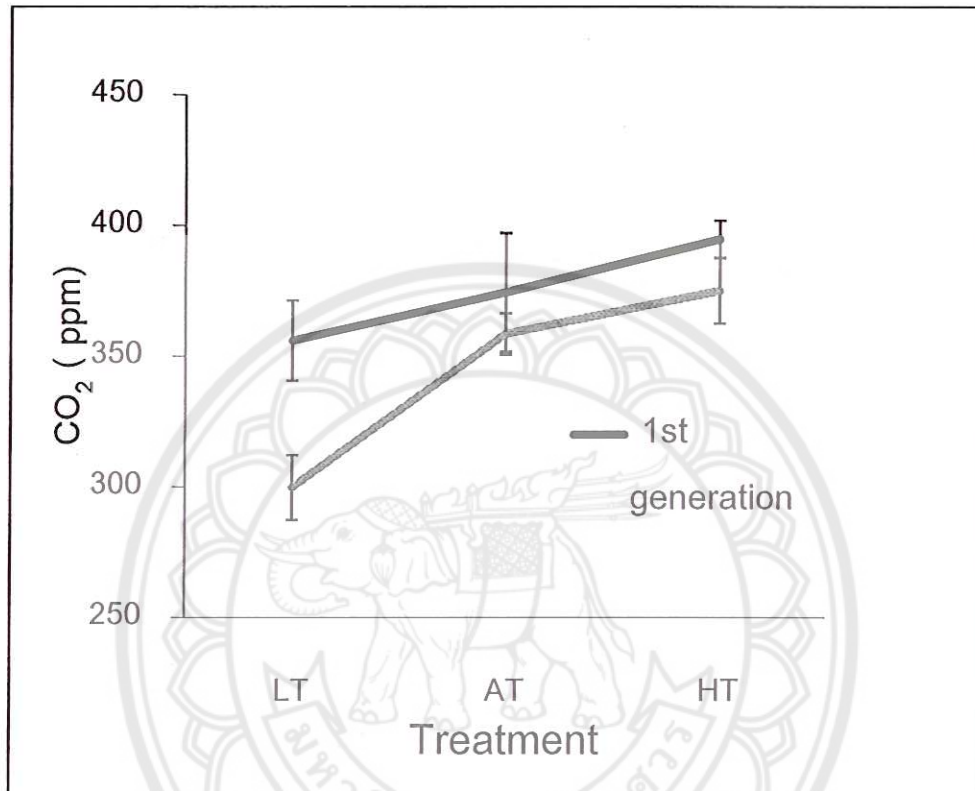
ภาพที่ 5 ระดับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของการปลูกแต่ละรุ่นในช่วงระยะเวลาการทดลอง

## 3. ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

จากผลการศึกษาถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่มีผลกระทบของจากอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันที่มีระดับ ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการปลูกถั่วเหลืองภายใต้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ทั้ง 3 ชุดการทดลอง เป็นเวลา 5 ชั่วโมงต่อวัน (10.00 - 15.00 น.) โดยบันทึกผลตั้งแต่เดือนมกราคม 2552 - มีนาคม 2552 และปลูกรุ่นที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2553-มีนาคม 2553 โดยบันทึกผลระดับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยดังแสดงในภาพที่ 6 ซึ่งพบว่า มีค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงระยะเวลาการทดลองรุ่นที่ 1 ของการปลูกเท่ากับ



326.03±15.35 374.45±22.63 และ 394.71±7.05 ppb ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ ส่วนค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงระยะเวลาการทดลองรุ่นที่ 2 ของการปลูกเท่ากับ 299.72±12.32 358.52±7.90 และ 375.04±12.51 ppb ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ



ภาพที่ 6 ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยของการปลูกแต่ละรุ่นในช่วงระยะเวลาการทดลอง

จากผลการศึกษาปัจจัยทางกายภาพในบรรยากาศในช่วงระยะทดลองนั้นแสดงให้เห็นว่าระดับอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงระยะเวลาการทดลองรุ่นที่ 1 ของการปลูกจะมีระดับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่สูงกว่าการทดลองรุ่นที่ 2 ของการปลูกอย่างชัดเจนดังภาพที่ 3 ส่วนระดับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่าปริมาณของค่าเฉลี่ยของชุดทดลอง HT มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าชุดทดลองอื่นๆอย่างสังเกตได้ชัดเจน

## 7.2 ปัจจัยชี้วัดผลกระทบจากอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันที่มีต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง

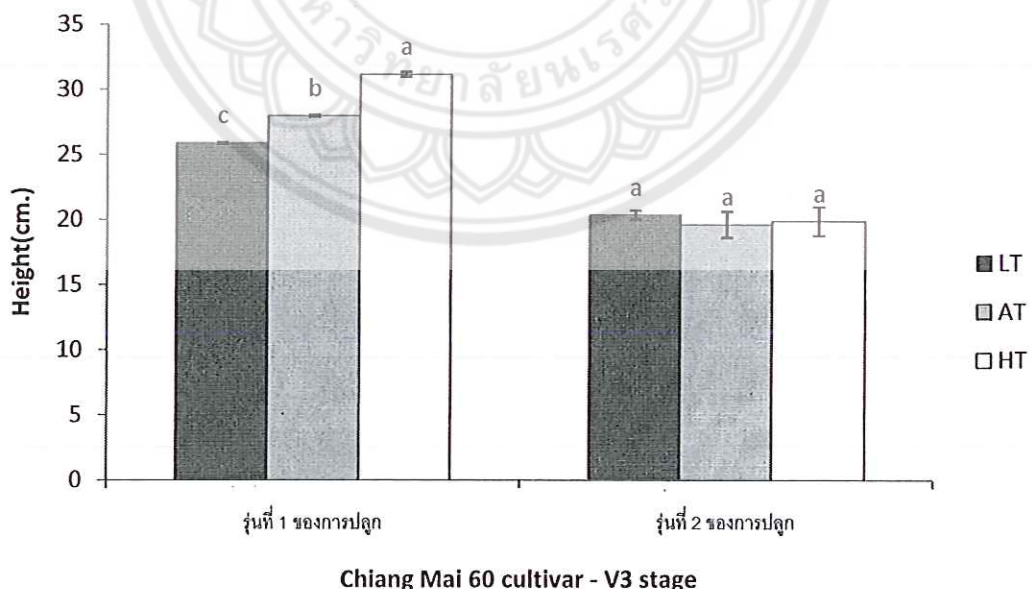
### 1 ผลกระทบของอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันที่มีต่อความสูงของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60

โดยศึกษาในระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 ระดับในช่วงฤดูกาลปลูกโดยการวัดทางด้านความสูงของลำต้น (shoot height) โดยวัดจากความสูงจากโคนถึงปลายที่ระยะ V3, R1, R3, R6, และ R8 ซึ่งเป็นช่วงอายุที่ 26, 36, 47, 75 และ 89 วัน ตามลำดับ

#### 1.1 ความสูง(Height) จากการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ V3

ผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ V3 ซึ่งเป็นระยะข้อที่ 3 (third node) มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 7 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 ความสูงโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $25.88 \pm 0.05$ ,  $27.96 \pm 0.06$  และ  $31.15 \pm 0.20$  cm. ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติพบความแตกต่างของระดับความสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ระหว่างชุดการทดลองที่ควบคุมให้สูงกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอกตู้ทดลองระหว่างการวิจัย (HT) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดทดลองที่ควบคุมให้ใกล้เคียงกับระดับอุณหภูมิภายนอกตู้ทดลองระหว่างทำวิจัยและชุดทดลองที่ควบคุมให้ต่ำกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอกตู้ทดลองระหว่างการวิจัย (AT และ LT)



ภาพที่ 7 ความสูงเฉลี่ย(cm.) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ V3 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน

\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P \leq 0.05$

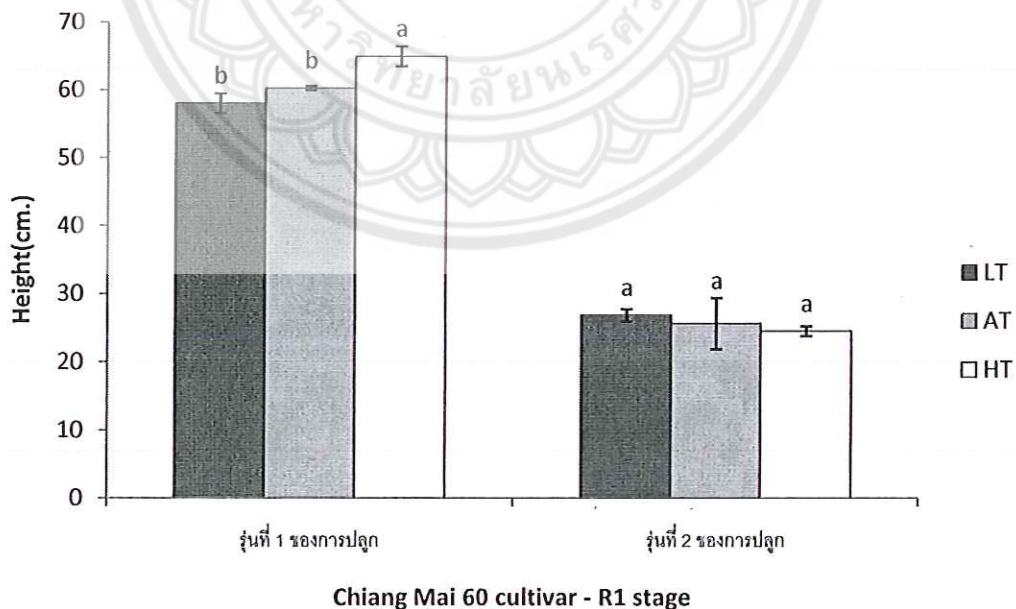


ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของเพิ่มขึ้นพบว่าระหว่างชุดการทดลอง AT กับ HT พบว่ามีเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นเท่ากับ 11.41% ตามลำดับ

ในการปลูกรุ่นที่ 2 ความสูงโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $20.33 \pm 0.35$   $19.6 \pm 1.00$  และ  $19.87 \pm 1.00$  cm. ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของระดับความสูงอย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

### 1.2 ความสูง(Height) จากการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R1

ผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R1 ซึ่งเป็นระยะเริ่มออกดอก(beginning bloom) มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 8 และมีรายละเอียดดังนี้ในการปลูกรุ่นที่ 1 ความสูงโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $58.03 \pm 1.43$   $60.25 \pm 0.32$  และ  $64.95 \pm 1.46$  cm. ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติพบความแตกต่างของระดับความสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระหว่างชุดการทดลองที่ควบคุมให้สูงกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอกตู้ทดลองระหว่างการวิจัย(HT) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดทดลอง HT-AT พบว่าความสูงเพิ่มขึ้น 7.80 % ในการปลูกรุ่นที่ 2 ความสูงโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $26.83 \pm 0.91$   $25.6 \pm 3.76$  และ  $24.49 \pm 0.72$  cm. เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของระดับความสูงอย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด



ภาพที่ 8 ความสูงเฉลี่ย(cm.) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R1 ในการปลูก รุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน

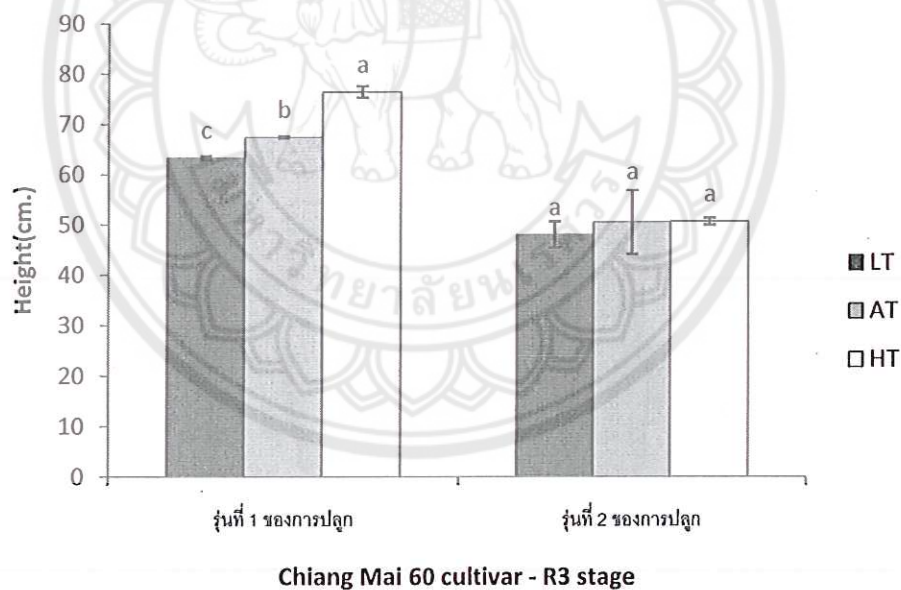
\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P < 0.05$

### 1.3 ความสูง(Height) จากการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R3

ผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R3 ซึ่งเป็นระยะเริ่มติดฝัก (beginning pod) มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 9 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 ความสูงโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $63.32 \pm 0.38$   $67.42 \pm 0.23$  และ  $76.41 \pm 1.14$  cm. ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติพบความแตกต่างของระดับความสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระหว่างชุดการทดลองที่ควบคุมให้สูงกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอกตู้ทดลอง ระหว่างการวิจัย(HT) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดทดลอง ระหว่าง HT-AT พบว่ามีความสูงเพิ่มขึ้นที่ชุดทดลอง HT เท่ากับ 13.33 %

ในการปลูกรุ่นที่ 2 ความสูงโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $48.02 \pm 2.58$   $50.49 \pm 6.33$  และ  $50.64 \pm 0.72$  cm เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของระดับความสูงอย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด



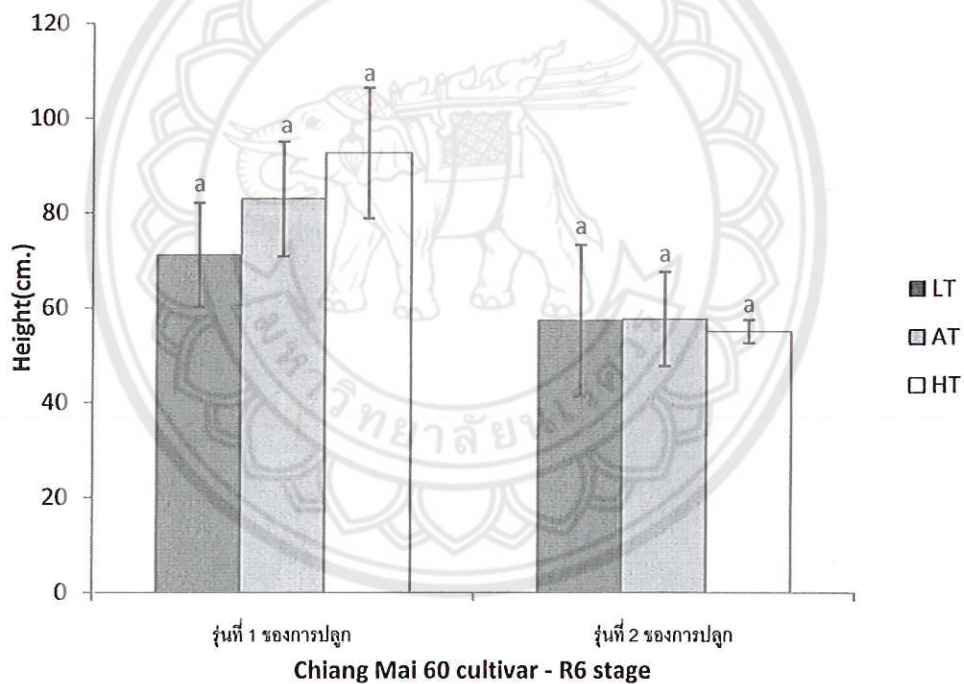
ภาพที่ 9 ความสูงเฉลี่ย(cm.) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R3 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน  
\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P < 0.05$

#### 1.4 ความสูง(Height) จากการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R6

ผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R6 ซึ่งเป็นระยะเมล็ดพัฒนาเต็มที่ (full seed) มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 10 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 ความสูงโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $71.16 \pm 10.95$   $82.95 \pm 12.06$  และ  $92.63 \pm 13.79$  cm. ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของระดับความสูงอย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

ในการปลูกรุ่นที่ 2 ความสูงโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $57.27 \pm 15.98$   $57.63 \pm 9.95$  และ  $55.00 \pm 2.43$  cm. เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของระดับความสูงอย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด



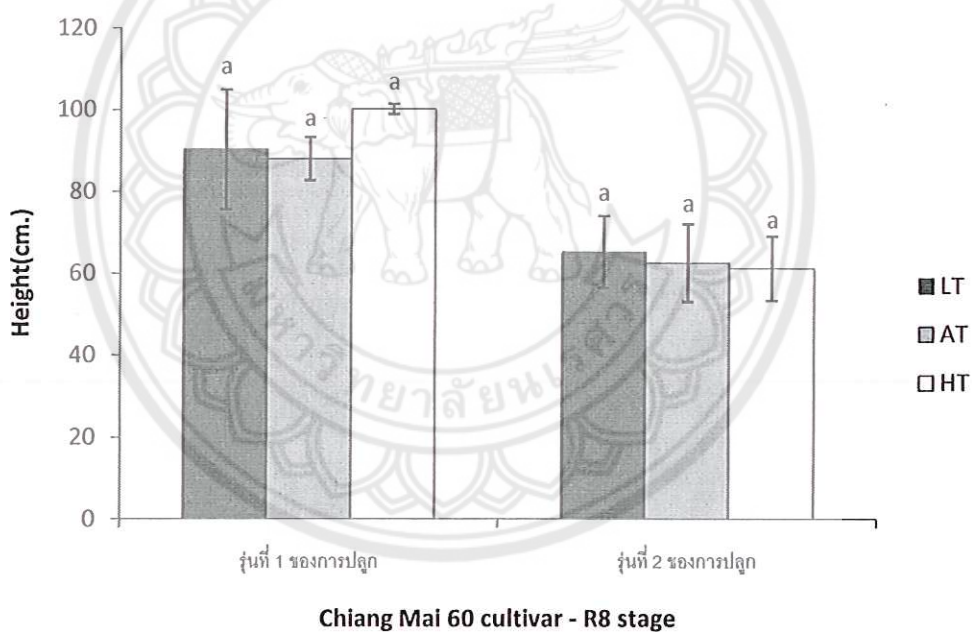
ภาพที่ 10 ความสูงเฉลี่ย(cm.) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R6 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน  
\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P < 0.05$

### 1.5 ความสูง(Height) จากการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R8

ผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R8 ซึ่งเป็นระยะสุกแก่เต็มที่ (full maturity) มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 11 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 ความสูงโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $90.24 \pm 14.65$   $87.96 \pm 5.26$  และ  $100.10 \pm 1.23$  cm. ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของระดับความสูงอย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

ในการปลูกรุ่นที่ 2 ความสูงโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $65.17 \pm 8.79$   $62.47 \pm 9.50$  และ  $61.10 \pm 7.88$  cm. เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของระดับความสูงอย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด



ภาพที่ 11 ความสูงเฉลี่ย(cm.) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน  
\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P < 0.05$

จากการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันที่มีต่อความสูงของถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60 ระหว่างการทดลองรุ่นที่ 1 ของการปลูกและ รุ่นที่ 2 ของการปลูก ซึ่งพิจารณาจาก ระยะของการเจริญเติบโตที่ระยะ V3, R1, R3, R6, และ R8 ซึ่งเป็นช่วงอายุที่ 26, 36, 47, 75 และ 89 วัน ตามลำดับ พบว่าความสูงในการทดลองรุ่นที่ 1 ของการปลูกที่ระยะ V3, R1, R3 มีการตอบสนองเชิงบวกในชุดการทดลองที่ควบคุมให้สูงกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอก ตู้ทดลองระหว่างการวิจัย (HT) มีอัตราการเพิ่มขึ้นของความสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดทดลองที่ควบคุมให้ใกล้เคียงกับระดับอุณหภูมิ ภายนอกตู้ทดลองระหว่างทำวิจัยและชุดทดลองที่ควบคุมให้ต่ำกว่าระดับอุณหภูมิ ธรรมชาติภายนอกตู้ทดลองระหว่างการวิจัย (AT และ LT) อย่างไรก็ตามไม่พบการ ตอบสนองเช่นนี้ในผลผลิตรุ่นที่ 2 แต่อย่างใด

## 2. ผลกระทบของอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันที่มีต่อดัชนีพื้นที่ใบ (Leave Area Index) ของถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60

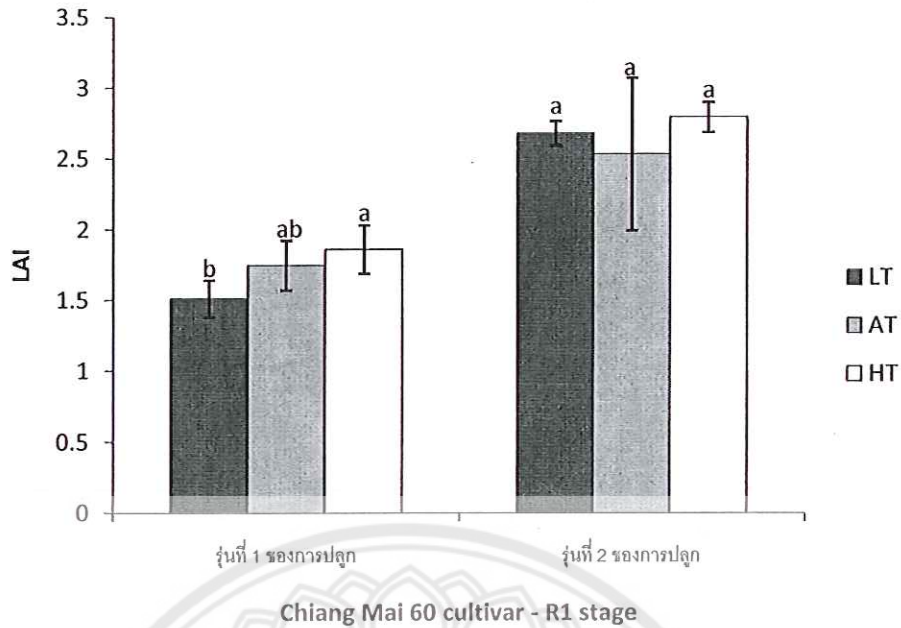
โดยศึกษาในระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 ระดับในช่วงฤดูกาลปลูกโดยพิจารณาจากดัชนี พื้นที่ใบ (Leave Area Index) ของถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60 ที่ระยะ R1, R3, R6, และ R8 ซึ่งเป็น ช่วงอายุที่ 36, 47, 75 และ 89 วัน ตามลำดับ

### 2.1 ดัชนีพื้นที่ใบ (Leave Area Index) จากการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และ รุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R1

ผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ใน ระยะ R1 ซึ่งเป็นระยะเริ่มออกดอก (beginning bloom) มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดง ในภาพที่ 12 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 ดัชนีพื้นที่ใบ (Leave Area Index) โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $1.51 \pm 0.13$ ,  $1.74 \pm 0.17$  และ  $1.86 \pm 0.17$  ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติพบความแตกต่างของดัชนีพื้นที่ใบ (Leave Area Index) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระหว่างชุดการทดลองที่ควบคุมให้สูงกว่าระดับ อุณหภูมิธรรมชาติภายนอกตู้ทดลองระหว่างการวิจัย (HT) เมื่อเปรียบเทียบกับชุด ทดลองที่ควบคุมให้ต่ำกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอกตู้ทดลองระหว่างการ วิจัย (LT) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบพบว่าที่ HT มีเปอร์เซ็นต์ของเพิ่มขึ้นเท่ากับ 23.17

ในการปลูกรุ่นที่ 2 ดัชนีพื้นที่ใบ (Leave Area Index) โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $2.67 \pm 0.08$ ,  $2.53 \pm 0.53$  และ  $2.79 \pm 0.10$  เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบ ความแตกต่างของดัชนีพื้นที่ใบ (Leave Area Index) อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด



ภาพที่ 12 ดัชนีพื้นที่ใบ(Leave Area Index)เฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R1 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน

\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P \leq 0.05$

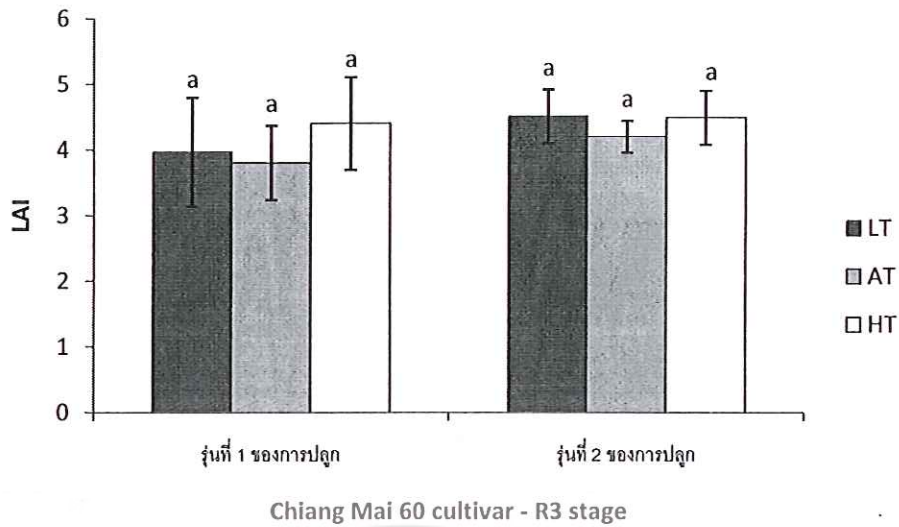
2.2 ดัชนีพื้นที่ใบ(Leave Area Index) จากการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และ รุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R3

ผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R3 ซึ่งเป็นระยะเริ่มติดฝัก (beginning pod) มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 13 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 ดัชนีพื้นที่ใบ(leave Area Index) โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $3.96 \pm 0.82$   $3.80 \pm 0.56$  และ  $4.40 \pm 0.70$  ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของดัชนีพื้นที่ใบ(leave Area Index)อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

ในการปลูกรุ่นที่ 2 ดัชนีพื้นที่ใบ(leave Area Index) โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $4.51 \pm 0.40$   $4.20 \pm 0.24$  และ  $4.49 \pm 0.40$  เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของดัชนีพื้นที่ใบ(leave Area Index)อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด





ภาพที่ 13 ดัชนีพื้นที่ใบ(Leave Area Index)เฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R3 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน

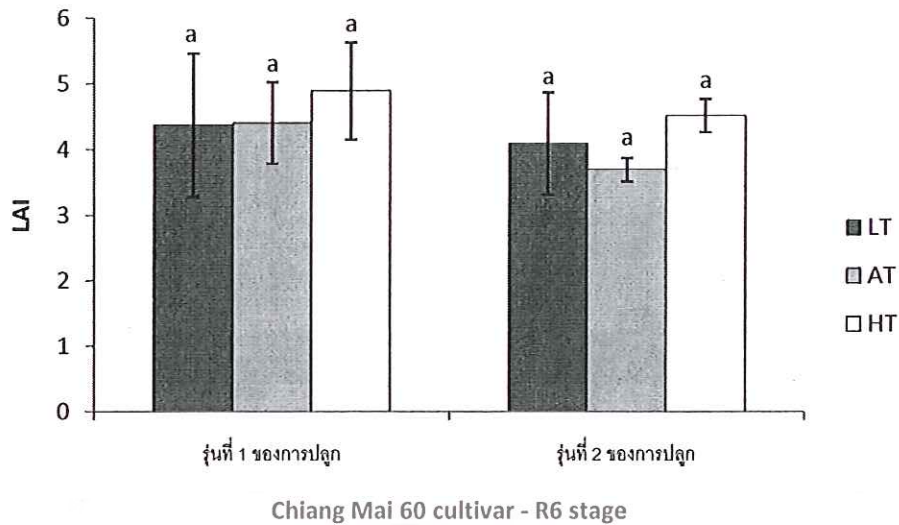
\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P < 0.05$

### 2.3 ดัชนีพื้นที่ใบ(Leave Area Index) จากการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และ รุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R6

ผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R6 ซึ่งเป็นระยะเมล็ดพัฒนาเต็มที่ (full seed) มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 14 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 ดัชนีพื้นที่ใบ(leave Area Index) โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $4.37 \pm 1.08$   $4.40 \pm 0.61$  และ  $4.88 \pm 0.73$  ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของดัชนีพื้นที่ใบ(leave Area Index)อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

ในการปลูกรุ่นที่ 2 ดัชนีพื้นที่ใบ(leave Area Index) โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $4.08 \pm 0.77$   $3.69 \pm 0.17$  และ  $4.51 \pm 0.24$  เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของดัชนีพื้นที่ใบ(leave Area Index)อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด



ภาพที่ 14 ดัชนีพื้นที่ใบ(Leave Area Index)เฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R6 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน

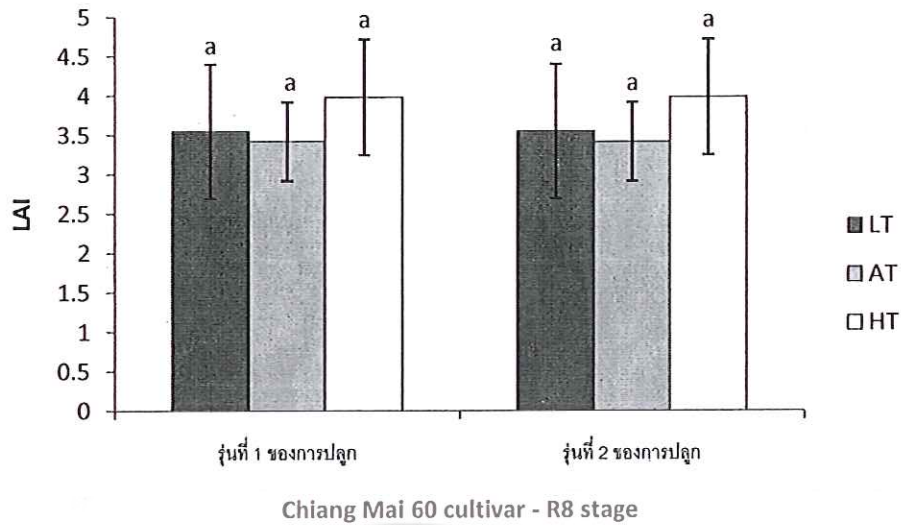
\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P < 0.05$

2.4 ดัชนีพื้นที่ใบ(Leave Area Index) จากการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และ รุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R8

ผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R8 ซึ่งเป็นระยะสุกแก่เต็มที่ (full maturity) มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 15 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 ดัชนีพื้นที่ใบ(leave Area Index) โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $3.54 \pm 0.85$   $3.42 \pm 0.52$  และ  $3.98 \pm 0.73$  ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของดัชนีพื้นที่ใบ(leave Area Index)อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

ในการปลูกรุ่นที่ 2 ดัชนีพื้นที่ใบ(leave Area Index) โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $3.54 \pm 0.85$   $3.41 \pm 0.52$  และ  $3.98 \pm 0.73$  เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของดัชนีพื้นที่ใบ(leave Area Index)อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด



ภาพที่ 15 ดัชนีพื้นที่ใบ (Leave Area Index) เฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่อ อุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน

\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P \leq 0.05$

จากการศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยพิจารณาจาก ดัชนีพื้นที่ใบ (Leave Area Index) ที่มีผลกระทบต่อระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 ระดับในช่วง ฤดูกาลปลูกในการทดลองรุ่นที่ 1 ของการปลูกและ รุ่นที่ 2 ของการปลูก พบว่าระยะ R1 รุ่นที่ 1 ของการปลูกในชุดการทดลองที่ควบคุมให้สูงกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอกตู้ ทดลองระหว่างการวิจัย (HT) มีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เมื่อ เปรียบเทียบกับชุดทดลองที่ควบคุมให้ต่ำกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอกตู้ ทดลองระหว่างการวิจัย (LT) ในส่วนรุ่นที่ 2 ของการปลูกนั้นไม่พบความแตกต่างของดัชนี พื้นที่ใบ (Leave Area Index) อย่างมีนัยสำคัญในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตระหว่าง 3 ชุดการ ทดลองแต่อย่างใด

### 7.3 ปัจจัยชีวิตผลกระทบจากอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันที่มีต่อปริมาณรงควัตถุในใบของ ถั่วเหลือง

โดยการศึกษาจากปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และแคโรทีนอยด์ ของถั่วเหลือง พันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่มีการตอบสนองต่อระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 ระดับในช่วงฤดูกาลปลูก ที่ระยะ V3, R1, R3, R6 และ R8 ซึ่งเป็นช่วงอายุที่ 26, 36, 47, 75 และ 89 วัน ตามลำดับ

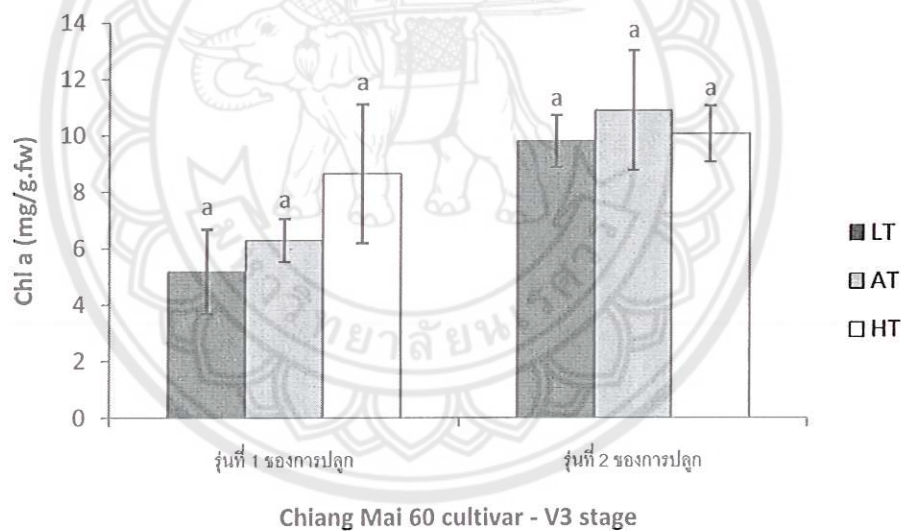
## 1. คลอโรฟิลล์ เอ

### 1.1 คลอโรฟิลล์ เอ จากการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ V3

ผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ V3 ซึ่งเป็นระยะข้อที่ 3 (third node) มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 16 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $5.18 \pm 1.49$   $6.29 \pm 0.75$  และ  $8.65 \pm 2.45$  mg/g.fw ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

ในการปลูกรุ่นที่ 2 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $9.79 \pm 0.92$   $10.89 \pm 2.12$  และ  $10.06 \pm 1.00$  mg/g.fw ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด



ภาพที่ 16 คลอโรฟิลล์ เอ (mg/g.fw) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ V3

ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน

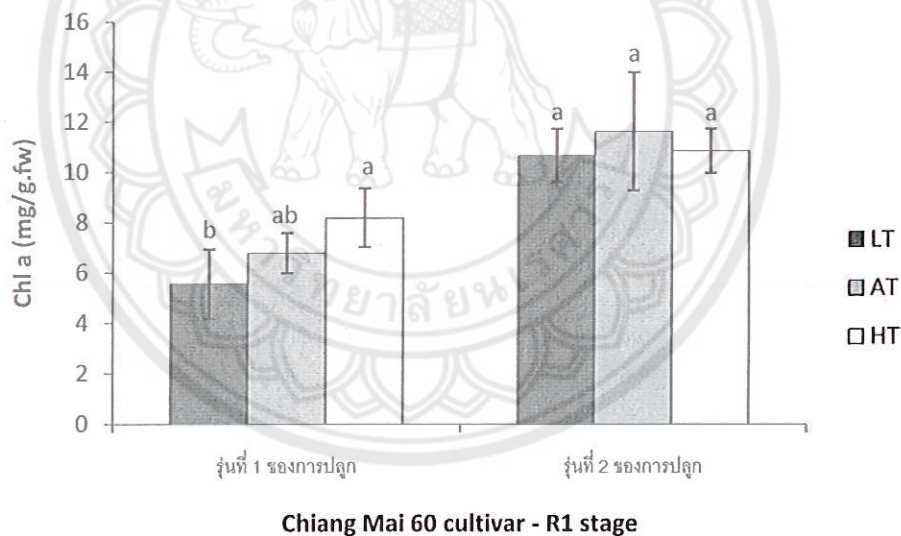
\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P < 0.05$

## 1.2 คลอโรฟิลล์ เอ จากการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R1

ผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R1 ซึ่งเป็นระยะเริ่มออกดอก(beginning bloom) มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 17 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $5.55 \pm 1.37$   $6.78 \pm 0.79$  และ  $8.18 \pm 1.16$  mg/g.fw ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติพบความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระหว่างชุดทดลอง HT และ LT โดยพบระดับคลอโรฟิลล์เอเพิ่มขึ้นในชุดทดลอง HT เท่ากับ 47.39 %

ในการปลูกรุ่นที่ 2 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $10.65 \pm 1.06$   $11.61 \pm 2.35$  และ  $10.84 \pm 0.87$  mg/g.fw เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด



ภาพที่ 17 คลอโรฟิลล์ เอ (mg/g.fw) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R1 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน

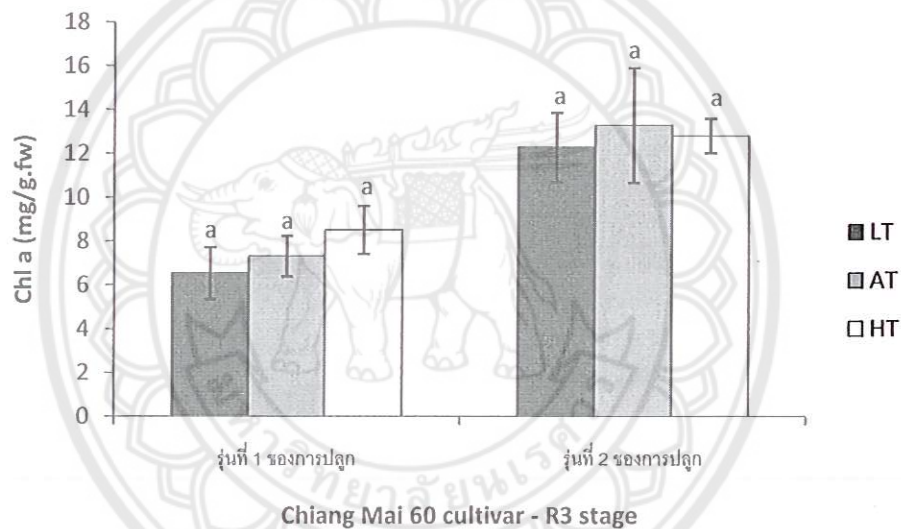
\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P < 0.05$

### 1.3 คลอโรฟิลล์ เอ จากการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R3

ผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R3 ซึ่งเป็นระยะเริ่มติดฝัก (beginning pod) มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 18 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $6.53 \pm 1.18$   $7.31 \pm 0.92$  และ  $8.50 \pm 1.09$  mg/g.fw ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

ในการปลูกรุ่นที่ 2 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $12.27 \pm 1.58$   $13.27 \pm 2.62$  และ  $12.79 \pm 0.78$  mg/g.fw เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด



ภาพที่ 18 คลอโรฟิลล์ เอ (mg/g.fw) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R3 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน

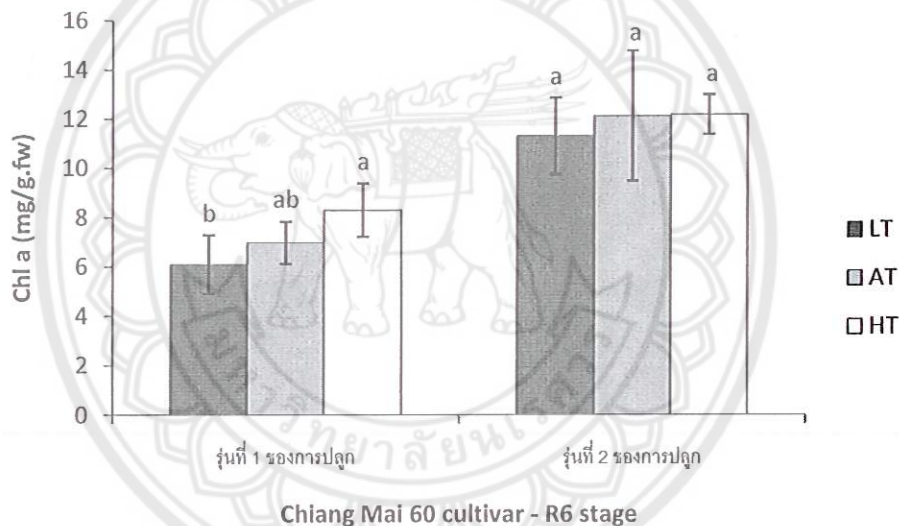
\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P \leq 0.05$

#### 1.4 คลอโรฟิลล์ เอ จากการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R6

ผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R6 ซึ่งเป็นระยะเมล็ดพัฒนาเต็มที่ (full seed) มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 19 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $6.08 \pm 1.19$ ,  $6.96 \pm 0.85$  และ  $8.29 \pm 1.08$  mg/g.fw ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติพบความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยวิเคราะห์ระหว่าง ชุดทดลอง HT และ LT โดยพบระดับคลอโรฟิลล์เอ เพิ่มขึ้นในชุดทดลอง HT เท่ากับ 36.35 %

ในการปลูกรุ่นที่ 2 ความสูงโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $11.30 \pm 1.56$ ,  $12.11 \pm 2.63$  และ  $12.17 \pm 0.80$  mg/g.fw เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด



ภาพที่ 19 คลอโรฟิลล์ เอ (mg/g.fw) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R6 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน

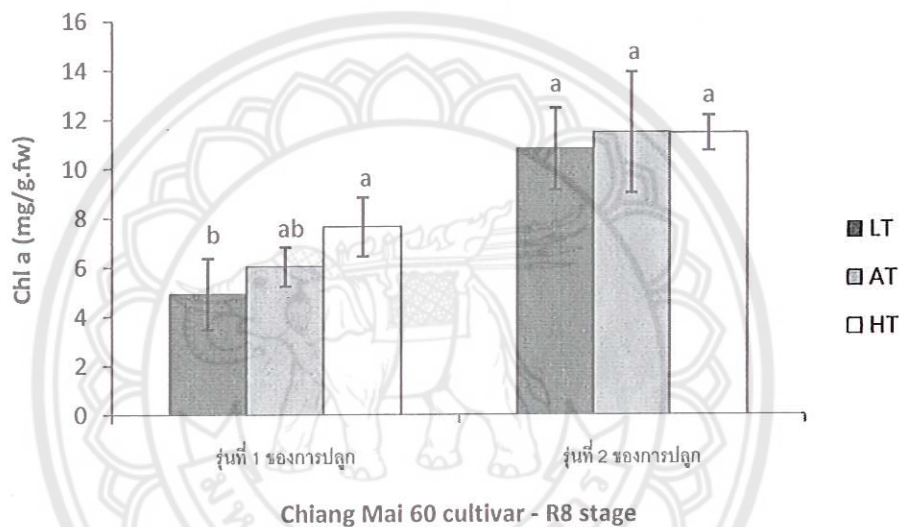
\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P < 0.05$

#### 1.5 คลอโรฟิลล์ เอ จากการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R8

ผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R8 ซึ่งเป็นระยะสุกแก่เต็มที่ (full maturity) มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 20 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $4.92 \pm 1.44$   $6.03 \pm 0.79$  และ  $7.64 \pm 1.19$  mg/g.fw ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติพบความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยวิเคราะห์ระหว่าง ชุดทดลอง HT และ LT โดยพบระดับคลอโรฟิลล์เอ เพิ่มขึ้นในชุดทดลอง HT เท่ากับ 55.28 % ในระยะการเจริญช่วงเก็บเกี่ยว ซึ่งนับว่าเป็นระยะที่ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นสูงสุด

ในการปลูกรุ่นที่ 2 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $10.79 \pm 1.66$   $11.47 \pm 2.45$  และ  $11.44 \pm 0.71$  mg/g.fw เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด



ภาพที่ 20 คลอโรฟิลล์ เอ (mg/g.fw) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน

\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P < 0.05$

## 2. คลอโรฟิลล์ บี

### 2.1 คลอโรฟิลล์ บี จากการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ V3

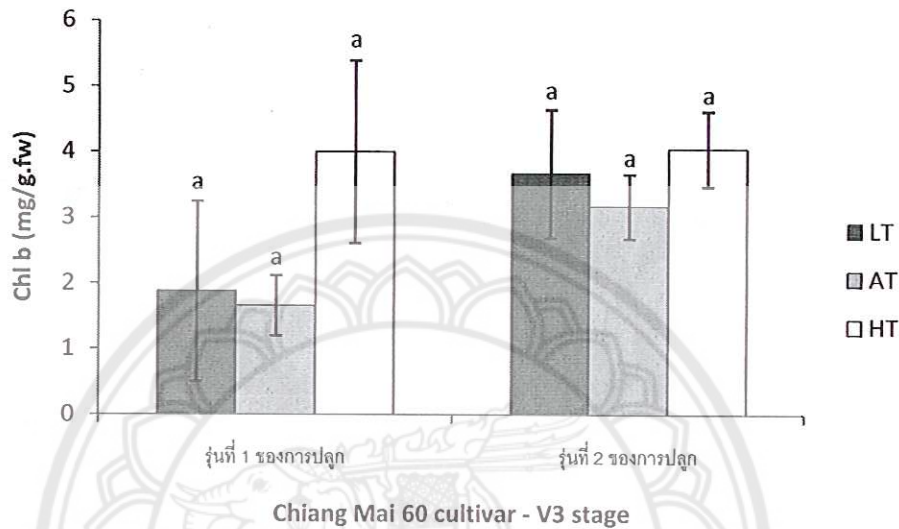
ผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ V3 ซึ่งเป็นระยะข้อที่ 3 (third node) มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 21 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $1.86 \pm 1.37$   $1.65 \pm 0.46$  และ  $4.00 \pm 1.39$  mg/g.fw ในชุดการทดลอง LT AT และ HT



ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ บี อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

ในการปลูกรุ่นที่ 2 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $3.66 \pm 0.97$   $3.17 \pm 0.49$  และ  $4.05 \pm 0.57$  mg/g.fw ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ บี อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด



ภาพที่ 21 คลอโรฟิลล์ บี (mg/g.fw) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ V3 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน

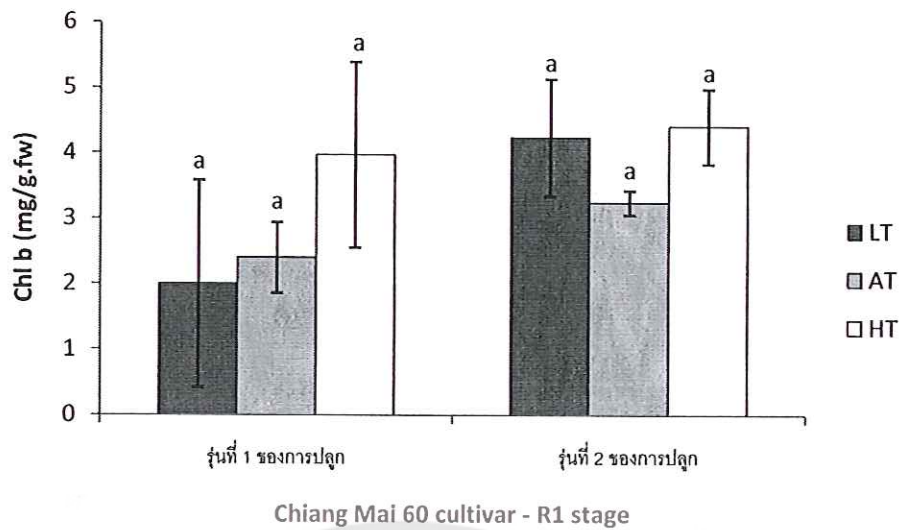
\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P \leq 0.05$

## 2.2 คลอโรฟิลล์ บี จากการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R1

ผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R1 ซึ่งเป็นระยะเริ่มออกดอก(beginning bloom) มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 22 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $2.00 \pm 1.58$   $2.40 \pm 0.53$  และ  $3.97 \pm 1.41$  mg/g.fw ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ บี อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

ในการปลูกรุ่นที่ 2 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $4.23 \pm 0.89$   $3.24 \pm 0.18$  และ  $4.40 \pm 0.57$  mg/g.fw เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ บี อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด



ภาพที่ 22 คลอโรฟิลล์ บี (mg/g.fw) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R1 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน

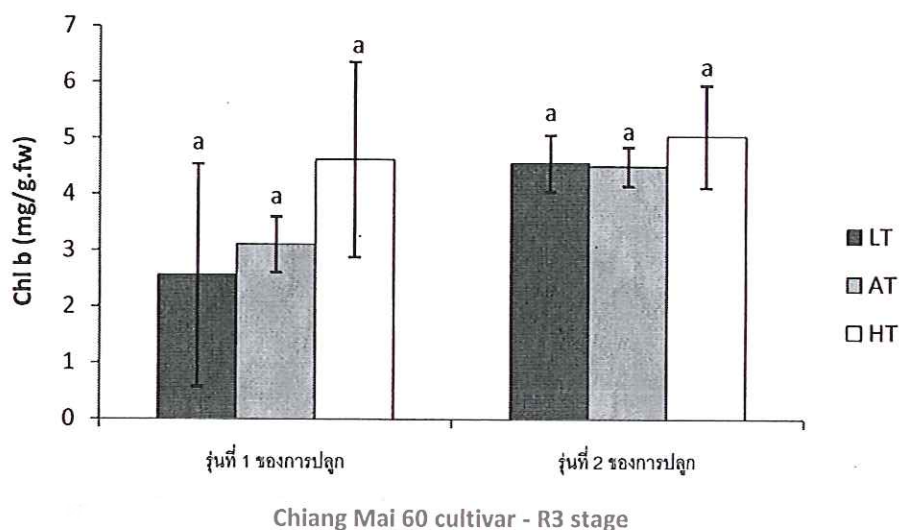
\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P \leq 0.05$

### 2.3 คลอโรฟิลล์ บี จากการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R3

ผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R3 ซึ่งเป็นระยะเริ่มติดฝัก (beginning pod) มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 23 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $2.56 \pm 1.98$   $3.10 \pm 0.49$  และ  $4.62 \pm 1.73$  mg/g.fw ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ บี อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

ในการปลูกรุ่นที่ 2 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $4.55 \pm 0.50$   $4.50 \pm 0.34$  และ  $5.04 \pm 0.91$  mg/g.fw เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ บี อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด



ภาพที่ 23 คลอโรฟิลล์ บี (mg/g.fw) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R3 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน

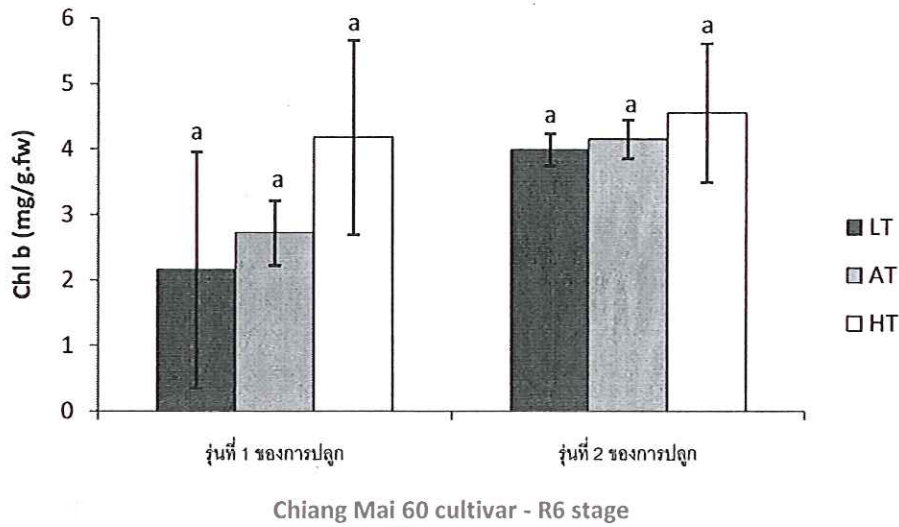
\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P \leq 0.05$

#### 2.4 คลอโรฟิลล์ บี จากการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R6

ผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R6 ซึ่งเป็นระยะเมล็ดพัฒนาเต็มที่ (full seed) มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 24 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $2.15 \pm 1.80$   $2.71 \pm 0.49$  และ  $4.17 \pm 1.48$  mg/g.fw ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ บี อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

ในการปลูกรุ่นที่ 2 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $3.99 \pm 0.24$   $4.15 \pm 0.29$  และ  $4.55 \pm 1.05$  mg/g.fw เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ บี อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด



ภาพที่ 24 คลอโรฟิลล์ บี (mg/g.f.w) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R6 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน

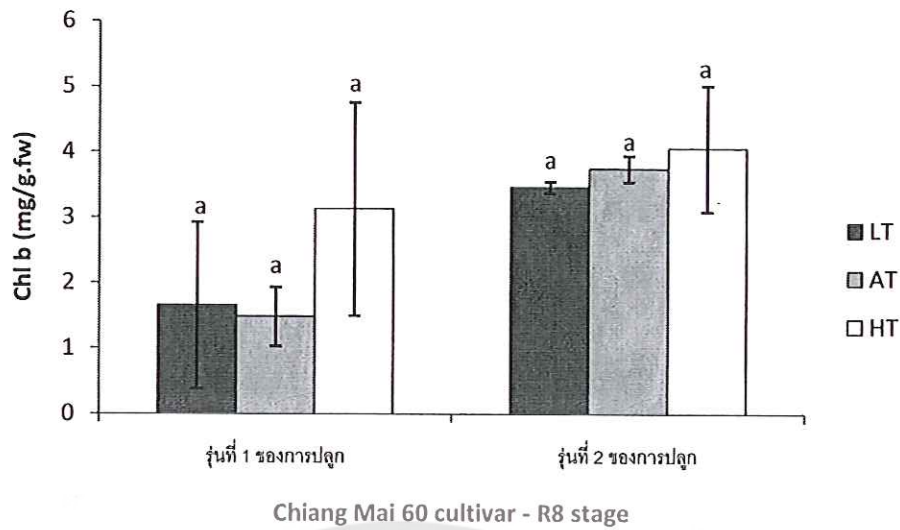
\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P \leq 0.05$

## 2.5 คลอโรฟิลล์ บี จากการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R8

ผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R8 ซึ่งเป็นระยะสุกแก่เต็มที่ (full maturity) มีผลการศึกษาที่แสดงในภาพที่ 25 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $1.65 \pm 1.26$   $1.48 \pm 0.45$  และ  $3.12 \pm 1.62$  mg/g.f.w ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ บี อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

ในการปลูกรุ่นที่ 2 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $3.46 \pm 0.08$   $3.72 \pm 0.20$  และ  $4.05 \pm 0.96$  mg/g.f.w เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ บี อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด



ภาพที่ 25 คลอโรฟิลล์ บี (mg/g.fw) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน

\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P < 0.05$

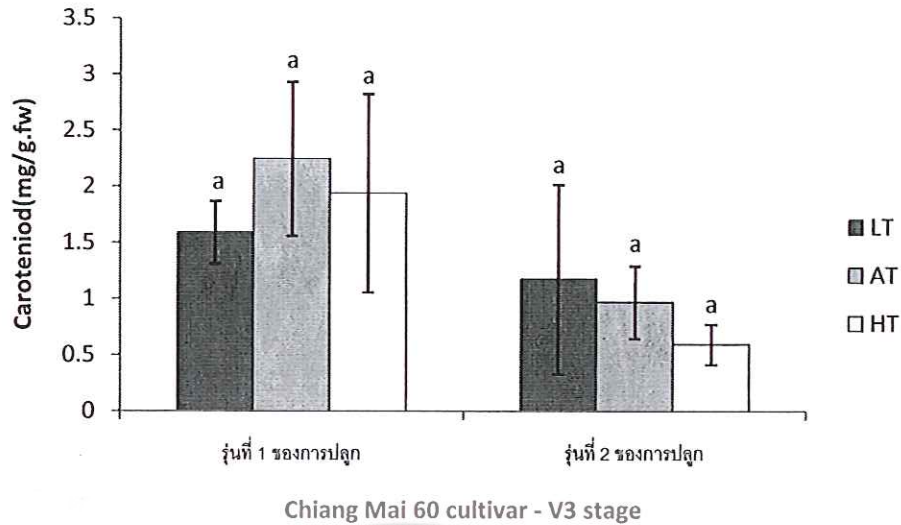
### 3. แคโรทีนอยด์

#### 3.1 แคโรทีนอยด์ จากการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ V3

ผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ V3 ซึ่งเป็นระยะข้อที่ 3 (third node) มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 26 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 ปริมาณแคโรทีนอยด์โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $1.59 \pm 0.27$   $2.24 \pm 0.68$  และ  $1.94 \pm 0.88$  mg/g.fw ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณแคโรทีนอยด์ อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

ในการปลูกรุ่นที่ 2 ปริมาณแคโรทีนอยด์โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $1.17 \pm 0.84$   $0.96 \pm 0.32$  และ  $0.59 \pm 0.17$  mg/g.fw ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณแคโรทีนอยด์ อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด



ภาพที่ 26 แคโรทีนอยด์ (mg/g.fw) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ V3 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน

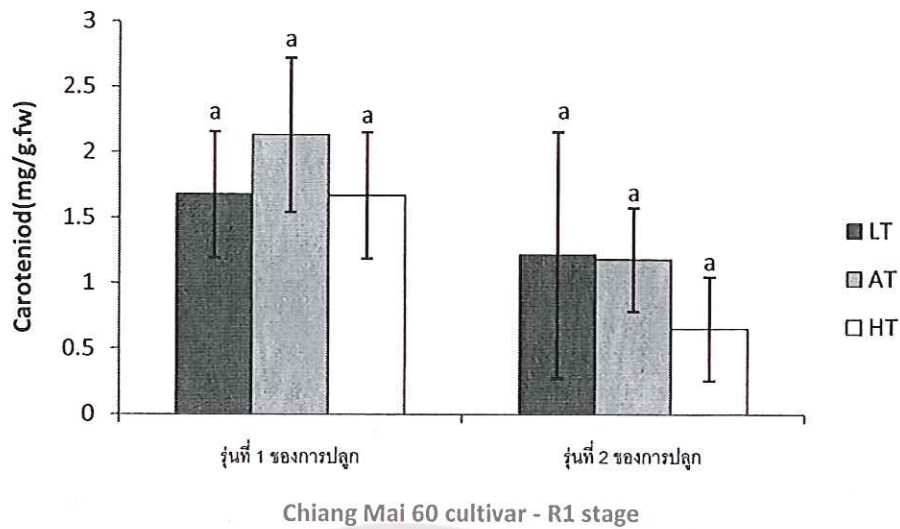
\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P \leq 0.05$

### 3.2 แคโรทีนอยด์ จากการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R1

ผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R1 ซึ่งเป็นระยะเริ่มออกดอก(beginning bloom) มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 27 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 ปริมาณแคโรทีนอยด์โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $1.67 \pm 0.48$   $2.13 \pm 0.58$  และ  $1.67 \pm 0.48$  mg/g.fw ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณแคโรทีนอยด์ อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

ในการปลูกรุ่นที่ 2 ปริมาณแคโรทีนอยด์โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $1.21 \pm 0.93$   $1.18 \pm 0.39$  และ  $0.65 \pm 0.39$  mg/g.fw เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณแคโรทีนอยด์ อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด



ภาพที่ 27 แคโรทีนอยด์ (mg/g.fw) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R1 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน

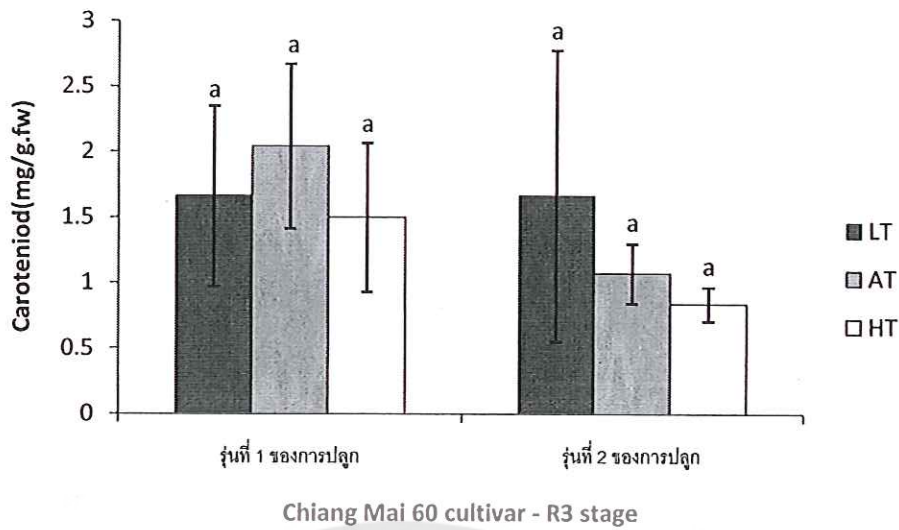
\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P \leq 0.05$

### 3.3 แคโรทีนอยด์ จากการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R3

ผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R3 ซึ่งเป็นระยะเริ่มติดฝัก (beginning pod) มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 28 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 ปริมาณแคโรทีนอยด์โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $1.66 \pm 0.69$   $2.04 \pm 0.62$  และ  $1.49 \pm 0.56$  mg/g.fw ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณแคโรทีนอยด์ อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

ในการปลูกรุ่นที่ 2 ปริมาณแคโรทีนอยด์โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $1.66 \pm 1.11$   $1.07 \pm 0.22$  และ  $0.83 \pm 0.12$  mg/g.fw เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณแคโรทีนอยด์ อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด



ภาพที่ 28 แคโรทีนอยด์ (mg/g.fw) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R3 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน

\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P \leq 0.05$

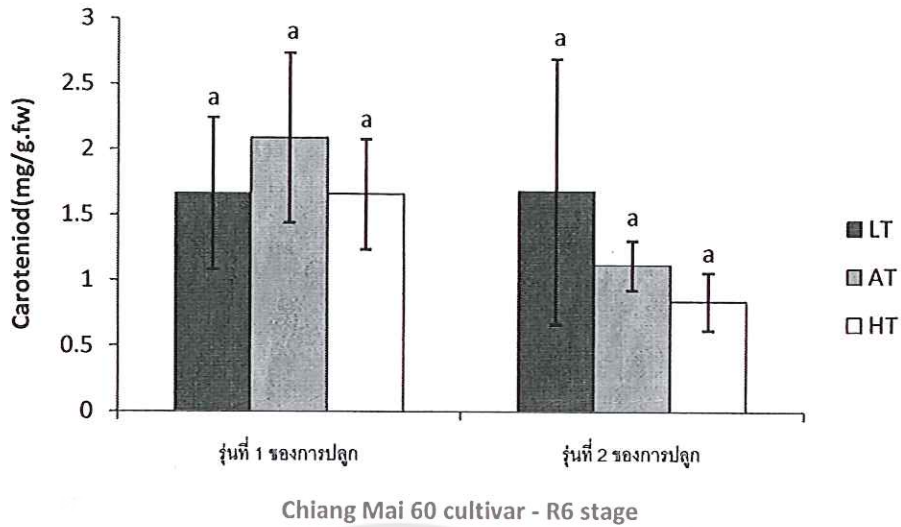
#### 3.4 แคโรทีนอยด์ จากการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R6

ผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R6 ซึ่งเป็นระยะเมล็ดพัฒนาเต็มที่ (full seed) มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 29 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 ปริมาณแคโรทีนอยด์โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $1.66 \pm 0.58$   $2.08 \pm 0.64$  และ  $1.65 \pm 0.42$  mg/g.fw ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณแคโรทีนอยด์ อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

ในการปลูกรุ่นที่ 2 ปริมาณแคโรทีนอยด์โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $1.67 \pm 1.01$   $1.11 \pm 0.18$  และ  $0.84 \pm 0.21$  mg/g.fw เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณแคโรทีนอยด์ อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด





ภาพที่ 29 แคโรทีนอยด์ (mg/g.fw) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R6 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน

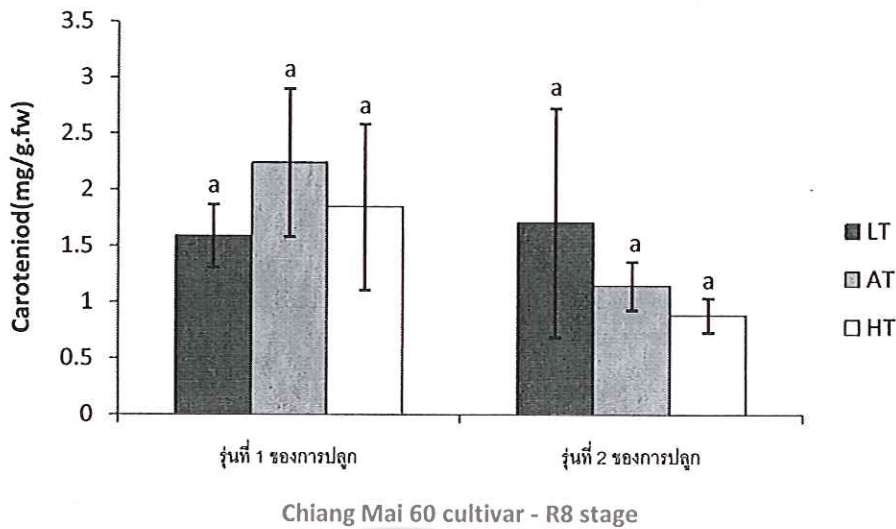
\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P < 0.05$

### 3.5 แคโรทีนอยด์ จากการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R8

ผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 1 (1<sup>st</sup> Generation) และรุ่นที่ 2 (2<sup>nd</sup> Generation) ในระยะ R8 ซึ่งเป็นระยะสุกแก่เต็มที่ (full maturity) มีผลการศึกษาที่แสดงในภาพที่ 30 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 ปริมาณแคโรทีนอยด์โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $1.58 \pm 0.28$   $2.24 \pm 0.65$  และ  $1.84 \pm 0.73$  mg/g.fw ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณแคโรทีนอยด์ อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

ในการปลูกรุ่นที่ 2 ปริมาณแคโรทีนอยด์โดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $1.70 \pm 1.01$   $1.14 \pm 0.21$  และ  $0.88 \pm 0.15$  mg/g.fw เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณแคโรทีนอยด์ อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด



ภาพที่ 30 แคโรทีนอยด์ (mg/g.fw) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน

\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P \leq 0.05$

จากการศึกษาวัดผลกระทบบจากอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันที่มีต่อปริมาณรงควัตถุในใบของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในการทดลองรุ่นที่ 1 ของการปลูก พบการเพิ่มระดับของรงควัตถุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) เฉพาะในคลอโรฟิลล์เอเท่านั้น โดยไม่พบในรงควัตถุชนิดคลอโรฟิลล์ บี และแคโรทีนอยด์แต่อย่างใด ซึ่งพบว่ามีค่าแตกต่างดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดการทดลอง LT และ HT เท่านั้น และพบที่ระยะ R, R6 และ R8

ส่วนผลการศึกษาในรุ่นที่ 2 ของการปลูกนั้นไม่พบความแตกต่างของปริมาณรงควัตถุทั้ง 3 ชนิดในใบของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 อย่างมีนัยสำคัญในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตระหว่าง 3 ชุดการทดลองแต่อย่างใด

#### 7.4 ปัจจัยชี้วัดผลกระทบบจากอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันที่มีต่อองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลือง

ในการศึกษาที่ระยะเก็บเกี่ยวได้กำหนดขอบเขตในการศึกษาด้านผลผลิตของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ไว้ 3 ปัจจัย คือ จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และ น้ำหนัก 100 เมล็ด ในระยะ R8 (full maturity) โดยเก็บเกี่ยวในวันที่ 89 ของการปลูก ซึ่งเป็นระยะที่ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ได้รับอุณหภูมิที่แตกต่างกันในช่วงฤดูการปลูก ผลการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

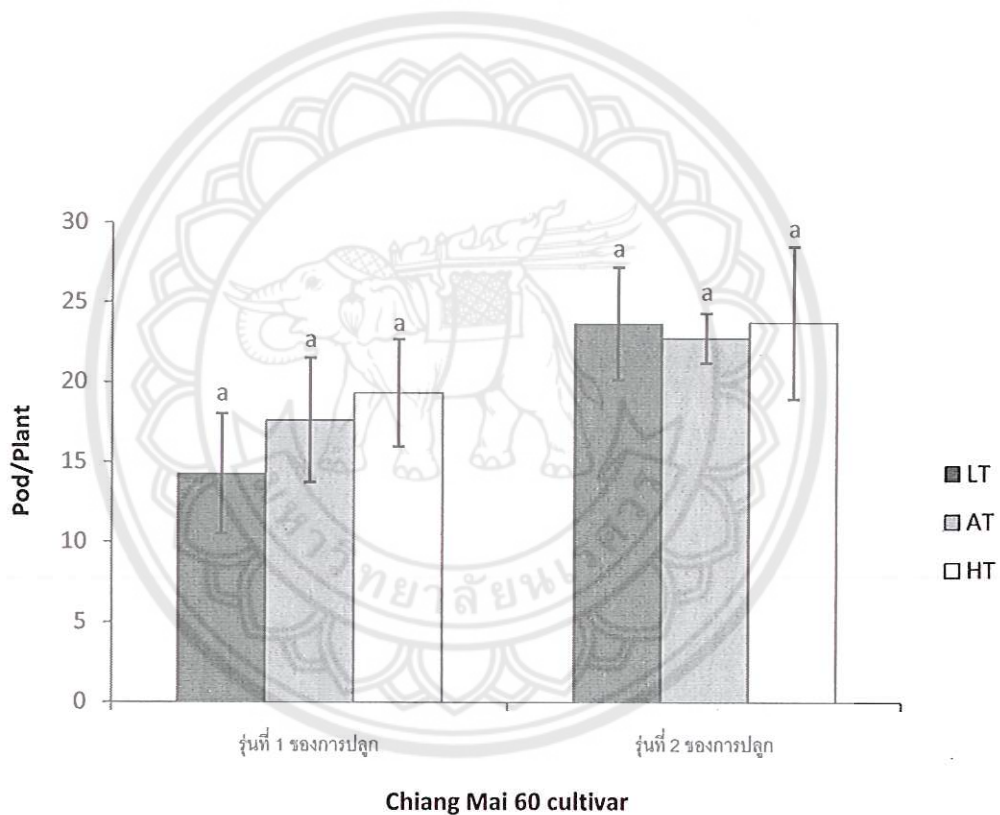
##### 1. จำนวนฝักต่อต้น (Pod/Plant)

จากการศึกษาปัจจัยด้านองค์ประกอบผลผลิต โดยพิจารณาจากจำนวนฝักต่อต้น (Pod/Plant) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 (full maturity) ที่มีการตอบสนองต่อ

อุณหภูมิที่แตกต่างกันในช่วงฤดูการปลูก มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 31 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 จำนวนฝักต่อต้นโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $14.27 \pm 3.75$   $17.63 \pm 3.88$  และ  $19.33 \pm 3.35$  ฝัก/ต้น ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของจำนวนฝักต่อต้น อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

พิจารณาผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 2 ได้ผลการศึกษาสอดคล้องกับการปลูกรุ่นที่ 1 คือ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของจำนวนฝักต่อต้น อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด โดยพบว่า จำนวนฝักต่อต้นโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $23.67 \pm 3.53$   $22.77 \pm 1.55$  และ  $23.73 \pm 4.78$  ฝัก ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ



ภาพที่ 31 จำนวนฝักต่อต้น ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8  
ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับ  
ที่ต่างกัน

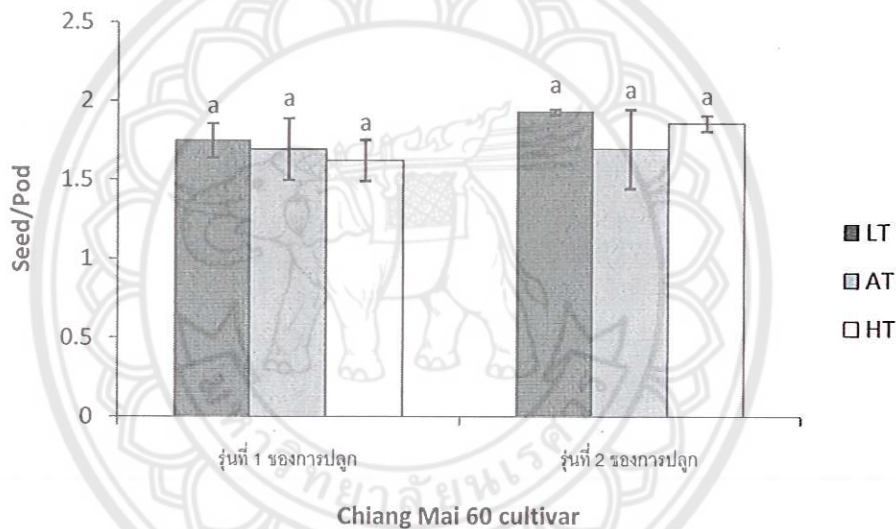
\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P \leq 0.05$

## 2. จำนวนเมล็ดต่อฝัก (Seed/Pod)

จากการศึกษาปัจจัยด้านองค์ประกอบผลผลิต โดยพิจารณาจากจำนวนเมล็ดต่อฝัก (Seed/Pod) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 (full maturity) ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกันในช่วงฤดูการปลูก มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 32 และมีรายละเอียดดังนี้

ผลการศึกษาจากการปลูกครั้งที่ 1 จำนวนเมล็ดต่อฝักโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $1.74 \pm 0.10$   $1.69 \pm 0.19$  และ  $1.62 \pm 0.13$  เมล็ด ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของจำนวนเมล็ดต่อฝัก อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

ในการปลูกครั้งที่ 2 จำนวนเมล็ดต่อฝักโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $1.93 \pm 0.01$   $1.69 \pm 0.25$  และ  $1.85 \pm 0.04$  เมล็ด เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของจำนวนเมล็ดต่อฝัก อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด



ภาพที่ 32 จำนวนเมล็ดต่อฝัก ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 ในการปลูกครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน

\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P < 0.05$

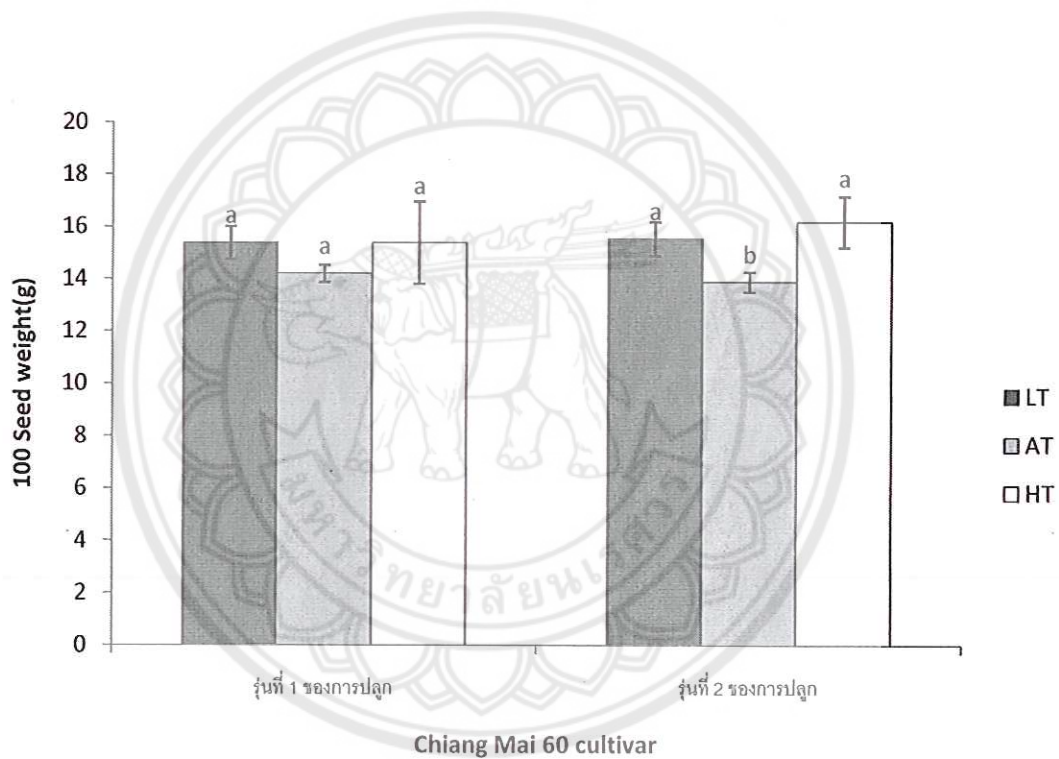
## 3. น้ำหนัก 100 เมล็ด

จากการศึกษาปัจจัยด้านองค์ประกอบผลผลิต โดยพิจารณาจากน้ำหนัก 100 เมล็ดของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 (full maturity) ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกันในช่วงฤดูการปลูก มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 33 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกครั้งที่ 1 น้ำหนัก 100 เมล็ดโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $15.38 \pm 0.62$   $14.20 \pm 0.33$  และ  $15.39 \pm 1.57$  กรัม ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ

เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของน้ำหนัก 100 เมล็ด อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

ในการปลูกรุ่นที่ 2 น้ำหนัก 100 เมล็ดโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $15.54 \pm 0.64$   $13.89 \pm 0.38$  และ  $16.49 \pm 0.97$  กรัม เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติพบความแตกต่างของน้ำหนัก 100 เมล็ด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ระหว่างชุดทดลองที่ควบคุมให้ใกล้เคียงกับระดับอุณหภูมิภายนอกตู้ทดลองระหว่างทำวิจัย(AT) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ควบคุมให้สูงกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอกตู้ทดลองระหว่างการวิจัย(HT) พบว่าน้ำหนัก 100 เมล็ดเพิ่มขึ้น 18.72 ในชุดทดลอง HT



ภาพที่ 33 น้ำหนัก 100 เมล็ด ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8  
ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับ  
ที่ต่างกัน

\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P \leq 0.05$

จากการศึกษาผลกระทบจากอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันที่มีต่อผลผลิตของเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 พบว่าจำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก ทั้งรุ่นที่ 1 ของการปลูก และ รุ่นที่ 2 ของการปลูก นั้นไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่อย่างใดระหว่าง 3 ชุดการทดลอง แต่ในปัจจุบันน้ำหนัก 100 เมล็ด ในรุ่นที่ 2 ของการปลูกพบว่ามีตอบสนองในเชิงลบอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติ( $P \leq 0.05$ ) ที่ชุดทดลองที่ควบคุมให้ใกล้เคียงกับระดับอุณหภูมิภายนอกชุดทดลองระหว่างทำวิจัย(AT)

#### 7.5 ปัจจัยชี้วัดผลกระทบจากอุณหภูมิในระดับที่ต่างกันที่มีต่อคุณภาพสารอาหารของผลผลิตในเมล็ดถั่วเหลือง

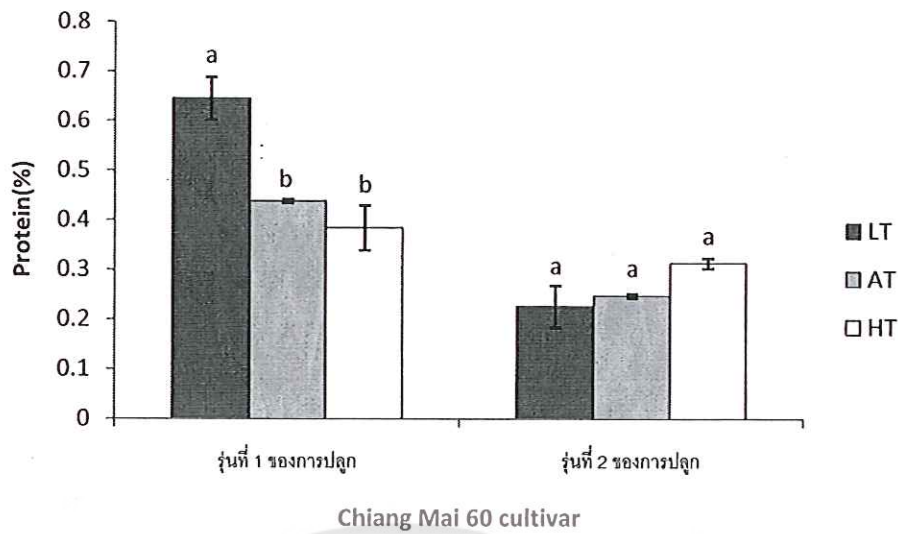
จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เพื่อวิเคราะห์คุณภาพสารอาหารนั้น โดยพิจารณาปัจจัยด้านปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า ปริมาณเยื่อใย และความชื้น ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกันในช่วงฤดูกาลปลูก มีผลการศึกษา และมีรายละเอียดดังนี้

##### 1. ปริมาณโปรตีน

จากการศึกษาปัจจัยด้านองค์ประกอบทางเคมี โดยพิจารณาจากปริมาณของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 (full maturity) ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกันในช่วงฤดูกาลปลูก มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 34 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 ปริมาณโปรตีนโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $0.64 \pm 0.04$   $0.43 \pm 0.004$  และ  $0.38 \pm 0.04$  เปอร์เซ็นต์ ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติพบความแตกต่างของปริมาณโปรตีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ( $P \leq 0.05$ ) พบว่ามีความแตกต่างกันระหว่างชุดทดลอง LT และ HT โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนในถั่วเหลืองในชุดการทดลอง HT ลดลงมากถึงระดับ 68.42 %

ในการปลูกรุ่นที่ 2 ปริมาณโปรตีนโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $0.22 \pm 0.04$   $0.24 \pm 0.005$  และ  $0.31 \pm 0.01$  เปอร์เซ็นต์ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณโปรตีน อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด



ภาพที่ 34 ปริมาณโปรตีน(%) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน

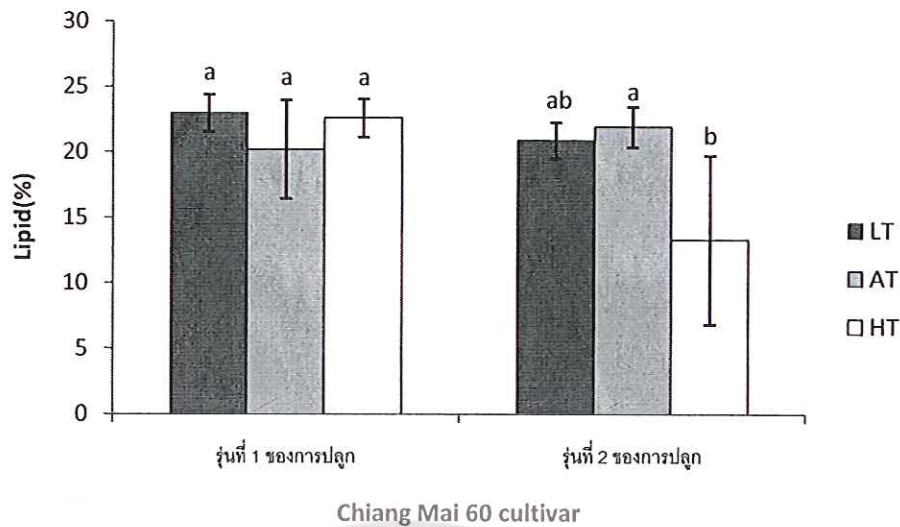
\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P \leq 0.05$

## 2. ปริมาณไขมัน

จากการศึกษาปัจจัยด้านองค์ประกอบทางเคมี โดยพิจารณาจากปริมาณของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 (full maturity) ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกันในช่วงฤดูการปลูก มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 35 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 ปริมาณไขมันโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $22.97 \pm 1.42$   $20.21 \pm 3.76$  และ  $22.6 \pm 1.45$  เปอร์เซ็นต์ ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณไขมัน อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

ในการปลูกรุ่นที่ 2 ปริมาณไขมันโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $20.89 \pm 1.37$   $21.91 \pm 1.54$  และ  $13.29 \pm 6.44$  เปอร์เซ็นต์ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติพบความแตกต่างของปริมาณไขมันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ระหว่างชุดการทดลองที่ควบคุมให้สูงกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอกตู้ทดลองระหว่างการวิจัย (HT) กับชุดทดลองที่ควบคุมให้ใกล้เคียงกับระดับอุณหภูมิภายนอกตู้ทดลองระหว่างทำวิจัย (AT) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของการทดลองเท่ากับ 64.86



ภาพที่ 35 ปริมาณไขมัน(%) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน

\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P < 0.05$

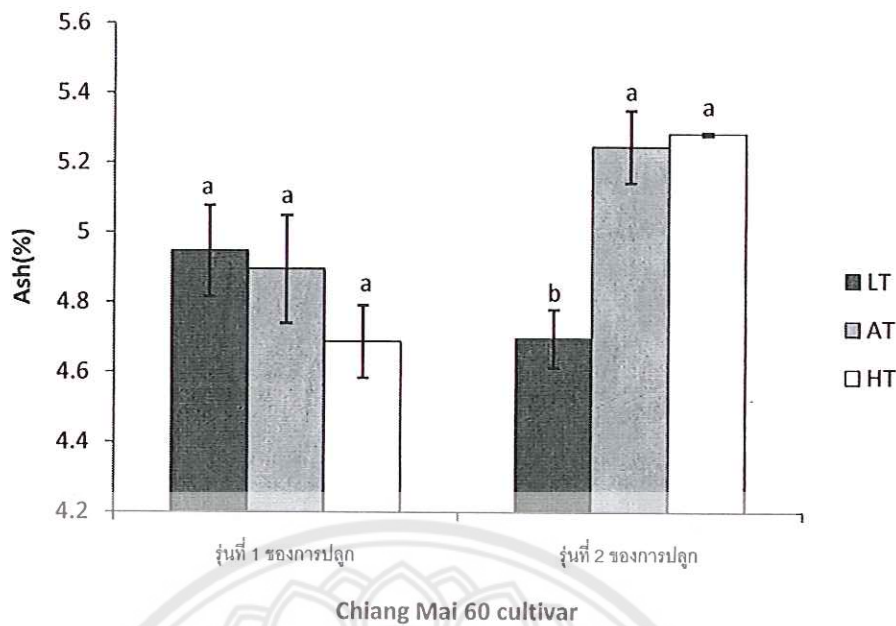
### 3. ปริมาณเถ้า

จากการศึกษาปัจจัยด้านองค์ประกอบทางเคมี โดยพิจารณาจากปริมาณของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 (full maturity) ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกันในช่วงฤดูกาลปลูก มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 36 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 ปริมาณเถ้าโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $4.94 \pm 0.13$   $4.89 \pm 0.15$  และ  $4.68 \pm 0.10$  เปอร์เซ็นต์ ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณเถ้า อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

ในการปลูกรุ่นที่ 2 ปริมาณเถ้าโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $4.69 \pm 0.08$   $5.24 \pm 0.10$  และ  $5.28 \pm 0.005$  เปอร์เซ็นต์ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติพบความแตกต่างของปริมาณเถ้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดทดลอง LT และ HT พบการเพิ่มขึ้นของเถ้าที่ชุดทดลอง HT เท่ากับ 23.67 %





ภาพที่ 36 ปริมาณเถ้า(%) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน

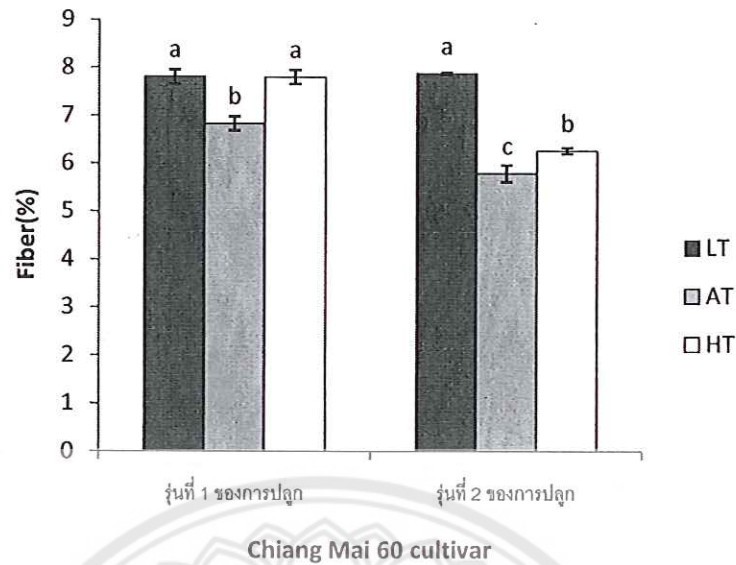
\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P \leq 0.05$

#### 4. ปริมาณเยื่อใย

จากการศึกษาปัจจัยด้านองค์ประกอบทางเคมี โดยพิจารณาจากปริมาณของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 (full maturity) ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกันในช่วงฤดูการปลูก ผลการศึกษาในปริมาณเยื่อใยพบว่ามีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในชุดการทดลอง HT ทั้งในผลผลิตรุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2 ซึ่งแสดงในภาพที่ 37 และมีรายละเอียดดังนี้

ผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 1 ปริมาณเยื่อใยโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $7.80 \pm 0.14$   $6.82 \pm 0.14$  และ  $7.79 \pm 0.10$  เปอร์เซ็นต์ ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติพบความแตกต่างของปริมาณเยื่อใยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ระหว่างชุดทดลอง AT และ HT พบว่ามีระดับเยื่อใยเพิ่มขึ้นที่ชุดทดลอง HT เท่ากับ 14.22%

ผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 2 ปริมาณเยื่อใยโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $7.87 \pm 0.01$   $5.78 \pm 0.17$  และ  $6.26 \pm 0.06$  เปอร์เซ็นต์ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติพบความแตกต่างของปริมาณเยื่อใยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ระหว่างชุดทดลอง AT และ HT เช่นเดียวกับผลการทดลองในชุดที่ 1 พบว่า พบว่ามีระดับเยื่อใยเพิ่มขึ้นที่ชุดทดลอง HT เท่ากับ 8.3 %



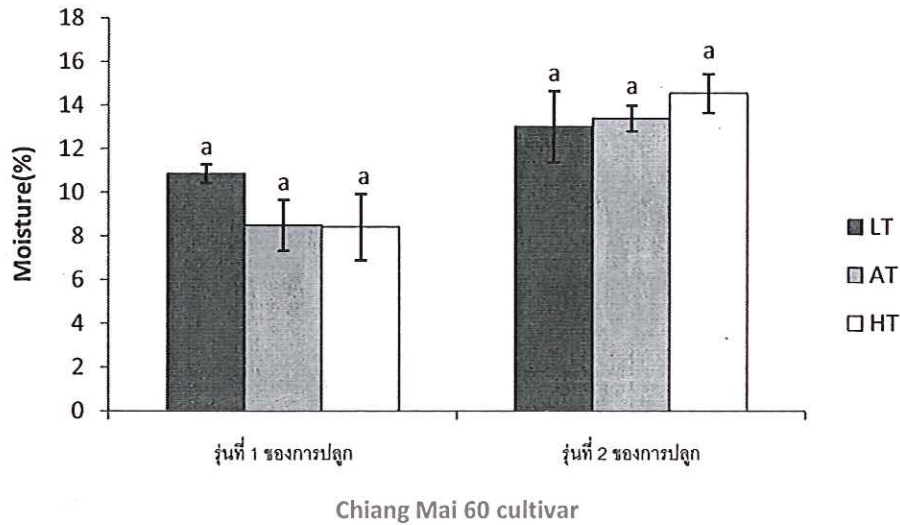
ภาพที่ 37 ปริมาณเยื่อใย(%) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 ในการปลูก  
รุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน  
\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P \leq 0.05$

##### 5. ความชื้น

จากการศึกษาปัจจัยด้านองค์ประกอบทางเคมี โดยพิจารณาจากปริมาณของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 (full maturity) ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกันในช่วงฤดูการปลูก มีผลการศึกษาดังภาพที่แสดงในภาพที่ 38 และมีรายละเอียดดังนี้

ในการปลูกรุ่นที่ 1 ปริมาณความชื้นโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $10.86 \pm 0.43$   $8.50 \pm 1.16$  และ  $8.41 \pm 1.51$  เปอร์เซ็นต์ ในชุดการทดลอง LT AT และ HT ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณความชื้น อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

ในการปลูกรุ่นที่ 2 ปริมาณความชื้นโดยเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เท่ากับ  $13.02 \pm 1.63$   $13.40 \pm 0.58$  และ  $14.55 \pm 0.89$  เปอร์เซ็นต์ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณความชื้น อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด



ภาพที่ 38 ปริมาณความชื้น(%) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8 ในการปลูกรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 ที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในระดับที่ต่างกัน  
\*ตัวอักษร a-c :ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P \leq 0.05$

## 7.6 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางพันธุกรรม

ในการศึกษาครั้งนี้ส่วนหนึ่งต้องการทราบผลการเปลี่ยนแปลงทางด้านพันธุกรรม เมื่อนำถั่วเหลืองที่ได้รับการสัมผัสไอโซนไปเป็นพันธุ์ปลูกต่อเพื่อให้ได้รุ่นที่ 2 ว่าจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านพันธุกรรมอย่างไร ดังนั้น ในการศึกษาเลือกใช้วิธีเอเอฟแอลพี (amplified fragment length polymorphism, AFLP) ซึ่งเป็นวิธีการที่พัฒนาขึ้นโดย Zeban และ Vos (1993) การตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอโดยวิธีการนี้เป็นการรวมเอาเทคนิคอาร์เอฟแอลพีและอาร์เอฟพีดี เข้าด้วยกัน ซึ่งมีการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอที่ได้จากการตัดด้วยเอนไซม์โดยใช้เทคนิคพีซีอาร์ โดยการตัด 20 ดีเอ็นเอด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ 2 ชนิด คือ เอนไซม์ที่มีตำแหน่งจดจำ 6 คู่เบส (EcoRI) ร่วมกับเอนไซม์ที่มีตำแหน่งจดจำ 4 คู่เบส (MseI) แล้วเชื่อมต่อ adapter เข้าที่ปลายของชิ้นดีเอ็นเอต่อจากตำแหน่งตัดจำเพาะของเอนไซม์ adapter เป็นดีเอ็นเอสายคู่สั้น ๆ ที่มีปลายเหนียว โดยปลายหนึ่งมีลำดับเบสที่สามารถเชื่อมกับดีเอ็นเอที่ถูกตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ การต่อ adapter เข้าที่ปลายทั้งสองข้างของชิ้นดีเอ็นเอเพื่อเป็นตำแหน่งที่จับของไพรเมอร์ในการทำพีซีอาร์ เพื่อเพิ่มปริมาณชิ้นดีเอ็นเอไพรเมอร์ที่จำเพาะกับ adapter นั้น ๆ คุณสมบัติที่สำคัญคือ สามารถตรวจสอบความแตกต่างได้สูง อีกทั้งเป็นได้ทั้ง codominant และ dominant marker

การทำพีซีอาร์มี 2 ขั้นตอนได้แก่ขั้นตอน preselective amplification โดยไพรเมอร์ที่ใช้ด้านปลาย 5' มีลำดับเบสตรงกับส่วนของ adapter รวมกับส่วนของเบสที่ตำแหน่งตัด

จำเพาะของเอนไซม์ มีการเพิ่มเบสเพื่อคัดเลือกเข้าที่ปลาย 3' 1 เบส เพื่อทำให้เกิดการเพิ่มปริมาณชิ้นดีเอ็นเอบางส่วนที่มีลำดับเบสที่ปลายทั้งสองข้างมีเบสคู่สมกับไพรเมอร์ เป็นการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอต้นแบบให้มากขึ้น และช่วยให้เกิดการคัดเลือกเพิ่มปริมาณชิ้นดีเอ็นเอที่ต้องการ การทำพีซีอาร์ขั้นตอนที่สองเรียกว่า selective amplification ไพรเมอร์ที่ใช้เป็นไพรเมอร์ที่เพิ่มเบส (selective nucleotide) 2-3 เบสที่ด้านปลาย 3' เพื่อคัดเลือกชิ้นดีเอ็นเอบางส่วนเท่านั้น การทำพีซีอาร์ครั้งที่สองได้ปรับอุณหภูมิในช่วง annealing ที่มีอุณหภูมิสูงในรอบแรก แล้วลดอุณหภูมิลงในรอบต่อ ๆ ไปเพื่อเลือกเพิ่มปริมาณเฉพาะดีเอ็นเอที่มีลำดับเบสคู่สมกับไพรเมอร์ ถ้าต้องการเพิ่มเบสเพื่อคัดเลือกตั้งแต่ 3 เบสขึ้นไปต้องใช้วิธีการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ 2 ครั้ง โดยครั้งแรกใช้ไพรเมอร์ที่เพิ่มเบสเพื่อคัดเลือกตั้งแต่ 1-2 เบส และครั้งที่สองจึงใช้ไพรเมอร์ที่เพิ่มเบสคัดเลือกต่อจากไพรเมอร์ที่ใช้เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในครั้งแรกอีก 1-2 เบส รวมเบสที่เพิ่มเพื่อการคัดเลือก 3-4 เบส ตามที่ต้องการขั้นตอนสุดท้ายนำดีเอ็นเอที่เพิ่มปริมาณได้มาแยกขนาด โดยการใช้วิธีการอิเล็กโตรโฟรีซิสบน denaturing polyacrylamide gel และตรวจสอบดีเอ็นเอจากการติดฉลากไพรเมอร์ด้วยสารกัมมันตรังสี แล้วนำมาทำออโตเรดิโอกราฟ หรือติดฉลากไพรเมอร์ด้วยสารเรืองแสง (fluorescent dye) แล้วติดตามโดยเครื่องลำดับเบสแบบอัตโนมัติ (automate sequencer) หรือไฮบริโดเซชันโดยใช้ไพรเมอร์ที่ติดฉลากด้วยสารปลดรังสีและทำ chemiluminescence หรือติดตามแถบดีเอ็นเอด้วยการย้อมเจลด้วยซิลเวอร์ไนเตรท แถบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นเป็นแถบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นจากการทำพีซีอาร์โดยใช้ไพรเมอร์คู่หนึ่ง ๆ สามารถใช้แยกความแตกต่างของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด หรือแต่ละตัวอย่างได้ โดยพิจารณาจากขนาด และจำนวนชิ้นดีเอ็นเอที่แตกต่างกัน จำนวนชิ้นดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นมีจำนวนมากขึ้นกับ ขนาดของจีโนม ความถี่ในการตัดของเอนไซม์ตัดจำเพาะ และจำนวนเบสที่เพิ่มขึ้นที่ปลาย 3' ของไพรเมอร์

จะสังเกตเห็นได้ชัดเจนว่าแนวโน้มของระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันคือสูงกว่าระดับปกติในธรรมชาติ และต่ำกว่าระดับปกติในธรรมชาติ ที่ใช้ในการทดลองนั้นส่งผลให้เกิดความแตกต่างกันในระดับโมเลกุลของถั่วทั้ง 2 รุ่น โดยพิจารณาความสัมพันธ์ทางด้านพันธุกรรมจากภาพ Phylogenetic tree (ภาพที่ 38-39) และ ค่า Similarity Index (ตารางที่ 1-2) ดังรายละเอียด

ผลการศึกษาในการปลูกรุ่นที่ 1 จากการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในระหว่างการเพาะปลูก ต่อการเปลี่ยนแปลงในระดับโมเลกุลของถั่วเหลืองด้วยเทคนิคการทำ AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) โดยแบ่งสภาวะอุณหภูมิในช่วงการเพาะปลูกเป็นสามกลุ่มคือ

AT: สภาวะอุณหภูมิปกติ

LT: สภาวะอุณหภูมิต่ำ

HT: สภาวะอุณหภูมิสูง

จะสังเกตเห็นได้ชัดเจนว่าแนวโน้มของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปในการทดลองนั้นส่งผลให้เกิดความแตกต่างกันในระดับโมเลกุลของถั่วเหลืองที่ใช้ในการทดลองโดยพิจารณาความสัมพันธ์ทางด้านพันธุกรรมจากภาพ Phylogenetic tree (ภาพ 39) และ ค่า Similarity Index (ตารางที่ 1)

จะเห็นได้ว่าทุกตัวอย่างมีการกระจายตัวกันค่อนข้างเด่นชัดโดยสามารถแบ่งได้เป็น 4 กลุ่มหลักๆ ได้ดังนี้

ซึ่งค่อนข้างเห็นชัดเจนว่า กลุ่มการทดลอง AT ถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มที่มีเอกลักษณ์แตกต่างจากกลุ่ม LT และ HT

ลักษณะทางพันธุกรรมจากผลการปลูกรุ่นที่ 1

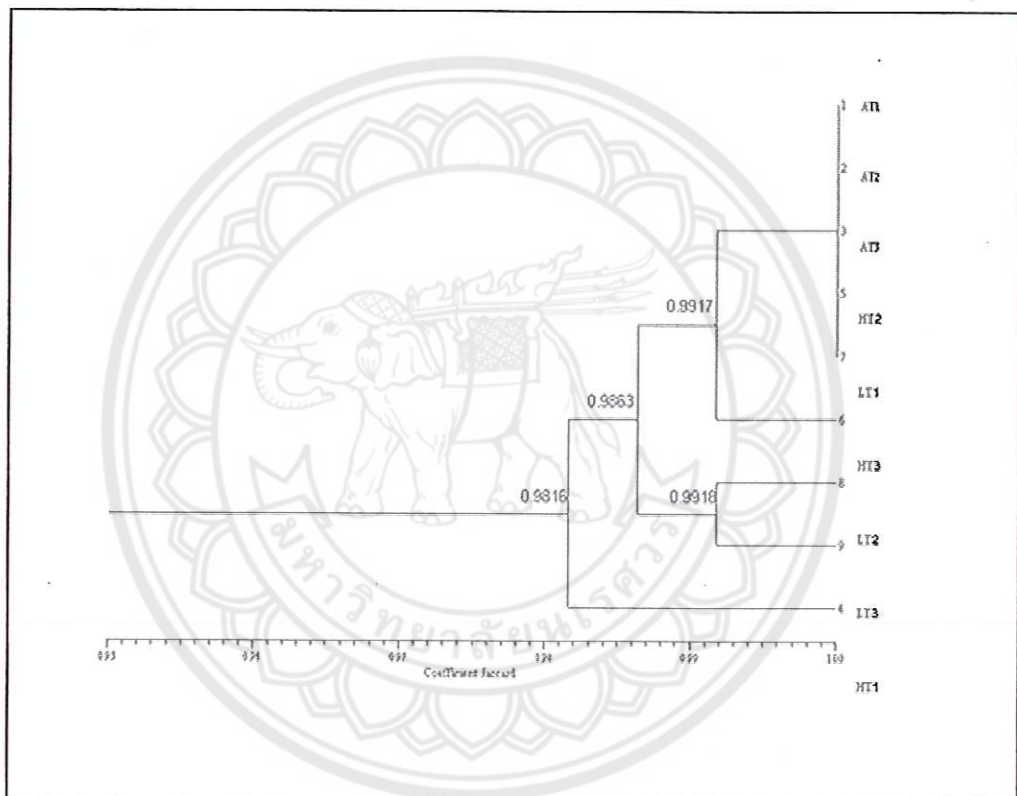
แบ่งผลการแยกได้เป็น 4 กลุ่มดังนี้

กลุ่มที่ 1 AT1, AT2, AT3, HT2, LT1

กลุ่มที่ 2 HT3

กลุ่มที่ 3 LT2, LT3

กลุ่มที่ 4 HT1



ภาพที่ 39 Phylogenetic Tree ของถั่วเหลือง รุ่นที่ 1

ตารางที่ 1 ค่า similarity ของถั่วเหลือง รุ่นที่ 1

Sample	AT1	AT2	AT3	HT1	HT2	HT3	LT1	LT2	LT3
AT1	1.0000								
AT2	1.0000	1.0000							
AT3	1.0000	1.0000	1.0000						
HT1	0.9836	0.9836	0.9836	1.0000					
HT2	1.0000	1.0000	1.0000	0.9836	1.0000				
HT3	0.9917	0.9917	0.9917	0.9756	0.9917	1.0000			
LT1	1.0000	1.0000	1.0000	0.9836	1.0000	0.9917	1.0000		
LT2	0.9836	0.9836	0.9836	0.9837	0.9836	0.9756	0.9836	1.0000	
LT3	0.9917	0.9917	0.9917	0.9756	0.9917	0.9836	0.9917	0.9918	1.0000

ผลการศึกษาจากการปลูกในรุ่นที่ 2 จากการใช้เทคนิค AFLP ในการศึกษาความแตกต่างที่ระดับพันธุกรรมของถั่วเหลืองต่อระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันพบว่าผลของอุณหภูมิสามารถแบ่งแยกได้เป็นสามกลุ่มหลักอย่างชัดเจนคือกลุ่มที่ใช้อุณหภูมิต่ำ อุณหภูมิปกติ และอุณหภูมิสูงแต่พบว่ามีการกระจายตัวบ้างของกลุ่มที่ใช้อุณหภูมิสูง ซึ่งในภาพที่ 40 และตารางที่ 2 แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่ากลุ่มที่ถูกแยกออกมาด้วยลักษณะทางพันธุกรรมที่ชัดเจนมากคือ กลุ่มการทดลอง LT

ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจาก ระยะเวลาหรือตำแหน่งของการเพาะปลูก การสัมผัสกับความชื้นตามธรรมชาติ หรือร่มเงาจากสภาวะแวดล้อม และอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจากสภาวะการทดลองเอง การเลือกช่วงอายุของใบ หรือระยะเวลาที่เก็บใบอ่อนไว้นานเกินไปเพื่อรอการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ หรืออาจจะเป็นผลในการเลือกชนิดของไพรเมอร์ที่ใช้ แต่ในการทดลองนี้เป็นแนวทางที่สามารถบอกได้ในเบื้องต้นถึงผลของอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นจากระดับปกติทำให้เกิดความแตกต่างในระดับพันธุกรรมและมีแนวโน้มต่อเมล็ดพันธุ์ที่ปลูกในรอบต่อไป เมื่อนำเมล็ดพันธุ์จากรุ่นแรกมาปลูกในรุ่นที่สองแล้วศึกษาผลจะเห็นได้ว่าเมล็ดพันธุ์ที่มาจากตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิสูงยังคงพบการกระจายตัวอย่างชัดเจน แต่สำหรับที่ระดับอุณหภูมิปกติและอุณหภูมิต่ำพบมีการเปลี่ยนแปลงบ้างแต่ ยังคงอยู่ในกลุ่มเดิม

### ลักษณะทางพันธุกรรมจากผลการปลูกรุ่นที่ 2

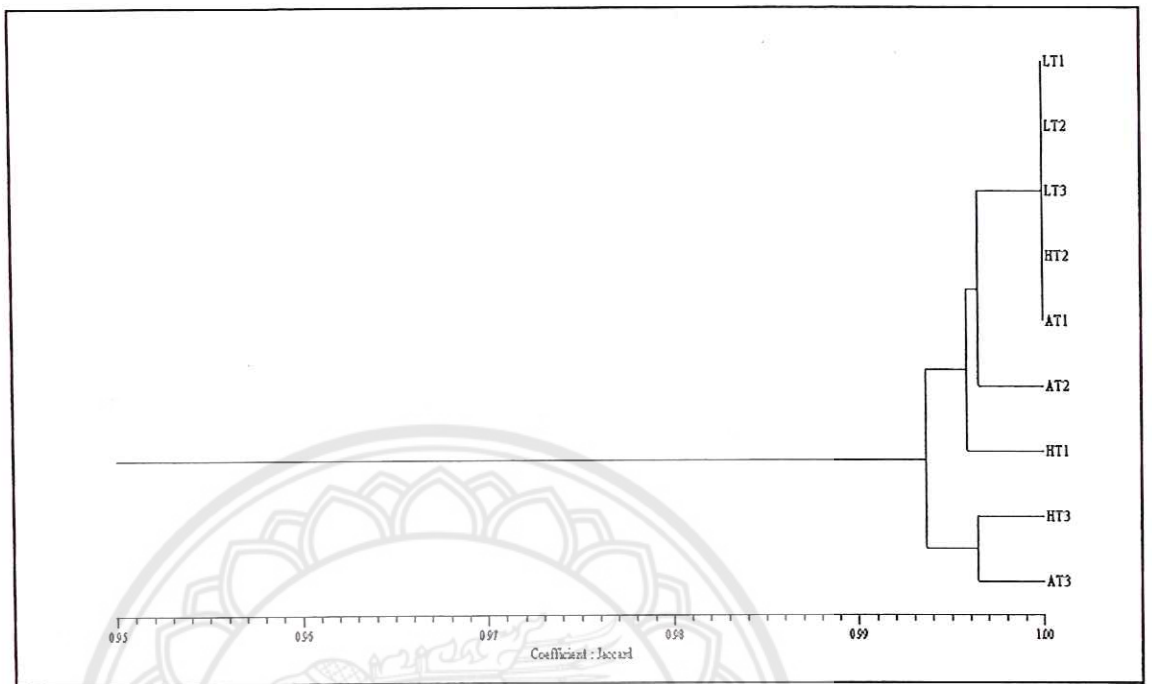
แบ่งผลการแยกได้เป็น 4 กลุ่มดังนี้

กลุ่มที่ 1 LT1, LT2, LT3, HT2, AT1

กลุ่มที่ 2 AT2

กลุ่มที่ 3 HT1

กลุ่มที่ 4 AT3, HT3



ภาพที่ 40 Phylogenetic Tree ของถั่วเหลือง รุ่นที่ 2

ตารางที่ 2 ค่า similarity ของถั่วเหลือง รุ่นที่ 2

sample	LT1	LT2	LT3	HT1	HT2	HT3	AT1	AT2	AT3
LT1	1.0000								
LT2	1.0000	1.0000							
LT3	1.0000	1.0000	1.0000						
HT1	0.9964	0.9964	0.9964	1.0000					
HT2	1.0000	1.0000	1.0000	0.9964	1.0000				
HT3	0.9964	0.9964	0.9964	0.9929	0.9964	1.0000			
AT1	1.0000	1.0000	1.0000	0.9964	1.0000	0.9964	1.0000		
AT2	0.9964	0.9964	0.9964	0.9929	0.9964	0.9929	0.9964	1.0000	
AT3	0.9929	0.9929	0.9929	0.9893	0.9929	0.9964	0.9929	0.9893	1.0000

## 8. สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาผลกระทบระยะยาวของการปลูก 2 รุ่น ของถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) พันธุ์เชียงใหม่ 60 ภายใต้สภาวะระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ซึ่งเป็นการกำหนด 3 ชุดการทดลอง (3 ซ้ำ) ในแต่ละชุดทดลอง 5 ซ้ำต่อวัน ตั้งแต่ 10.00-15.00 น. โดยทำการปลูกรุ่นที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2552 – มีนาคม 2552 และปลูกรุ่นที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2554-มีนาคม 2554 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิในช่วงฤดูเพาะปลูกที่แตกต่างกันที่มีต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต องค์ประกอบทางเคมีในเมล็ดบางชนิด ลักษณะทางพันธุกรรม ในเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลการศึกษาในปัจจัยลักษณะการเจริญเติบโต ด้าน ความสูง และดัชนีพื้นที่ใบของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60

ผลการศึกษาพบว่าผลผลิตถั่วเหลืองรุ่นที่ 1 มีการตอบสนองเชิงบวกในชุดการทดลองที่ควบคุมให้สูงกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอกชุดทดลองระหว่างการวิจัย (ชุดทดลอง HT เมื่อเปรียบเทียบกับระหว่าง HT-AT) ในระยะ V3, R1, R3 ในส่วนรุ่นที่ 2 ของการปลูกนั้นไม่พบความแตกต่างของระดับความสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตระหว่าง 3 ชุดการทดลองแต่อย่างใด

เมื่อพิจารณาดัชนีพื้นที่ใบพบว่าระยะ R1 รุ่นที่ 1 ของการปลูกในชุดการทดลองที่ควบคุมให้สูงกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอกชุดทดลองระหว่างการวิจัย (HT) มีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) (เมื่อเปรียบเทียบกับระหว่าง LT-HT) ในส่วนรุ่นที่ 2 ของการปลูกนั้นไม่พบความแตกต่างของดัชนีพื้นที่ใบ (Leave Area Index) อย่างมีนัยสำคัญในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตระหว่าง 3 ชุดการทดลองแต่อย่างใด ดังนั้นจึงพบว่าปัจจัยระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลต่อมวลชีวภาพในด้านความสูงและดัชนีพื้นที่ใบในระยะการปลูกรอบที่ 1 เท่านั้น

2. ผลการศึกษาในปัจจัยปริมาณรงควัตถุในใบ ชนิดคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และแคโรทีนอยด์ของสรุปรงควัตถุแต่ละชนิดดังนี้

2.1 ชนิดคลอโรฟิลล์ เอ ในการปลูกรอบที่ 1 พบว่าที่ระยะ R1 R6 และ R8 ซึ่งเป็นระยะเริ่มออกดอก-ระยะ เมล็ดพัฒนาเต็มที่ – และระยะสุกแก่เต็มที่ ตามลำดับ ระดับคลอโรฟิลล์ เอ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) เพื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดทดลอง LT-HT ส่วนผลการศึกษาผลผลิตในการปลูกรุ่นที่ 2 ไม่พบความแตกต่างของปริมาณรงควัตถุในใบของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 อย่างมีนัยสำคัญในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตระหว่าง 3 ชุดการทดลองแต่อย่างใด

- 2.2 ชนิดคลอโรฟิลล์ บี ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใดๆ ในทุกระยะการเจริญเติบโต ทั้งในการปลูกเพื่อให้ได้ผลผลิตรอบที่ 1 และรอบที่ 2

2.3 ชนิดแคโรทีนอยด์ ได้ผลการศึกษาเช่นเดียวกับ คลอโรฟิลล์ บี คือ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใดๆ ในทุกระยะการเจริญเติบโต ทั้งในการปลูกเพื่อให้ได้ผลผลิตรอบที่ 1 และรอบที่ 2



### 3. ผลการศึกษาในปัจจัยองค์ประกอบผลผลิต ได้ผลการศึกษาดังนี้

พบว่าระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้น (HT) มีผลต่อการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) เพื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดทดลอง AT-HT ในปัจจัยด้านน้ำหนัก 100 เมล็ดเท่านั้น โดยไม่พบในองค์ประกอบผลผลิตด้านอื่นๆ และพบในผลผลิตรุ่นที่ 2 เท่านั้น ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผลกระทบระยะยาวที่ส่งผลให้เห็นในรุ่นที่ 2 อย่างชัดเจน

4. ด้านคุณภาพสารอาหารของผลผลิตในเมล็ดถั่วเหลืองที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกันในช่วงฤดูการปลูก มีผลการศึกษา และมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การตอบสนองของปริมาณโปรตีน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดทดลอง LT-HT พบว่าระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้น (HT) ส่งผลให้ โปรตีนลดลงมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) และที่น่าสนใจคือ พบว่าระดับโปรตีนกลับเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระดับอุณหภูมิต่ำสุด (ชุดทดลอง LT) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ในผลผลิตรุ่นที่ 2 แต่อย่างใด

4.2 การตอบสนองของปริมาณไขมัน พบว่าผลการศึกษาในผลผลิตรุ่นที่ 2 ระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้น (HT) และที่ระดับต่ำ (LT) ส่งผลให้ระดับไขมันเพิ่มสูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ทั้ง 2 ระดับอุณหภูมิเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (AT) ไขมันลดลงมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ในผลผลิตรุ่นที่ 1 แต่อย่างใด

4.3 การตอบสนองของปริมาณร้อยละของเถ้า พบว่าผลการศึกษาในผลผลิตรุ่นที่ 2 ระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้น (HT) ส่งผลให้ระดับเถ้าเพิ่มสูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับชุด LT อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ในผลผลิตรุ่นที่ 1 แต่อย่างใด

4.4 การตอบสนองของปริมาณร้อยละของเยื่อใยพบว่า มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งผลผลิตทั้ง 2 รุ่น ในลักษณะเหมือนกันคือ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดทดลอง HT และ LT ส่งผลให้ระดับเยื่อใยเพิ่มสูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ทั้ง 2 ระดับอุณหภูมิเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (AT)

### 5. ลักษณะทางพันธุกรรม

การวิเคราะห์ลักษณะทางพันธุกรรม โดยเทคนิค Amplified Fragment Length Polymorphisms (AFLPs) พบว่า ระดับอุณหภูมิที่ต่างกันส่งผลต่อการแบ่งกลุ่มพันธุกรรมออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มของ AT และ LT ซึ่งแยกลักษณะทางพันธุกรรมอย่างชัดเจน ในรุ่นการปลูกที่ 1 และที่ 2 ตามลำดับ

### 5. สรุปผลการศึกษาในภาพรวม

การศึกษาในครั้งนี้สรุปภาพรวมได้ 4 ประเด็นอย่างชัดเจน

5.1 ผลของระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลเชิงบวก ให้แก่ การเจริญเติบโต ดัชนีพื้นที่ใบ ระดับคลอโรฟิลล์เอ น้ำหนัก 100 เมล็ด เถ้า รวมทั้งเยื่อใย ของผลผลิตถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60

5.2 ผลของระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลเชิงลบ ให้แก่ ระดับไขมันและโปรตีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.4 ผลการศึกษาการปลูกถั่วเหลืองภายใต้ระดับอุณหภูมิ ที่แตกต่างกัน 3 ระดับนั้น พบว่า ทำให้ลักษณะพันธุกรรมของกลุ่ม AT ซึ่งเป็นกลุ่มที่อุณหภูมิต่ำกว่าระดับปกติในการปลูกนั้น แยกกลุ่มออกมาอย่างชัดเจน ในการปลูกรุ่นที่ 1 ส่วนกลุ่ม LT แยกลักษณะทางพันธุกรรมออกมาอย่างชัดเจนในการปลูกรุ่นที่ 2

5.3 การทดลองปลูกรุ่นต่อรุ่น เพื่อให้ทราบผลกระทบของเมล็ดพันธุ์ที่เปลี่ยนแปลงว่าจะส่งผลอย่างไรต่อผลผลิตรุ่นต่อมานั้น พบว่า ยังไม่เห็นผลชัดเจนในรุ่นที่ 2 เมื่อพิจารณาถึงพารามิเตอร์ต่างๆไปในภาพรวมของในการศึกษา ยกเว้นผลทางด้านองค์ประกอบผลผลิตบางประการคือ น้ำหนัก 100 เมล็ด และ ลักษณะการแบ่งกลุ่มทางพันธุกรรมที่ค่อนข้างเห็นผลชัดเจน

## อภิปรายผล

ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจาก สภาวะภูมิอากาศที่ไม่เหมาะสม (โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปลูกภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูงหรือต่ำ) ที่ก่อให้เกิดความเครียด(stress)ของพืชนั้นส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง เชิง สรีรวิทยา ที่ซับซ้อน จากการศึกษาวิจัยด้านความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะภูมิอากาศและสรีรวิทยาของพืชพบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมเป็นปัจจัยที่สำคัญอันดับต้นต่อการเจริญเติบโตและการรอดของพืชเนื่องจากอุณหภูมิที่เหมาะสมในเนื้อเยื่อพืชคือ อุณหภูมิที่พืชรับจากรังสีดวงอาทิตย์หรือจากสภาวะแวดล้อมในกรณีอื่นๆ และก่อให้เกิดสภาวะสมดุลพลังงานทั้งการนำไปใช้ในกลไกทางสรีรวิทยาและการเก็บไว้ในเนื้อเยื่อเพื่อรักษาภาวะส่งผลต่อการทำงานของเมตาบอลิซึมให้เป็นไปอย่างสมบูรณ์ ทำให้พืชเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว พืชบกโดยส่วนใหญ่ของระบบนิเวศโลก จะมีความคงทนต่อระดับอุณหภูมิ ตั้งแต่ 0-40 °C ซึ่งความแตกต่างของความคงทนต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกันนั้นจะขึ้นอยู่กับ สายพันธุ์ ช่วงระยะเวลาเติบโต และสภาพแวดล้อมอื่นๆในที่ระบบนิเวศบริเวณนั้นด้วย (Jones, 1992) การศึกษาวิจัยในประเด็นที่คล้ายคลึงกันนี้ได้มีอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ โดยมีกลุ่มผู้ร่วมวิจัยได้ศึกษาข้อมูลที่สำคัญพบว่า ซึ่งได้พบว่าระดับอุณหภูมิที่สูงกว่าระดับวิกฤตนั้น ส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืช อาทิเช่น อัตราการใช้น้ำ อัตราเร่งการใช้ธาตุอาหาร ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตสารอาหาร ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตในระยะต้น ต้นอ่อน ระยะออกผล หรือ ระยะการสืบพันธุ์ ซึ่งจะส่งผลต่อการผลิตผลผลิตในระยะสุดท้าย ซึ่งส่งผลทำให้ผลผลิตรวมลดลง และมีข้อมูลที่ได้ทำการศึกษาร่วมกันของนักวิทยาศาสตร์หลายกลุ่มที่ระบุได้ชัดเจนว่าการเพิ่มอุณหภูมิของพื้นที่การเกษตรนั้นส่งผลกระทบต่อพืชทางการเกษตรในหลายๆประการ เช่น ลดการสร้างมวลชีวภาพ ลดอัตราผลผลิต ลดประสิทธิภาพของ

การผลิตเมล็ดได้จริงและผลการศึกษาที่สอดคล้องกัน (Wheeler et al., 1993; Newton et al., 1994; Wurr et al., 1996; Nijs et al., 1996 ; Hollister and Webber, 2000)

การศึกษาผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิสูงในพืช ในระดับสรีรวิทยานั้นพบว่า กรณีของพืชที่เติบโตภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม ทั้งระดับที่สูงหรือต่ำเกินไปทำให้พืชเกิดสภาวะเสีย สมดุลพลังงานในเนื้อเยื่อ ทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง และโดยทั่วไปแล้วหากอุณหภูมิเพิ่มขึ้นกว่าระดับปกติ 10-15 °C สภาวะอุณหภูมิสูงยังสามารถทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อของพืชเนื่องจากการ เช่นการเกิดสภาวะ เนื้อเยื่อตาย (necrosis) (Jones, 1992) หรือการเกิดภาวะช็อคหรือภาวะเครียดจากอุณหภูมิ (temperature stress) (Jones, 1992; ภาคภูมิ พระประเสริฐ, 2550) และยังสามารถส่งผลกระทบต่อการทำงานของเอนไซม์จนมีผลต่อการงอกน้ำหนักของมวลชีวภาพ และการสร้างสารอาหารในเมล็ด (ภาคภูมิ พระประเสริฐ, 2550)

นอกจากนั้นยังพบว่า พืชจะถูกเร่งกระบวนการการดูดธาตุอาหารมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เพราะเป็นการเพิ่มอัตราการหายใจนั่นเอง แต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกินระดับ 40 °C อัตราการดูดธาตุอาหารกลับลดลง ซึ่งอาจเกิดจากอุณหภูมิที่สูงเกินไปส่งผลต่อการทำลายเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการดูดธาตุอาหารเช่นกัน (ชวนพิศ แดงสวัสดิ์, 2544) และพบว่าปัญหาการเพิ่มระดับของอุณหภูมิในบรรยากาศส่งผลกระทบต่อภาคการเกษตรทั่วโลกในปัจจุบัน ซึ่งผลกระทบนั้นได้แก่การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐาน กระบวนการทางสรีรวิทยาเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางชีวเคมีอันซับซ้อน รวมทั้งส่งผลต่อการเจริญและเติบโต ซึ่งผลกระทบอย่างต่อเนื่องนี้ส่งผลต่อภาวะเศรษฐกิจในระดับโลกในระยะยาว (Wahid et al., 2007 ; Hall, 2001)

ผลกระทบทางลบของระดับสภาวะอุณหภูมิสูงที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการสร้างโปรตีนในพืช จัดว่าเป็นงานศึกษาที่สำคัญและมีการศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่อง กลุ่มนักวิจัยของอเมริกา (Irmak et al., 2008) ได้ศึกษาพบว่าการปลูกข้าวสาลีภายใต้สภาวะอุณหภูมิช่วงกลางวันในระดับเฉลี่ย 40 °C ส่งผลต่อการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของ Glutenin ซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งของในเมล็ดข้าวสาลี จากการศึกษาข้อมูลพบว่าผลที่ปรากฏดังนี้น่าจะเกี่ยวเนื่องจากระดับอุณหภูมิที่สูงเกินไปจะส่งผลต่อการทำลายโครงสร้างของโปรตีนในเอนไซม์ และพบว่าในกรณีที่การสร้างเอนไซม์ของพืชลดลงตั้งแต่ในระยะเริ่มต้นของการเจริญเติบโตจะส่งผลต่อการลดการผลิต โปรตีนในเมล็ด โปรตีนในเอนไซม์ คลอโรฟิลล์ และ RNA (ชวนพิศ แดงสวัสดิ์, 2544) และได้มีการศึกษาพบว่าระดับอุณหภูมิที่สูงเกินไปส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนในรูปแบบต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มระดับการสร้าง ROS (reactive oxygen species) และองค์ประกอบประเภทต่างๆ ที่เป็นพิษซึ่งโดยภาพรวมจะเป็นผลเสียต่อพืชอย่างต่อเนื่องด้วย (Wahid et al., 2007; Schoffl et al., 1999; Howarth, 2005) อย่างไรก็ตามพบว่าพืชมีกลไกปกป้องตัวเองจากสภาวะอุณหภูมิที่สูงขึ้น โดยพบว่าที่ระดับอุณหภูมิเกินระดับวิกฤติในพืชชนิดนั้น (มักเกินระดับ 40 °C) ทำให้พืชเกิดความเครียดเนื่องจากความร้อน และจะกระตุ้นให้เซลล์สังเคราะห์โปรตีนที่เรียกว่า heat shock proteins (HSPs) ขนาด 15-18 kDa ให้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเพื่อปกป้องเซลล์ไม่ให้เกิดความเสียหายอันเนื่องมาจากความร้อน และปริมาณ HSPs ที่เพิ่มขึ้นนี้ยังสัมพันธ์กับเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของ อาร์เอ็นเอเข้ารหัส ( mRNA ) ภายในเวลาเพียง 3-5 นาที ซึ่ง

mRNA นี้เป็น RNA ที่ทำหน้าที่ช่วยในการสร้างโปรตีน ซึ่งถือว่าเป็นกลไกหนึ่งในการปกป้องเซลล์จากภาวะอนุมูลอิสระอีกประการหนึ่ง (Ho and Sachs, 1989)

กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในพืชนั้น เป็นปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์ควบคุมและการทำงานของเอนไซม์ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่เหมาะสมเป็นสำคัญ ข้อมูลการศึกษาพบว่ากระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชประเภท  $C_3$  เช่นถั่วเหลือง ข้าวเจ้า จะมีความไวต่อการตอบสนองในทางลบต่อภาวะความเครียดจากอนุมูลอิสระสูงกว่าพืช  $C_4$  เช่นข้าวสาลี และกระบวนการตอบสนองของพืชต่อภาวะเครียดของอนุมูลอิสระนั้นจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของการสร้างพลังงานอื่นเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงกลไกกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการนำคาร์บอนมาใช้ในกระบวนการสร้างอาหาร เช่น ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง rubisco ซึ่งเกี่ยวข้องกับกลไกการตรึง  $CO_2$  ให้ RuBp ในกระบวนการสังเคราะห์แสงจึงส่งผลทำให้ลดประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสง และส่งผลอย่างต่อเนื่องจนนำไปสู่การลดผลผลิต (Salvucci and Crafts-Brandner, 2004)

ในการศึกษาครั้งนี้ส่วนหนึ่งต้องการทราบผลการเปลี่ยนแปลงทางด้านพันธุกรรม เมื่อนำถั่วเหลืองที่ได้รับการผสมไฮโชนไปเป็นพันธุ์ปลูกต่อเพื่อให้ได้รุ่นที่ 2 ว่าจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านพันธุกรรมอย่างไร ดังนั้น ในการศึกษาเลือกใช้วิธีเอเอฟแอลพี (amplified fragment length polymorphism, AFLP) ซึ่งเป็นวิธีการที่พัฒนาขึ้นโดย Zeeb และ Vos (1993) การตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอโดยวิธีการนี้เป็นการรวมเอาเทคนิคอาร์เอฟแอลพีและอาร์เอฟดี เข้าด้วยกัน

เทคนิคเอเอฟแอลพี เป็นเทคนิคที่ยุ่งยาก และซับซ้อน แต่ผลที่ได้สามารถทำซ้ำได้ผลคงเดิม และสามารถเลือกคู่ผสมของไพรเมอร์ได้หลายแบบ ลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ได้จึงมีความแตกต่างกัน (polymorphism) จำนวนมาก ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเบส (point mutation) ที่ตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ทำให้เกิดการเสียหาย หรือเพิ่มใหม่ หรือการเปลี่ยนแปลงของเบสที่ตำแหน่งติดกับตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ ให้สามารถหรือไม่สามารถเพิ่มปริมาณชิ้นดีเอ็นเอได้ หรืออาจเกิดการมีชิ้นดีเอ็นเอสั้น ๆ ขาดหายไป หรือสอดแทรกเข้ามาในระหว่างตำแหน่งตัดจำเพาะของเอนไซม์ก็ได้ ผลที่เกิดขึ้นคือการมีแถบดีเอ็นเอ หรือไม่มีแถบดีเอ็นเอที่ตำแหน่งนั้น ๆ หรือชิ้นดีเอ็นเอที่เพิ่มปริมาณได้มีขนาดเปลี่ยนไป การถ่ายทอดลักษณะของแถบดีเอ็นเอจากการทำเอเอฟแอลพี จึงมีทั้งลักษณะเด่น (dominant) โดยปรากฏเป็นการเกิดหรือไม่เกิดแถบดีเอ็นเอ และแบบที่แสดงลักษณะข่มร่วมกัน (codominant) โดยปรากฏเป็นแถบดีเอ็นเอที่มีขนาดต่างกันโดยทั่วไป จะพบเครื่องหมายเอเอฟแอลพี (AFLP marker) แบบที่เป็นลักษณะข่มมากกว่า (สุรินทร์, 2543) ปัจจุบันเอเอฟแอลพีเป็นเทคนิคที่นำมาศึกษาเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ประชากร วิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม การจัดจำแนกชนิดและพันธุ์ หรือนำมาใช้ในการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมกันอย่างกว้างขวาง

จากการใช้เทคนิค AFLP ในการศึกษาความแตกต่างที่ระดับพันธุกรรมของถั่วเหลืองต่อระดับอนุมูลอิสระที่ต่างกัน โดยพิจารณาแนวโน้มน้ำที่ได้ทั้ง 2 รุ่น พบว่ามีความแตกต่างกันในลักษณะทางพันธุกรรม ทั้งในรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 นั่นคือ คือ กลุ่มของ AT และ LT ที่แยกกลุ่มจาก HT อย่างชัดเจน เมื่อพิจารณาพบว่าพันธุกรรมของกลุ่ม AT ซึ่งเป็นกลุ่มที่อนุมูลอิสระต่ำกว่าระดับปกติใน

การปลูกนั้น แยกกลุ่มออกมาอย่างชัดเจน ในการปลูกรุ่นที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ระดับอุณหภูมิที่ไม่ปกตินั้นแสดงลักษณะทางพันธุกรรมอีกลักษณะหนึ่ง (ทั้งอุณหภูมิสูงและต่ำกว่าปกติ) ส่วนกลุ่ม LT แยกลักษณะทางพันธุกรรมออกมาอย่างชัดเจนในการปลูกรุ่นที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า กลุ่มระดับอุณหภูมิสูงและต่ำมีความแตกต่างกันในลักษณะทางพันธุกรรมในระยะยาวอย่างชัดเจน นั่นหมายถึงว่า ผลการทดลองนี้เป็นแนวทางที่สามารถบอกได้ในเบื้องต้นถึงผลของระดับอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นจากระดับปกติ หรือต่ำกว่าระดับปกติในฤดูกาลปลูก ซึ่งทำให้เกิดความแตกต่างในระดับพันธุกรรมและมีแนวโน้มต่อเมล็ดพันธุ์ที่ปลูกในรอบที่สองต่อไป

ประเทศไทยเป็นอีกประเทศหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศของโลก ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาได้พยากรณ์แนวโน้มของระดับการเพิ่มระดับอุณหภูมิในบรรยากาศในเขตภาคเหนือในอนาคตโดยพบว่าแนวโน้มเพิ่มขึ้น 4-5 °C และในทศวรรษที่ 2100 (ค.ศ.2091-2100) เมื่อเทียบกับในช่วงทศวรรษที่ 2000 (ค.ศ.1991-2000) รวมทั้งการแสดงผลพยากรณ์ความแปรปรวนทางด้านสภาวะภูมิอากาศในปัจจุบันอื่น ๆ ที่มีแนวโน้มแปรปรวนมากขึ้นเช่นกัน (สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา, 2552) ด้วยเหตุนี้ผลการศึกษจากการสร้างสภาวะการณ์จริงของสภาวะการณ์ความแปรปรวนของอุณหภูมิจึงมีความสำคัญและควรศึกษาอย่างเร่งด่วนในประเทศไทย จึงสามารถเป็นฐานข้อมูลที่ดีเพื่อนำไปสู่ การคาดการณ์ผลกระทบจากสภาวะการณ์ภูมิอากาศแปรปรวนที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพสารอาหารในถั่วเหลือง และสามารถนำไปสู่การวิจัยเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่ทนทานต่อสภาวะวิกฤตดังกล่าว ในพื้นที่เขตภาคเหนือของประเทศไทยต่อไป

## 9. ข้อเสนอแนะ

- 9.1 ผลการศึกษาน่าจะเผยแพร่ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสายพันธุ์ถั่วเหลืองต่อไป ในเพื่อวางแผนระยะการปลูกที่เหมาะสมในการรับมือกับสถานการณ์ในอนาคต
- 9.2 ควรต่อยอดองค์ความรู้ในการวิจัยเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่ทนทานต่อสถานการณ์โลกร้อนในอนาคต

## 10. เอกสารอ้างอิง

- กณิตา ธนเจริญชนภาส และ โอรส รักชาติ. 2551. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องการจำลองสภาวะการณ์โลกร้อนในพื้นที่ปลูกข้าวเพื่อประเมินผลกระทบที่มีต่ออัตราผลผลิตคุณภาพสารอาหาร และการเปลี่ยนแปลงในระดับพันธุกรรมของข้าวหอมมะลิไทย. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
- กณิตา ธนเจริญชนภาส และ โอรส รักชาติ. 2552. ผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในฤดูกาลปลูกที่มีต่อผลผลิตและ อนุภาคเม็ดแป้งของข้าวหอมไทย (*Oryza sativa* L.) พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. เรื่องเต็มการประชุมวิชาการครั้งที่ 47 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เล่มที่ 9 สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, วันที่ 17-20 มีนาคม 2552, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 282-290.

- กรมวิชาการเกษตร. 2552. ถั่วเหลือง : การผลิตการตลาด  
<http://as.doa.go.th/fieldcrops/soy/oth/002.HTM>
- จงกลนี อยู่สบาย, 2550. เอกสารประกอบการบรรยาย ในการประชุมวิชาการ เรื่อง มลพิษ  
 อากาศของไทย ผลพวงจากโลกร้อน วันที่ 24 เมษายน 2550, กรุงเทพฯ.
- นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2549. เอกสารประกอบการบรรยายพิเศษ ในการประชุมวิชาการการ  
 เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกและผลกระทบที่เกิดขึ้นในประเทศไทย วันที่ 24  
 กรกฎาคม 2549, กรุงเทพฯ.
- สำนักพัฒนาอู่ศูนย์นิยมหาวิทยาลัย. 2552. การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต,  
 129 หน้า, เอกสารเผยแพร่ในเวปไซด์กรมอู่ศูนย์นิยมหาวิทยาลัย  
<http://www.tmd.go.th/index.php>
- Aonymous, 1992, Climate Change. 1992. In: J.T. Houghton, B.A. Callander and S.K.  
 Varney (Editors), The Supplementary Report to the IPCC Scientific  
 Assessment. Cambridge University Press, Cambridge. In Wurr, D.C.E. , Fellows,  
 J.R. and Phelps, K. 1996. Investigating trends in vegetable crop response to  
 increasing temperature associated with climate change. *Scientia  
 Horticulturae* , Vol. 66, pp 255-263.
- Anwar, M.R., Leary, G.O., McNeil, D., Hossian, H., and Nelson, R., 2007. Climate  
 change impact on rainfed wheat in south-eastern Australia. *Fields Crops  
 Reasearch*, Vol. 104, pp. 139-147.
- Chang, C.C., 2002. The potential impact of climate change on Taiwan's agriculture.  
*Agricultural Economisc.* Vol. 27, pp 51-64.
- Chainuvati C., Kasivivat A., Uthayopas A., Sewatasai R., and Chanaseni C., 1997.  
 Soybean production Technology in Thailand, Proceeddings:World soybean  
 research conference 21-27 Febuary 1994; Chaing Mai , Thailand, B.  
 Napornpeth, Kasetsart University, pp 503-506.
- Chowdhury, S.I., wardlaw, I.F., 1978. The effect of temperature on kernel  
 development in cereals. *Australia Journal of Agricultural Research.* Vol. 29,  
 pp. 205-223.
- Fuhrer, J., 2003. Agroecosystem responses to combinations of elevated CO<sub>2</sub>,  
 Ozone, and global climate change. *Agriculture, Ecosystem and  
 Environment*, Vol. 97, pp 1-20
- Hollister, R.D. and Webber, P.J., 2000. Biotic validation of small open top  
 chamber in tundra ecosystem. *Global Change Biology*, Vol.6, Issue 7, pp  
 835.
- Horel, J. and Geisler, J., 1997. Global Environmental Change an atmospheric  
 perspective. John Wiley & Sons, Inc., New York. 151 p.

- (IPCC) Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. In: Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Xiaosu, D. (Eds.), *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge University Press, UK.
- (IPCC) Intergovernmental Panel on Climate Change. 2002. IPCC Technical Paper V : Climate change and biodiversity. 86 p.
- (IPCC) Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories ; Volume 1: General Guidance and Reporting. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Japan.
- (IPCC) Intergovernmental Panel on Climate Change., 2007a. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. Cited in Stangeland, A. 2007. A model for the CO<sub>2</sub> capture potential. *International Journal of Greenhouse Gas Control*. Vol. 1, pp. 418-429.
- Jacobson, M.Z., 2002. *Atmospheric Pollution; History, Science, and Regulation*. Cambridge University Press, UK. 399 p.
- John, T.C., Gregory, J.M.G., Ingram, W.J., Johnson, C.E., Jones, A., Lowe, J.A., Mitchell, J.F.B., Roberts, D.L., Sexton, D.M.H., Stevenson, D.S. , Tett, S.F.B. and Woodage, M.J., 2003. Anthropogenic Climate Change for 1860 to 2100 simulated with the HadCM3 model under update emissions scenarios. *Climate Dynamics*. Vol.20, pp 583-612.
- Jones, H.G. 1992. *Plants and microclimate : A quantitative approach to environmental plant physiology*, Cambridge University Press, Cambridge, 428 p.
- Keeling, C.D., Whorf, T.O., 2003. Atmospheric CO<sub>2</sub> records from sites in the SIO air sampling networks. *Carbon Dioxide Inf. Anal. Center Commun.* Vol.30, pp 4. Cited in Prasad, P.V., Boote, K.J. Allen Jr, H., 2006. Adverse high temperature effects on pollen viability, seed-set, seed yield and harvest index of grain-sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) are more severe at elevated carbon dioxide due to higher tissue temperatures, *Agriculture and Forest Meteorology*. Vol. 139, pp 237-251.
- Kudernatsch, T., Fischer, A., Bernhardt-Romermann, M. and Abs, C., 2007. Short-term effects of temperature enhancement on growth and reproduction of alpine grassland species. *Basic and Applied Ecology*, Available online 19 April 2007.
- Mall, R.K., Lal,M., Bhatia, V.S., Rathore, L.S., Singh, R. 2004. Mitigating climate change impact on soybean productivity in India: a simulation study, *Agriculture and Forest Meteorology*, Vol.121, pp 113-125.

- Monokata, K., 1976. Effects of Temperature and light on the reproductive growth and reaping of rice . In: *Climate and Rice*. The International Rice Research Institute, Manila, Philipines, pp. 187-210.
- Mariara, J.K. and Karanja, F.K., 2007. The economic impact of climate change on Kenyan crop agriculture: A Ricardian approach. *Global and Planetary Change*. Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).
- Newton, P.D.C., Clark, H., Bell, C.C., Glasgow, E.M., and Campbell, B.D., 1994. Effects of elevated CO<sub>2</sub> and simulated seasonal changes in temperature on the species composition and growth rates of pasture turves. *Annual Botany*. Vol. 73, pp 53-59.
- Nijs, I., Teughels, H., Blum, H., Hendrey, G. and Impens, I., 1996. Simulation of Climate Change with Infrared Heaters Reduces The Productivity of *Lolium Perenne* L. in Summer. *Environmental Experimental Botany*. Vol. 36, pp 271-280.
- Norby, R., Edwards, N., Riggs, J., Abner, C., Wullschleger, S., and Gunderson, C., 1997. Temperature-controlled open-top chambers for global. *Global Change Biology*. Vol. 3, pp. 259-267.
- Prasad, P.V., Boote, K.J. Allen Jr, H., 2006. Adverse high temperature effects on pollen viability, seed-set, seed yield and harvest index of grain-sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) are more severe at elevated carbon dioxide due to higher tissue temperatures, *Agriculture and Forest Meteorology*. Vol. 139, pp 237-251.
- Stangeland, A., 2007. A model for the CO<sub>2</sub> capture potential. *International Journal of Greenhouse Gas Control*. Vol. 1, pp. 418-429.
- Stott, P.A., John, G. S., Lowe, J.A., Thorne, P., Durmam, C., Johns, T.C. and Thelen J.C., 2006. Transient Climate Simulations with the HadGEM1 Climate Model : Causes of Past Warming and Future Climate Change. *Journal of Climate*. Vol. 19, pp 2763-2782.
- Tan, G., and Shibasaki, R., 2003. Global estimation of crop productivity and the impacts of global warming by GIS and EPIC integration. *Ecological Modelling*. Vol. 168, pp. 357-370.
- Velarde, S.J., Malhi, Y., Moran, D., Wright, J., and Hussian, S., 2005. Valuing the impacts of climate change on protected areas in Africa. *Ecological Economics*. Vol. 53, pp. 21-33.
- Wheeler, T.R., Morison, J.I.L., Hadley, P. and Ellis, R.H., 1993. Whole-season experiments on the effects of carbon dioxide and temperature on vegetable



crop. In : G.J. Kenny, P.A. Harrison and M.L. Parry (Editors), The effect of Climate Change on Agricultural and Horticultural Potential in Europe, Oxford, pp. 165-176. In Wurr, D.C.E. , Fellows, J.R. and Phelps, K. 1996. Investigating trends in vegetable crop response to increasing temperature associated with climate change. *Scientia Horticulturae* , Vol.66, pp 255-263.

Wurr, D.C.E. , Fellows, J.R. and Phelps, K., 1996. Investigating trends in vegetable crop response to increasing temperature associated with climate change. *Scientia Horticulturae* , Vol.66, pp 255-263.



ภาคผนวก



## วิธีวิเคราะห์ทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณสารอาหารในเมล็ด และปริมาณรงควัตถุในใบของพืช

### 1. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์ทางเคมีของวัตถุดิบ (AOAC 1995)

โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า ความชื้น

#### 1.1 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

จากวิธีของ AOAC 40.1.06, 1995

##### 1.1.1 อุปกรณ์

ชุดวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

(Kjeldatherm digestion unit และ distillation unit)

##### 1.1.2 สารเคมี

- 1) สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น
- 2) สารละลายกรดซัลฟูริก เข้มข้น 0.1 นอร์มัล
- 3) สารละลายต่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 32 เปอร์เซ็นต์
- 4) สารละลายกรดบอริกเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์
- 5) ซิลิเนียม
- 6) อินดิเคเตอร์ ซึ่งเป็นส่วนผสมของ methyl red และ methylene

blue

##### 1.1.3 วิธีการทดลอง

- 1) ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ใส่ในขวดย่อยเจดดาห์ล
- 2) เติมซิลิเนียม 3 กรัม
- 3) เติมสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 mL
- 4) ย่อยตัวอย่างด้วยเครื่อง Kjeldatherm ควบคุมอุณหภูมิในการย่อย

เป็น 3 ช่วง คือ

ช่วงที่1 ใช้อุณหภูมิ 250 °C เป็นเวลา 15-20 นาที

ช่วงที่2 ใช้อุณหภูมิ 380 °C เป็นเวลา 30-45 นาที

ช่วงที่3 ใช้อุณหภูมิ 380 °C เป็นเวลา 20-30 นาที

5) ย่อยตัวอย่างจนกระทั่งตัวอย่างได้สารละลายใสสีเขียว

6) กลั่นตัวอย่างที่ย่อยแล้วด้วยเครื่อง distillation unit โดยเติมน้ำ

กลั่น 100 mL และสารละลายต่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 32 เปอร์เซ็นต์ 90 mL เก็บส่วนที่  
กลั่นได้ในสารละลายบอริกเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 60 mL ที่มีอินดิเคเตอร์ผสมอยู่ ก๊าซ  
แอมโมเนียที่เกิดขึ้นถูกควบแน่นจนหมดได้ปริมาตรสารละลายในกรดบอริก รวมประมาณ  
200 mL

- 7) ไตเตรตส่วนที่กลั่นได้ด้วยสารละลายกรดซัลฟูริก เข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีส้ม ซึ่งเป็นจุดยุติ บันทึกปริมาตรที่ไตเตรตได้
- 8) ทำสารละลายแบลงค์โดยใช้สารละลายต่างๆ ในปริมาณเท่าๆกัน เช่นเดียวกับตัวอย่าง แต่ไม่ใส่ตัวอย่าง

$$\text{ปริมาณโปรตีน} = \frac{(A-B) \times C \times 6.25 \times 1400}{D}$$

A = ปริมาตรกรดซัลฟูริกที่ใช้ไตเตรตตัวอย่าง

B = ปริมาตรกรดซัลฟูริกที่ใช้ไตเตรตสารละลายแบลงค์

C = นอร์มัลลิตีของกรดซัลฟูริกที่ใช้ไตเตรต (0.1 N)

D = น้ำหนักตัวอย่าง (มิลลิกรัม)

## 1.2 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

จากวิธีของ AOAC 40.1.05, 1995

### 1.2.1 อุปกรณ์

- 1) ขวดก้นกลมขนาด 250 mL
- 2) โถดูดความชื้น
- 3) Soxhlet extraction apparatus
- 4) Condenser
- 8) Thimble

### 1.2.2 สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์

### 1.2.3 วิธีการทดลอง

- 1) ออบขวดก้นกลมในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก
- 2) ชั่งตัวอย่างแห้งลงบนกระดาษกรอง นำตัวอย่างใส่ลงใน Thimble อุดสำลีบน Thimble เพื่อป้องกันมิให้ตัวทำละลายหยดถูกตัวอย่างโดยตรง
- 3) ใส่ Thimble ลงใน extraction tube และต่อเข้ากับ condenser
- 4) เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ ลงในขวดก้นกลมประมาณ 200 mL
- 5) เปิดเตาให้ความร้อน ใช้เวลาในการสกัดไขมันประมาณ 16 ชั่วโมง
- 6) เมื่อครบเวลาแล้วนำขวดไปอบที่อุณหภูมิ 100 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อเป็นการทำให้ปิโตรเลียมอีเทอร์ในขวดก้นกลมระเหย จากนั้นทำให้เย็นในโถดูดความชื้น
- 7) ชั่งน้ำหนักขวด และคำนวณน้ำหนักของไขมันที่ได้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์

$$\text{ปริมาณไขมัน (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักขวดพร้อมไขมัน} - \text{น้ำหนักขวดเปล่า})}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

### น้ำหนักตัวอย่าง

#### 1.3 การวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย

จากวิธีของ AOAC 40.1.07, 1995

##### 1.3.1 อุปกรณ์

- 1) เตาเผา
- 2) ตู้อบลมร้อน
- 3) Fibertec system
- 4) Crucible (Fritted crucible-porosity; coarse 40-60  $\mu\text{m}$ )
- 5) Hot plate
- 6) ภาชนะใส่กรดที่ต้มได้

##### 1.3.2 สารเคมี

- 1) สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.128 โมลาร์
- 2) โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.223 โมลาร์
- 3) n-Octanol
- 4) อะซีโตน

##### 1.3.3 วิธีการทดลอง

- 1) เปิดน้ำเย็นสำหรับระบบ reflux ให้มีอัตราไหลของน้ำประมาณ 1-2

ลิตรต่อนาที

- 2) เปิดสวิทช์เครื่อง

- 3) ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างที่บดละเอียดจำนวน 1 กรัม ใส่ลง

ใน crucible

- 4) ถ้าตัวอย่างมีปริมาณไขมันสูงกว่าร้อยละ 5 ให้ทำการสกัดไขมันออก

จากตัวอย่างก่อนนำมาวิเคราะห์

- 5) วาง crucible ลงในช่องสำหรับวาง crucible ในเครื่องที่ส่วนสกัดด้วยความร้อน โยกคั่นล็อกให้เข้าที่

ด้วยความร้อน โยกคั่นล็อกให้เข้าที่

- 6) เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.128 โมลาร์ จำนวน 150 mL เติมลง

ในคอลัมน์ทางด้านบน

- 7) เติม n-Octanol จำนวน 2-3 หยด เพื่อป้องกันการเกิดฟอง

- 8) ปิดฝาเครื่องให้เรียบร้อย แล้วเริ่มให้ความร้อนจนเดือด ต้มเป็นเวลา

30 นาที

- 9) กรองโดยเลื่อนคั่นโยกมาที่ตำแหน่ง vacuum ถ้ากรองได้ไม่ดีให้ใช้

pressure ช่วย

- 10) ล้างด้วยน้ำร้อน 3 ครั้ง ครั้งละประมาณ 30 mL กรองจนแห้ง
- 11) เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.223 โมลาร์ ปริมาณ 150 mL ทำเช่นเดียวกับกรดซัลฟูริก
- 12) นำ crucible ออกจากเครื่องที่ส่วนสกัดด้วยความร้อน โดยใช้ crucible holder
- 13) ล้างด้วยอะซิโตนอย่างน้อย 3 ครั้ง ครั้งละ 25 mL
- 14) นำ crucible ไปอบแห้งในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง หรืออบที่อุณหภูมิประมาณ 130 °C นาน 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักบันทึกน้ำหนักที่ได้เป็น W1
- 15) นำ crucible ไปเผาในเตาอบที่อุณหภูมิประมาณ 550 °C นานประมาณ 3 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก และบันทึกน้ำหนักที่ได้เป็น W2

$$\text{ปริมาณเยื่อใย (\%)} = \frac{(W1-W2)}{W} \times 100$$

เมื่อ	W1	=	ปริมาณของ crude fiber กับเถ้า
	W2	=	ปริมาณของเถ้าที่เหลือหลังจากการเผา
	W	=	น้ำหนักตัวอย่าง

#### 1.4 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

จากวิธีของ AOAC 40.1.03, 1995

##### 1.4.1 อุปกรณ์

- 1) เตาเผา
- 2) Hot plate
- 3) ถ้วยกระเบื้องพร้อมฝา
- 4) โถดูดความชื้น
- 5) ตู้อบลมร้อน

##### 1.4.2 วิธีการทดลอง

- 1) ชั่งน้ำหนักถ้วยกระเบื้องพร้อมฝา ซึ่งผ่านการเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 5500 °C เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง จนกระทั่งน้ำหนักคงที่แล้วบันทึกน้ำหนัก
- 2) ตักตัวอย่างใส่ลงในถ้วยกระเบื้องประมาณ 3-5 กรัม ปิดฝา บันทึกน้ำหนัก
- 3) หยดน้ำกลั่นปริมาณเล็กน้อยลงบนตัวอย่างให้ตัวอย่างที่เป็นผงแห้งมีความชื้น และเกาะกันเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายเมื่อให้ความร้อน

- 4) วางถ้วยตัวอย่างลงบนเตา Hot plate เปิดฝาออก ค่อยๆเพิ่มระดับความร้อนในการเผาไหม้ตัวอย่าง (ขั้นตอนนี้ต้องทำในตู้ดูดควัน) จนกระทั่งเผาไหม้หมดควัน
- 5) นำถ้วยที่ใส่ตัวอย่างที่ปิดฝาใส่ในเตาเผา เผาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 550 °C จนกว่าจะได้เถ้าสีขาวหรือเทา
- 6) นำถ้วยตัวอย่างออกมาใส่ในตู้อบลมร้อน 1 ชั่วโมง แล้วนำออกวางในโถดูดความชื้นตามลำดับ เพื่อค่อยๆ ลดอุณหภูมิของตัวอย่างลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง
- 7) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างพร้อมฝา บันทึกน้ำหนัก
- 8) คำนวณปริมาณเถ้า

$$\text{เถ้าทั้งหมด (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้า} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

### 1.5 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น จากวิธีของ AOAC 40.1.04, 1995

#### 1.5.1 อุปกรณ์

- 1) ตู้อบลมร้อน
- 2) ถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝา
- 3) โถดูดความชื้น

#### 1.5.2 วิธีการทดลอง

- 1) ชั่งน้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝาที่ผ่านการอบแห้งจนมีน้ำหนักคงที่แล้ว บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน
- 2) ตักตัวอย่างใส่ลงในถ้วยอลูมิเนียมประมาณ 2 กรัม เคลือบให้ตัวอย่างแผ่ด้วยความสม่ำเสมอ ปิดฝา บันทึกน้ำหนัก
- 3) วางตัวอย่างในตู้อบลมร้อนโดยเปิดฝาด้วยอลูมิเนียมบางส่วน อบที่อุณหภูมิ 130 °C นาน 3 ชั่วโมง
- 4) เมื่อครบเวลา ปิดฝาด้วย แล้วนำตัวอย่างใส่ในโถที่มีสารดูดความชื้น ตั้งทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง (ใช้เวลาประมาณ 45 นาที)
- 5) นำตัวอย่างออกมาชั่ง บันทึกน้ำหนัก
- 6) นำตัวอย่างเข้าอบอีกครั้งประมาณ 30 นาที หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็น นำไปชั่งน้ำหนัก ถ้าน้ำหนักเปลี่ยนแปลงไปจากครั้งแรกน้อยกว่า 0.003 กรัม ให้ยุติการอบ บันทึกน้ำหนักสุดท้าย

## 7) คำนวณหาปริมาณความชื้นจากน้ำหนักที่หายไป

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มแรก} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มแรก}}$$

## 2. วิเคราะห์ปริมาณสารอาหารในเมล็ด ได้แก่ ปริมาณกรดอะมิโนไลซีน

## 2.1 การวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโน Lysine

จากวิธีของ AOAC 40.1.03, 2005

## 2.1.1 อุปกรณ์

- 1) Amino acid analyzer
- 2) Analytical balance Readability to  $\pm 0.1$  mg
- 3) Balance Top loading
- 4) Polyethylene Bottle 50 mL
- 5) Digestion tubes Boiling flasks
- 6) Digestion block Heating mantle
- 7) Filter units  $0.22 \mu\text{m}$  (Millex GS, Millipore are suitable)
- 8) Magnetic stirring plate
- 9) pH meter ทำมาตรฐานด้วยสารละลายบัฟเฟอร์  
pH 2.0, 4.0 and 7.0
- 10) Reflux condensers
- 11) Rotary evaporator
- 12) Vacuum flask 250 mL
- 13) Glassware Glass beakers, 250 and 1000 mL; Erlenmeyer flask, 150 mL; Round-bottom evaporating flask, 1000 mL; Graduated cylinders, 100, 500 and 1000 mL; Volumetric flask, 1000 mL; Volumetric pipets, 10 and 20 mL
- 14) Sintered glass filter Porosity 10-15  $\mu\text{m}$
- 15) อ่างน้ำแข็ง
- 16) Syringes

## 2.1.2 สารเคมี

- 1) กรดฟอร์มิก 88 เปอร์เซ็นต์
- 2) ไฮโดรเจน เปอร์ออกไซด์ 30 เปอร์เซ็นต์
- 3) โซเดียม เมตาไบซัลไฟด์
- 4) ดีแอล- นอลลิวีน
- 5) กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น
- 6) โซเดียมไฮดรอกไซด์



- 7) ฟีนอล
- 8) ไธโอไดกลีคอล- 98 เปอร์เซ็นต์
- 9) ไตร-โซเดียมซิเตรท ไดไฮเดรท
- 10) pH buffer. pH 2.0, 4.0 and 7.0
- 11) Amino acid standard kit. สำหรับทำมาตรฐาน

### 2.1.3 วิธีการเตรียมสารเคมี

1) Sodium citrate buffer pH 2.20 โดยชั่ง Sodium citrate dehydrate ปริมาณ 19.60 g ในบีกเกอร์ขนาด 1000 mL และละลายในน้ำ 800 mL แล้วทิ้งไว้พักหนึ่ง หลังจากนั้นเติม 10 mL 98 เปอร์เซ็นต์ ของ thiodiglycol solution และเติม HCl 15 mL แล้วเปลี่ยนย้ายปริมาณสารเคมีดังกล่าวไปใส่ในขวดวัดปริมาตร ขนาด 1000 mL และ เจือจางด้วยน้ำ แล้วนำสารละลายดังกล่าวไปกรองผ่านแก้วกรองชนิดที่ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี ขนาด 10-15  $\mu\text{m}$  และปรับ pH เท่ากับ 2.20 โดยใช้ HCl หรือ 2M NaOH

2) สารละลาย Hydrochloric acid-phenol เข้มข้น 6 M โดยชั่ง ผลึกคลิสตัล 1 g ลงในบีกเกอร์ขนาด 1000 mL ทำให้ผลึกละลายด้วยน้ำ 500 mL ทิ้งไว้ 10 นาที แล้วค่อยๆเติม HCl ปริมาตร 500 mL

#### 3) Hydrochloric acid solution

3.1) Hydrochloric acid – 1 M เทน้ำ 800 mL ลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 1000 mL แล้วเติม HCl ปริมาตร 83.3 mL โดยใช้ pipet และทำให้เจือจางด้วยน้ำ และทำการผสมให้เข้ากัน

3.2) Hydrochloric acid – 0.1 M เทน้ำ 800 mL ลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 1000 mL และหลังจากนั้นเติม HCl ความเข้มข้น 1 M ปริมาตร 100 mL โดยใช้ pipet และทำให้เจือจางด้วยน้ำ และทำการผสมให้เข้ากัน

#### 4) Sodium hydroxide solution

4.1) Sodium hydroxide -7.5 M โดยชั่ง NaOH 300.0 g ลงในบีกเกอร์ขนาด 1000 mL

4.2) Sodium hydroxide -2 M โดยชั่ง NaOH 80.0 g ลงในบีกเกอร์ขนาด 1000 mL

ค่อย ๆ ทำให้ก้อนกลมเล็กๆของ NaOH ละลายให้หมดด้วยน้ำ 600 mL แล้วรอให้สารละลายเย็นตัวลง แล้วเปลี่ยนถ่ายปริมาณสารละลายดังกล่าวใส่ขวดวัดปริมาตร ขนาด 1000 mL และทำให้เจือจางด้วยน้ำ และทำการผสมให้เข้ากัน

5) Norleucine standard solution ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนซึ่งหนักประมาณ 195-200 mg ของ DL-norleucine crystals ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 150 mL และทำให้ผลึกละลายด้วย 1 M HCl ปริมาตร 100 mL แล้วเปลี่ยนถ่ายปริมาณสารละลายดังกล่าวใส่ Volumetric flask, ขนาด 1000 mL และทำให้เจือจางด้วยน้ำ และทำการผสมให้เข้ากัน

2) นำไป Hydrolyze ภายใต้ระบบการไหลของน้ำ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่ อุณหภูมิ 110 – 120 องศาเซลเซียส เพื่อทำการย่อย (คำแนะนำ: ควรปฏิบัติในตู้ดูดควันซึ่งมีอากาศหมุนเวียนเพียงพอ)

3) นำหลอดที่ผ่านการย่อยแล้วออกจากระบบที่ร้อน เอามาทำให้เย็นที่ อุณหภูมิห้อง แล้วเติม 20 mL ของ norleucine standard solution ลงในทุกๆหลอดที่ผ่านการ Hydrolysate โดยใช้ volumetric pipet แล้วทำให้ส่วนผสมเข้ากันด้วยการหมุนหลอดทดลอง แล้วดำเนินการในข้อ a, b ตามข้างล่างนี้

(Note: ถ้าต้องการให้ Sodium มีความเข้มข้นต่ำ เพื่อใช้ในการ วิเคราะห์กับเครื่อง chromatography ให้ระเหย HCl อย่างระมัดระวัง ให้ดำเนินการตามข้อ 1) และถ้าไม่ต้องการให้ Sodium มีความเข้มข้นต่ำ สำหรับการดำเนินการกับ neutralization ให้ ดำเนินการตามข้อ 2))

1) กรองตัวอย่างที่ผ่านการ Hydrolysates แล้วโดยกรองผ่าน Sintered glass filter ลงใน evaporating flasks ขนาด 100 mL ที่ทำการติดฉลากไว้เรียบร้อยแล้ว แล้ว ต่อเชื่อมกับ rotary evaporators และทำการระเหยแห้งภายใต้ระบบสุญญากาศ ที่ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส สำหรับน้ำ 5.0 mL (Note: ไม่ควรทำให้สารละลายแห้งจนหมด) แล้วนำ flasks ออกจากเครื่องระเหยแห้ง แล้วเติม 50 mL ของสารละลาย Sodium citrate ลง ในสารละลายที่ผ่านการระเหยแห้ง แล้วทำการผสมให้เข้ากันแล้วทำการถ่ายเปลี่ยนลงขวดที่ทำ การติดฉลากไว้แล้ว ซึ่งมี polyethylene 50 mL แล้วนำไปดำเนินการทดสอบต่อไป หรือแช่ เยือกแข็งไว้จนกว่าจะนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

2) กรองตัวอย่างที่ผ่านการ Hydrolysates ลงในหลอดสุญญากาศ 250 mL โดยกรองผ่าน Sintered glass filter หลังจากนั้นถ่ายสารตัวอย่างที่ผ่านการกรองลงใน ปีกเกอร์ขนาด 250 mL โดยต้องวางปีกเกอร์ไว้ในอ่างน้ำแข็ง แล้วนำบางส่วนไปทำให้เป็นกลาง โดยการ Hydrolysates ด้วย NaOH 7.5 M ปริมาตร 40 mL แล้วเขย่าให้เข้ากัน (Note: ไม่ควร ให้อุณหภูมิเกิน 40 องศาเซลเซียส) ปรับค่า pH เท่ากับ 2.20 โดยเติม 2 M NaOH แล้วนำไป ดำเนินการทดสอบต่อไป

#### 2.1.6 การวิเคราะห์หาปริมาณ โดย Amino acid analyzer

ทำการเจือจางสารที่ผ่านการระเหยแห้งด้วยขบวนการ Hydrolysates (a) ด้วย Sodium citrate และปรับ pH เท่ากับ 2.20 โดยเติม 2 M NaOH ในขณะที่ neutralized hydrolysates (b) ให้เจือจางด้วยน้ำที่ทราบปริมาณแน่นอนแล้วกรองผ่าน Filter unit ลงใน autosampler tube และฉีดลงในเครื่องวิเคราะห์ (Note: ปริมาตรที่ทราบแน่นอนใน การเจือจางจะมีผลต่อการวิเคราะห์)

โนทุกตัว

## 2.1.7 การคำนวณ

คำนวณการตอบสนองของปัจจัย ( $RF_{aa}$ ) สำหรับการวิเคราะห์กรดอะมิโน

$$RF_{aa} = \frac{P_n \times W_{aa}}{P_{aa} \times W_n}$$

เมื่อ  $P_{aa}$  = peak area of amino acid

$P_n$  = peak area of norleucine

$W_{aa}$  = weight of amino acid, mg

$W_n$  = weight of norleucine, mg

คำนวณ internal standard (IS)

$$IS = W_n \times 2 \times 10^{-2}$$

เมื่อ mg norleucine = ปริมาณความจุของ norleucine ใน 20 mL

คำนวณปริมาณ Amino acid (AA) ในตัวอย่างที่ทดสอบ

$$AA, \% = \frac{P_{aa} \times RF_{aa} \times IS \times 100}{P_n \times W_s}$$

เมื่อ  $P_{aa}$  = peak area of amino acid

$P_n$  = peak area of norleucine

$W_s$  = weight of test portion, mg

$RF_{aa}$  = amino acid response factor

IS = internal standard factor

## 3. วิเคราะห์ปริมาณรงควัตถุในใบ

## 3.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ และ แคโรทีนอยด์

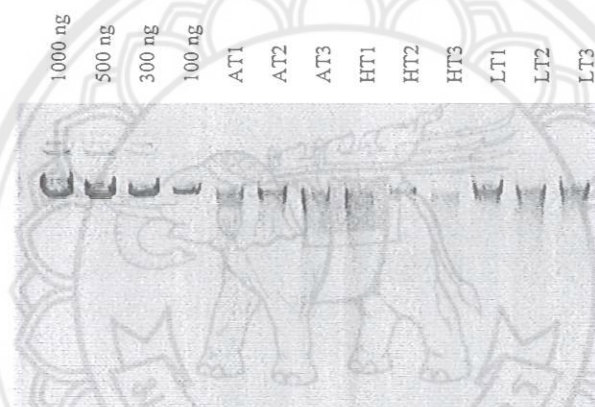
เก็บตัวอย่างใบพืชเพื่อวิเคราะห์ผลในระยะ V3, R1, R3 และ R5 ของถั่วเหลือง พันธุ์ศร.1 ชม.60 และ สจ.5 ซึ่งระยะข้อที่ 3 : V<sub>3</sub> ซึ่งเป็นระยะก่อนพ่นโอโซน อายุ 21, 26 และ 27 วัน ตามลำดับ, ระยะเริ่มออกดอก : R<sub>1</sub> อายุ 29, 36 และ 38 วัน ตามลำดับ, ระยะเริ่มติดฝัก : R<sub>3</sub> อายุ 47, 57 และ 59 วัน ตามลำดับ และ ระยะเริ่มติดเมล็ด : R<sub>5</sub> อายุ 55, 70 และ 73 วัน ตามลำดับ การวิเคราะห์โดยใช้วิธีของ Yoshida (1976) ดังนี้

การวิเคราะห์ค่าลักษณะทางพันธุกรรมด้วยวิธี  
AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism)

การตรวจสอบคุณภาพและปริมาณดีเอ็นเอของตัวอย่างใบถั่วเหลือง  
AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism)

การตรวจสอบคุณภาพและปริมาณดีเอ็นเอของตัวอย่างใบถั่วเหลือง

ตรวจสอบคุณภาพและปริมาณของดีเอ็นเอ โดยการเปรียบเทียบกับดีเอ็นเอมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น โดยใช้ 1% Agarose Gel Electrophoresis และย้อมแผ่นเจลด้วยสารละลาย ethidium bromide ตรวจสอบแถบดีเอ็นเอบนแผ่น agarose gel โดยส่องด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต บันทึกผลด้วยการถ่ายภาพ

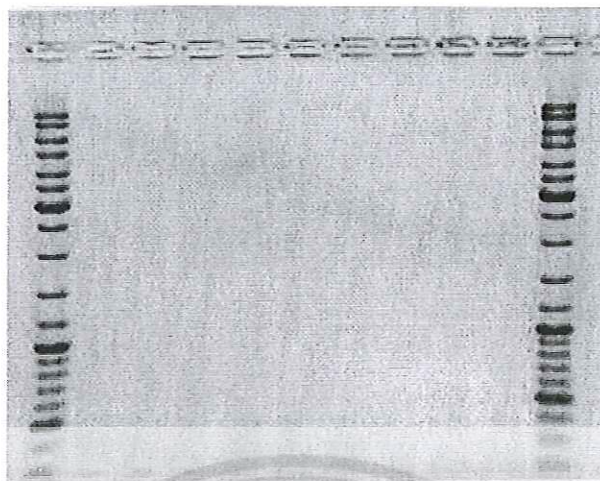


ภาพที่ 1 : การตรวจสอบคุณภาพและปริมาณของดีเอ็นเอของถั่วเหลือง จำนวน 9 ตัวอย่าง

การเตรียม ดีเอ็นเอต้นแบบ

1. Digestion : ใช้ genomic DNA ของถั่วเหลือง ประมาณ 100 ng นำมาตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ 2 ชนิดคือ *EcoRI* และ *MseI* โดยใช้เอนไซม์ชนิดละ 10 unit ในบัฟเฟอร์ A (Borhringer Mannheim: Roche) (33 mM Tris-HCl pH 7.5, 10 mM KCl, 0.5mM DTT) ในปริมาตร 25 ul นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C นาน 3 ชั่วโมง แบ่ง DNA ที่ผ่านการตัดแล้ว จำนวน 10 ul ไปตรวจดูว่ามีการตัดที่สมบูรณ์หรือไม่โดยใช้ 1% agarose gel electrophoresis

Kb Ladder    AT1    AT2    AT3    HT1    HT2    HT3    LT1    LT2    LT3    Kb Ladder



ภาพที่ 2 : การตรวจสอบสภาพการตัดดีเอ็นเอของถั่วเหลืองด้วย เอนไซม์ตัดจำเพาะ

2. Ligation : นำ DNA ที่ตัดสมบูรณ์แล้ว (เหลือปริมาตร 15  $\mu$ l) มาต่อด้วย Adapter ที่มีลำดับเบสตรงกับลำดับเบสของตำแหน่งตัดของเอนไซม์ตัดจำเพาะทั้งสองชนิด โดยการเติม 10  $\mu$ l ของสารที่ประกอบด้วย 7.5 pmol EcoRI-adapter, 75 pmol MseI-adapter, 1.2 mM ATP, 1X ligase buffer, 1.2 mM ATP และ เอนไซม์ T4- DNA ligase 2 unit จากนั้นจึงนำไปนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37  $^{\circ}$ C นาน 3 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลา นำ DNA ดังกล่าวมาเจือจางลง 100 เท่า ด้วย  $\text{dH}_2\text{O}$  เพื่อใช้เป็น ดีเอ็นเอต้นแบบ (DNA template) ในการเพิ่มปริมาณชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ต้องการโดยใช้ คู่ primer ต่างๆ

### การเพิ่มปริมาณชิ้นส่วน DNA ที่ต้องการ

1. Preselective : ทำการคัดเลือกชิ้นส่วน DNA โดยใช้ primer ที่มีเบสคัดเลือกจำนวน 1-1 base คือ ER-A : MS-A และ ER-A : MS-C

นำ DNA template มาทำการเพิ่มปริมาณ โดยมี PCR condition ดังนี้ : ในปฏิบัติการการเพิ่มปริมาณชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ต้องการนั้นจะประกอบไปด้วย DNA ที่เจือจางแล้ว 3 ul, primer (forward&reward) สายละ 0.25 uM, 1X Taq buffer, 1.5 mM MgCl<sub>2</sub>, 200 uM dNTPs, และ เอนไซม์ Taq DNA polymerase 0.3 unit ในปริมาตรทั้งหมด 10 ul

เมื่อผสมองค์ประกอบต่างๆเข้าด้วยกันแล้ว จึงนำไปใส่ในเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (GeneAmp<sup>R</sup> PCR System 9700 (Applied Biosystem)) ซึ่งมีอุณหภูมิต่างๆดังนี้คือ

50 °C	5 นาที	
94 °C	3 นาที	
94 °C	30 วินาที	} 24 รอบ
56 °C	1 นาที	
72 °C	1 นาที	
72 °C	5 นาที	

เมื่อเสร็จสิ้นปฏิบัติการ PCR ให้นำ PCR product ที่ได้มาเจือจางด้วย dH<sub>2</sub>O 100 เท่า แล้วจึงเก็บไว้เป็น DNA template สำหรับขั้นตอนต่อไป

2. Selective : ทำการคัดเลือกชิ้นส่วน DNA โดยใช้ primer ที่มีเบสคัดเลือกจำนวน 3-3 base โดยใช้จำนวน primer ทั้งหมด 6 คู่ primer ดังนี้
  1. AAC-ACT
  2. AGG-AAA
  3. AGG-AAC
  4. AAC-CAA
  5. AAC-CTT
  6. AGG-CAC

ในปฏิกิริยาการเพิ่มปริมาณชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ต้องการนั้นจะประกอบไปด้วย DNA ที่เจือจางแล้ว (จากขั้นตอนที่ 1) ปริมาตร 2 ul, primer (forward & reward) สายละ 0.25 uM, 1X Taq buffer, 1.5 mM MgCl<sub>2</sub>, 200 uM dNTPs, และเอนไซม์ Taq DNA polymerase 0.3 unit ในปริมาตรทั้งหมด 10 ul เมื่อผสมองค์ประกอบต่างๆเข้าด้วยกันแล้ว จึงนำไปใส่ในเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (GeneAmp<sup>R</sup> PCR System 9700 (Applied Biosystem)) ซึ่งมีอุณหภูมิต่างๆดังนี้คือ

94 °C	30 วินาที	} 9 รอบ โดยลด Annealing Temperature ลง 1 °C ทุกรอบ
65 °C**	30 วินาที	
72 °C	1 นาที	
94 °C	30 วินาที	} 30 รอบ
56 °C	30 วินาที	
72 °C	1 นาที	
4 °C	hold	

หลังเสร็จสิ้นปฏิกิริยา หยุดปฏิกิริยาด้วย 5 ul Loading buffer (10 mM EDTA (pH 8.0), 98% formamide, Bromophenol Blue & Xylenecyanol)

ตรวจสอบผลการทำ PCR โดยใช้ 4.5 % Polyacrylamide Gel Electrophoresis : silver staining

### การวิเคราะห์ผล

ทำการให้คะแนนแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏในแผ่นเจลเปรียบเทียบกับระหว่างตัวอย่าง ถั่วเหลือง 9 ตัวอย่างในตำแหน่งเดียวกัน ถ้าปรากฏแถบดีเอ็นเอ ให้คะแนน 1 ถ้าไม่ปรากฏแถบ ดีเอ็นเอ ให้คะแนน 0 โดยจะเลือกให้คะแนนเฉพาะแถบดีเอ็นเอที่เห็นชัดเจน

นำผลการให้คะแนนแถบดีเอ็นเอดังกล่าวไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่าง ถั่วเหลือง ทั้ง 9 ตัวอย่าง โดยใช้ program NTSYSpc for Windows Version 2.01e รายงานผลเป็น Phylogenetic tree ของตัวอย่างถั่วเหลือง

บทความที่ได้ตีพิมพ์เผยแพร่แล้ว จำนวน 2 ผลงาน



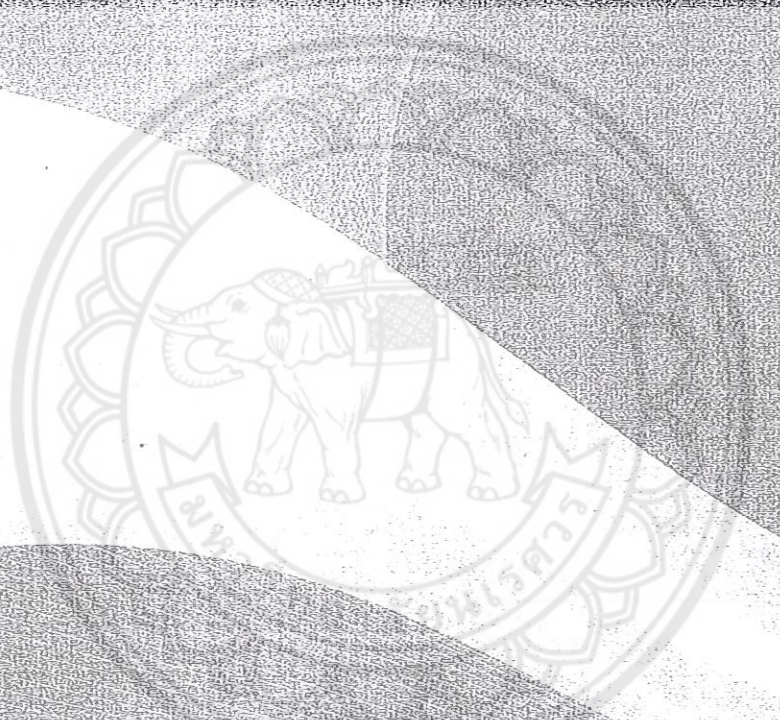


p-ISSN 2010-376X  
e-ISSN 2010-3778



# WORLD ACADEMY OF SCIENCE, ENGINEERING AND TECHNOLOGY

ISSUE 30 NOVEMBER 2011 VENICE ITALY



[www.waset.org](http://www.waset.org)

Dear Distinguished Delegate,

World Academy of Science, Engineering and Technology Conference is an international scientific forum of distinguished scholars engaged in scientific, engineering and technological research, dedicated to the furtherance of science, engineering and technology. The academic research conference since its inception is at the cutting edge of international nonprofit scientific, engineering and technological progress to promoting excellence in science.

The conference plays an influential role in science and promotes developments in science, engineering and technology in a wide range of ways. The conference aims to foster research in the area of science and technology and its impact to mainstream human activities. Specifically, it serves as a venue for discussion and exchange of ideas on current issues in science and technology.

All full paper submissions to the conference are peer reviewed & refereed and evaluated based on originality, research content, and correctness, relevance to contributions, and readability. In this context, the full paper submissions are chosen based on technical merit, interest, applicability, and how well they fit a coherent and balanced technical program. The accepted full papers after rigorous peer reviewing process have been published in the refereed international conference proceedings.

INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE

- |  |   |
|--|---|
| Alexander Vaninsky, USA<br>Mathematics Department<br>Hofstra Community College, CUNY, USA                                  | Kenneth Revett, UK<br>University of Westminster<br>Harrow School of Computer Science, London, UK                            |
| Arkady Bolotin, IL<br>Ben-Gurion University of the Negev<br>BeerSheva, Israel  | Mikhail E. Semenov<br>Department of Higher Mathematics and Mathematical<br>Physics Tomsk Polytechnic University, Russia, RU |
| Byoung-Tak Zhang, KR<br>School of Computer Science and Engineering<br>Seoul National University, Seoul, Korea              | Miloš Šeda, CZ<br>Brno University of Technology<br>Institute of Automation and Computer Science, CZ                         |
| Chanseng He, USA<br>Department of Geography<br>Western Michigan University, USA  | Mohammad Siddique, USA<br>Department of Mathematics and Computer Science,<br>Fayetteville State University, USA             |
| Christos Grevos, UK<br>School of Computing<br>University of West Of Scotland, UK   | Omar J. Khan, USA<br>Maine Business School<br>University of Maine, USA  |
| Edgardo Bucciarelli, IT<br>Department of Quantitative Methods and Economic Theory,<br>University of Chieti-Pescara - Italy | Peter Pivonka, AU<br>Melbourne School Of Engineering<br>Department of Biomedical Engineering, AU                            |
| Eric T T Wong, HK<br>Department of Mechanical Engineering<br>The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong               | Prabhat K. Mahanti, CA<br>Department of Computer Science and Applied Statistics,<br>University of New Brunswick, Canada     |
| Éric Filiol, FR<br>Ecole Supérieure d'Informatique, d'Electronique et<br>d'Automatique, France                             | Quoc-Nam Tran, USA<br>Lamar (Texas State) University<br>Beaumont, Texas, USA  |
| James. A. Nelson, USA<br>Department of Accounting and Information Systems<br>New Mexico State University                   | S. M. A. Burney, PK<br>Department of Computer Science<br>University of Karachi, Pakistan                                    |
| Karen Armstrong, CA<br>York University<br>Faculty of Education, Canada   | Wang Zhigang, USA<br>University of California, Davis<br>Mechanical & Aeronautical Engineering, USA                          |
| Kenan Matawie, AU<br>School of Computing and Mathematics<br>University of Western Sydney, Australia                        | Zarita Zainuddin, MY<br>School of Mathematical Sciences<br>Universiti Sains Malaysia  |

Article #	TABLE OF CONTENTS -PART XIII-	Page
280	MAS Simulations of Optical Antenna Structures <i>K. Tavakoli, G. Ghvedashvili</i>	1479
281	Simulation of Climate Variability for Assessing Impacts on Yield and Genetic Change of Thai Soybean <i>Kanittha Thanacharoenchonaphas, Orose Rugschali</i>	1484
282	Probabilistic Approach as a Method Used in the Solution of Engineering Design for Biomechanics and Mining <i>Karel Frydryšek</i>	1489
283	Consideration of Criteria of Vibration Comfort of People in Diagnosis and Design of Buildings <i>Kowceki J., Kowalska-Koczwara A., Sypula K.</i>	1496
284	Appropriate Intercity Paths based upon Different Factors in the City of Mahshahr and Presenting Proper Solutions <i>Kazem Mousavi Nejad, Emad Hezkhah, Amir Abbas Bagheri, Ramin Garibvand, Fateme Mousavi Nejad</i>	1503
285	Facile Synthesis of Vertically Aligned ZnO Nanowires on Carbon Layer by Vapour Deposition <i>Kh. A. Abdullin, N. B. Bakranov, S. E. Kudaihergenov, S.E. Kumekov, V. N. Ermolaev, L. V. Podrezova</i>	1506
286	Fault Detection via Stability Analysis for the Hybrid Control Unit of HEVs <i>Kyogun Chang, Yoon Bak Lee</i>	1510
287	Thermodynamic Performance of Regenerative Organic Rankine Cycles <i>Kyong Hoon Kim</i>	1515
288	Prediction of the Rear Fuselage Temperature with Radiation Shield <i>Kyung Joo Yi, Seung Wook Baek, Sung Nam Lee, Man Young Kim, Wim Cheol Kim, Gun Yung Go</i>	1520
289	Satellite Thermal Control: Cooling by a Diphasic Loop <i>L. Boukhris, A. Boujmal, A. Bellur, R. Roubache, M. Bensaida</i>	1524
290	Mercury Content in Edible Part of Quiliches Rubber Marketed in Hamedan, Iran <i>L. Tayebi, S. Sohtanarabkani, A. Farnsny, M. Cheraghi</i>	1527
291	Dynamic Response of Wind Turbines to Theoretical 3D Seismic Motions Taking into Account the Rotational Component <i>L. Hermanns, M.A. Santoyo, L. E. Quirós, J. Vega, J. M. Gaspar-Escribano, B. Benito</i>	1530
292	Phytotoxicity of <i>Daphne Goidium</i> L. Occurring in Tunisia <i>Laadhari A., Omezzine F., Rincz A., Haouala R.</i>	1534
293	Intrinsic Kinetics of Methanol Dehydration over Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Catalyst <i>Liang Zhang, Hai-Tao Zhang, Wei-Yang Ying, Ding-Ye Fang</i>	1538
294	Modeling Directional Thermal Radiation Anisotropy for Urban Canopy <i>Limin Zhao, Xingfa Gu, C. Tao Yu</i>	1544
295	Graph-Based Text Similarity Measurement by Exploiting Wikipedia as Background Knowledge <i>Lu Zhang, Chunping Li, Jun Liu, Hui Wang</i>	1548
296	The Benefits of IFRS Adoption – A survey of Chief Financial Officers of Romanian Listed Companies <i>Lucian Munteanu</i>	1554
297	Calibration of Parallel Multi-View Cameras <i>M. Ali-Bey, N. Monamanni, S. Moughamie</i>	1560
298	Investigating Ultra Violet (UV) Strength against Different Level of Altitude using New Environmental Data Management System <i>M. Amir Abbas, M. Dohui</i>	1568
299	Hydrolysis Characteristics of Polycrystalline Lithium Hydride Powders and Sintered Bulk <i>M. B. Shuai, S. Xiao, Q. S. Li, M. F. Chu, X. F. Yang</i>	1573
300	Effect of Mean Stress on Fatigue Crack Growth Behavior of Stainless Steel 304L <i>M. Benachour, N. Benachour</i>	1578
301	Comparative Study of Three DGS Unit Shapes and Compact Microstrip Low-Pass and Band-Pass Filters Designs <i>M. Challof, F. Lahu, M. Delmas, A. Azor</i>	1582
302	Restoration of Biological Function of Degraded Soil via Chemical Method <i>M. Chomecviska</i>	1587
303	Assessment of Climate Policy and Sustainability in Hungary <i>M. Cséte, G. Szendrő</i>	1592
304	Envelope-Wavelet Packet Transform for Machine Condition Monitoring <i>M. F. Yagub, I. Goukhal, J. Karamzaman</i>	1597
305	Impact of Fixation Time on Subjective Video Quality Metric: a New Proposal for Lossy Compression Impairment Assessment <i>M. G. Albanesi, R. Amadeo</i>	1604
306	Influence of Biofertilizers on Flower Yield and Essential Oil of Chamomile ( <i>Matricaria chamomile</i> L.) <i>M. Haj Seyyed Hadi, M. Taghi Dorzi, Z. Ghahchehriaravijeh, GH. Rizi</i>	1612
307	Analysis of Catalytic Properties of Ni <sub>3</sub> Al Thin Foils for the Methanol and Hexane Decomposition <i>M. Afsharska-Donsanska, P. Jázvák, Z. Bajzar</i>	1616
308	Stability Verification for Bilateral Teleoperation System with Variable Time Delay <i>M. Sallam, A. Ramadan, M. Fanni, M. Abkellatif</i>	1620

# Simulation of Climate Variability for Assessing Impacts on Yield and Genetic Change of Thai Soybean

Kanita Thanacharoenchanaphas and Orose Rugchati

**Abstract**—This study assessed the effects of climate change on Thai soybeans under simulation situations. Our study is focused on temperature variability and effects on growth, yield, and genetic changes in 2 generations of Chiang Mai 60 cultivars. In the experiment, soybeans were exposed to 3 levels of air temperature for 8 h day<sup>-1</sup> in an open top chamber for 2 cropping periods. Air temperature levels in each treatment were controlled at 30-33°C ( $\pm 2.3$ ) for LT-treatment, 33-36°C ( $\pm 2.4$ ) for AT-treatment, and 36-40°C ( $\pm 3.2$ ) for HT-treatment, respectively. Positive effects of high temperature became obvious at the maturing stage when yield significantly increased in both cropping periods. Results in growth indicated that shoot length at the pre-maturing stage (V3-R3) was more positively affected by high temperature than at the maturing stage. However, the positive effect on growth under high temperature was not found in the 2<sup>nd</sup> cropping period. Finally, genetic changes were examined in phenotype characteristics by the AFLPs technique. The results showed that the high temperature factor clearly caused genetic change in the soybeans and showed more alteration in the 2<sup>nd</sup> cropping period.

**Keywords**—simulation, air temperature, variability, Thai soybean, yield, genetic change

## I. INTRODUCTION

CLIMATE is the primary factor for agricultural production. Agriculture is one sector which is important to consider in terms of climate change. The changes in global climate related parameters such as temperature, precipitation, soil moisture, and sea level [1] are expected to alter crop productivity due changes in climate, weather events, and patterns of pests and diseases. Many research studies have shown the impacts of climate variability on yield loss or the alteration of physiological mechanisms on cereal crops [2]. Increased air temperature is one of important climate change indicator that causes heat stress on plants. Heat stress is a serious threat to crop production worldwide. There is a strong scientific consensus (such as IPCC) that global mean surface temperatures will increase from the present by 1 °C to 3.5 °C by the year 2100 [3]. Hence, the climate change conditions due to global warming are likely to affect future global agricultural production through changes in nutrition and genetics [4]-[5].

<sup>1</sup>Department of Natural Resources and Environment, Faculty of Agriculture, Naresuan University, Phitsanulok Thailand, 65000. E-mail address: kanita@nu.ac.th

<sup>2</sup>Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok Thailand, 65000\*Corresponding author. E-mail address: orose@nu.ac.th

Soybeans [*Glycine max* (L.) Merrill] rank as one of the most important agricultural crops of the world. A recent study revealed that unfavorable environmental conditions (temperature variability, rainfall variability, and relative humidity variability) during seed growth and development in the field can reduce germination and vigor of soybean seeds [6]. Therefore, the climate change condition is likely to have a substantial impact on biomass, production, or nutritional value of soybeans in Asian countries such as Japan, India, and Thailand [5], [7].

Considerable future temperature changes in Thailand, will be high enough to cause adverse effects on soybeans. However, the possible adverse effects of temperature change on soybean production in the growing season or genetic change is not well understood in Thailand. Thus, in this study we carried out an experiment to assess the impacts of air temperature variability to understand how increased and decreased air temperature in the growing season affect growth yield and genetic change of Thai soybeans.

## II. MATERIALS AND METHOD

### A. Field study

The study area was a suburban area located at coordinates 16 degrees and 44.003 minutes north of the equator, and 100 degrees and 11.810 minutes east of Prime Meridian (Fig.1). The field study was carried out at the agricultural crops field in Naresuan University, Phitsanulok, Thailand. The total study area covered about 200 m<sup>2</sup>.

### B. Soybean planting and experimental design

Thai soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.) Chiang Mai 60 cultivar were used in this experiment. They were planted for 2 cropping periods (2 generations) during 2009 to 2010. Three replications of a Randomized Complete Block Design (RCBD) were used in three treatments with different levels of air temperature. Soybean seeds were obtained from the Agricultural Research and Development Center in Phitsanulok, Thailand. The soybean seeds were planted with a 20 x 50 cm spacing. At the vegetative growth stage (V-satge), the soybeans in all three treatments were exposed to temperature variability for 8 hr exposure (9.00 am – 5 pm) in open top chambers until harvest. In the experiment, the 1<sup>st</sup> generation seeds were planted to yield the 2<sup>nd</sup> generation. Therefore, there were 2 cropping periods under air temperature variability.

# Simulation of Climate Variability for Assessing Impacts on Yield and Genetic Change of Thai Soybean

Kanita Thanacharoenchanaphas and Orose Rugchati

**Abstract**—This study assessed the effects of climate change on Thai soybeans under simulation situations. Our study is focused on temperature variability and effects on growth, yield, and genetic changes in 2 generations of Chiang Mai 60 cultivars. In the experiment, soybeans were exposed to 3 levels of air temperature for 8 h day<sup>-1</sup> in an open top chamber for 2 cropping periods. Air temperature levels in each treatment were controlled at 30-33°C (± 2.3) for LT-treatment, 33-36°C (± 2.4) for AT-treatment, and 36-40°C (± 3.2) for HT-treatment, respectively. Positive effects of high temperature became obvious at the maturing stage when yield significantly increased in both cropping periods. Results in growth indicated that shoot length at the pre-maturing stage (V3-R3) was more positively affected by high temperature than at the maturing stage. However, the positive effect on growth under high temperature was not found in the 2<sup>nd</sup> cropping period. Finally, genetic changes were examined in phenotype characteristics by the AFLPs technique. The results showed that the high temperature factor clearly caused genetic change in the soybeans and showed more alteration in the 2<sup>nd</sup> cropping period.

**Keywords**—simulation, air temperature, variability, Thai soybean, yield, genetic change

## I. INTRODUCTION

CLIMATE is the primary factor for agricultural production. Agriculture is one sector which is important to consider in terms of climate change. The changes in global climate related parameters such as temperature, precipitation, soil moisture, and sea level [1] are expected to alter crop productivity due changes in climate, weather events, and patterns of pests and diseases. Many research studies have shown the impacts of climate variability on yield loss or the alteration of physiological mechanisms on cereal crops [2]. Increased air temperature is one of important climate change indicator that causes heat stress on plants. Heat stress is a serious threat to crop production worldwide. There is a strong scientific consensus (such as IPCC) that global mean surface temperatures will increase from the present by 1 °C to 3.5 °C by the year 2100 [3]. Hence, the climate change conditions due to global warming are likely to affect future global agricultural production through changes in nutrition and genetics [4]-[5].

\*Department of Natural Resources and Environment, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok Thailand, 65000. E-mail address: kanita@nu.ac.th

\*\*Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok Thailand, 65000\*\*Corresponding author. E-mail address: oroser@nu.ac.th

Soybeans [*Glycine max* (L.) Merrill] rank as one of the most important agricultural crops of the world. A recent study revealed that unfavorable environmental conditions (temperature variability, rainfall variability, and relative humidity variability) during seed growth and development in the field can reduce germination and vigor of soybean seeds [6]. Therefore, the climate change condition is likely to have a substantial impact on biomass, production, or nutritional value of soybeans in Asian countries such as Japan, India, and Thailand [5], [7].

Considerable future temperature changes in Thailand, will be high enough to cause adverse effects on soybeans. However, the possible adverse effects of temperature change on soybean production in the growing season or genetic change is not well understood in Thailand. Thus, in this study we carried out an experiment to assess the impacts of air temperature variability to understand how increased and decreased air temperature in the growing season affect growth yield and genetic change of Thai soybeans.

## II. MATERIALS AND METHOD

### A. Field study

The study area was a suburban area located at coordinates 16 degrees and 44.003 minutes north of the equator, and 100 degrees and 11.810 minutes east of Prime Meridian (Fig.1). The field study was carried out at the agricultural crops field in Naresuan University, Phitsanulok, Thailand. The total study area covered about 200 m<sup>2</sup>.

### B. Soybean planting and experimental design

Thai soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.) Chiang Mai 60 cultivar were used in this experiment. They were planted for 2 cropping periods (2 generations) during 2009 to 2010. Three replications of a Randomized Complete Block Design (RCBD) were used in three treatments with different levels of air temperature. Soybean seeds were obtained from the Agricultural Research and Development Center in Phitsanulok, Thailand. The soybean seeds were planted with a 20 x 50 cm spacing. At the vegetative growth stage (V-satage), the soybeans in all three treatments were exposed to temperature variability for 8 hr exposure (9.00 am – 5 pm) in open top chambers until harvest. In the experiment, the 1<sup>st</sup> generation seeds were planted to yield the 2<sup>nd</sup> generation. Therefore, there were 2 cropping periods under air temperature variability.

icts

most  
udy  
ons  
tive  
t in  
eds  
ve a  
lue  
and

will  
ans.

nge  
etic  
udy  
air  
and  
wth

ates  
100  
;1).  
ield  
udy

60  
for  
)10.  
sign  
s of  
the  
Jok,  
cm  
the  
ture  
top  
tion  
ore.  
ture



Fig. 1 Field study area in Phitsanulok, Thailand Cited from Google (2011)

C. Temperature control

The cylindrical open top chamber (internal volume = 6.3 m<sup>3</sup>) was constructed out of transparent plastic (Fig.2). Ventilation fans were equipped on the front of the chamber to facilitate air circulation and to equilibrate the temperature difference between inside and outside of the chamber. Three levels of air temperature: ambient level (AT-treatment), lower than ambient level (LT-treatment), and higher than ambient level (HT-treatment) were set up. Water was released via an electrical control system (opening-closing) to control air temperature in the open top chamber. Mean air temperature levels ( $\pm$  S.D) for 8 hr for each treatment were 30-33 °C ( $\pm$  2.3) for the LT-treatment, 33-36 °C ( $\pm$  2.4) for the AT-treatment, and 36-40 °C ( $\pm$  3.2) for the HT-treatment, respectively.

D. Growth and yield determination

During the experimental period, soybean plants were sampled to determine shoot length (height) at 7 different growth stages for the growth and reproductive stages:

Growth stage

V1 (first node)

V2 (second node)

V3 (third node)

Reproductive stage

R1 (beginning bloom)

R3 (beginning pod)

R6 (full seed)

R8 (full maturity)

Soybean seeds were harvested and the No. of total seed/plant from the experimental field were determined at the harvest stage (95 days). The shoot length (height) of the soybean plant samples were determined for the total No. of seed/plant.

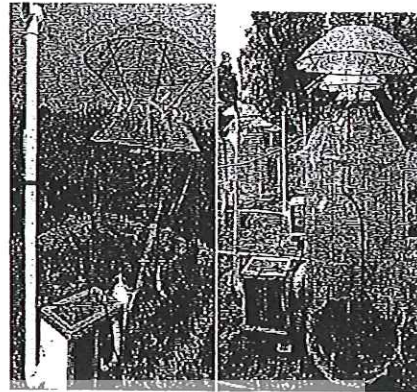


Fig. 2 Open top chamber in experiment with electrical control system

E. Genetic change

The genetic changes were examined in phenotype characteristics. Soybean leaves at the end of the V3 stage in both cropping periods were sampled and analyzed. The AFLPs technique (Amplified fragment Length Polymorphism) with 6 primers was used in the experiment.

F. Statistical analysis

The growth parameters and grain yield data were analyzed statistically with analysis of variance (ANOVA). Significant differences of parameters were reported at  $p < 0.05$  by DMRT.

III. RESULTS AND DISCUSSION

A. Shoot length at different growth stages

Exposure of soybeans to different air temperature levels was carried out in an open top chamber. In the 1<sup>st</sup> cropping period, we observed that the high temperature in the HT-treatment resulted in a significant increase in shoot length at the V1, V2, V3, R1, and R3 stage. In contrast, a significant decrease in shoot length was observed in the LT-treatment (low-temperature). Further increase or decrease in air temperature variability in the growth stage did not result at the full seed stage (R6) and the full maturing stage (R8) (Fig. 3). However, we did not find any correlation between temperature levels and shoot length of soybeans for all growth stages in the 2nd cropping period (Fig.4). Fig. 5 and Fig. 6 compare the percentage of height (cm) increase at different growth stages between the HT-treatment and the LT-treatment, and the HT-treatment and the AT-treatment, respectively.

High temperature evidently induced an increase in shoot length at initial growth (by approximately 27%), especially at the V2 stage in the 1<sup>st</sup> cropping stage (by approximately 80%). While in the reproductive stages, the percentage of height (cm) increase was approximately 20% less.

icts

most  
udy  
ons  
tive  
t in  
eds  
re a  
lue  
and

will  
ans.  
nge  
etic  
udy  
air  
and  
wth

ates  
100  
:1).  
ield  
udy

60  
for  
)10.  
sign  
s of  
the  
Jok,  
cm  
the  
ture  
top  
tion  
bre.  
ture



Fig. 1 Field study area in Phitsanulok, Thailand Cited from Google (2011)

*C. Temperature control*

The cylindrical open top chamber (internal volume = 6.3 m<sup>3</sup>) was constructed out of transparent plastic (Fig.2). Ventilation fans were equipped on the front of the chamber to facilitate air circulation and to equilibrate the temperature difference between inside and outside of the chamber. Three levels of air temperature: ambient level (AT-treatment), lower than ambient level (LT-treatment), and higher than ambient level (HT-treatment) were set up. Water was released via an electrical control system (opening-closing) to control air temperature in the open top chamber. Mean air temperature levels ( $\pm$  S.D) for 8 hr for each treatment were 30-33 °C ( $\pm$  2.3) for the LT-treatment, 33-36 °C ( $\pm$  2.4) for the AT-treatment, and 36-40 °C ( $\pm$  3.2) for the HT-treatment, respectively.

*D. Growth and yield determination*

During the experimental period, soybean plants were sampled to determine shoot length (height) at 7 different growth stages for the growth and reproductive stages:

*Growth stage*

V1( first node)

V2(second node)

V3(third node)

*Reproductive stage*

R1(beginning bloom)

R3(beginning pod)

R6(full seed)

R8(full maturity)

Soybean seeds were harvested and the No. of total seed/plant from the experimental field were determined at the harvest stage (95 days). The shoot length (height) of the soybean plant samples were determined for the total No. of seed/plant.

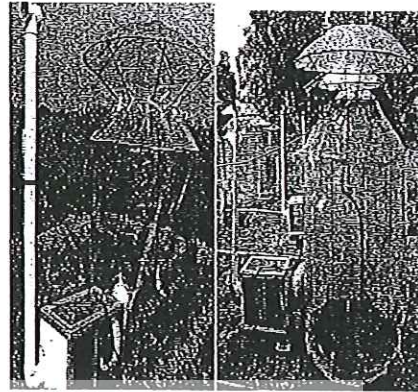


Fig. 2 Open top chamber in experiment with electrical control system

*E. Genetic change*

The genetic changes were examined in phenotype characteristics. Soybean leaves at the end of the V3 stage in both cropping periods were sampled and analyzed. The AFLPs technique (Amplified fragment Length Polymorphism) with 6 primers was used in the experiment.

*F. Statistical analysis*

The growth parameters and grain yield data were analyzed statistically with analysis of variance (ANOVA). Significant differences of parameters were reported at  $p < 0.05$  by DMRT.

III. RESULTS AND DISCUSSION

*A. Shoot length at different growth stages*

Exposure of soybeans to different air temperature levels was carried out in an open top chamber. In the 1<sup>st</sup> cropping period, we observed that the high temperature in the HT-treatment resulted in a significant increase in shoot length at the V1, V2, V3, R1, and R3 stage. In contrast, a significant decrease in shoot length was observed in the LT-treatment (low-temperature). Further increase or decrease in air temperature variability in the growth stage did not result at the full seed stage (R6) and the full maturing stage (R8) (Fig. 3). However, we did not find any correlation between temperature levels and shoot length of soybeans for all growth stages in the 2nd cropping period (Fig.4). Fig. 5 and Fig. 6 compare the percentage of height (cm) increase at different growth stages between the HT-treatment and the LT-treatment, and the HT-treatment and the AT-treatment, respectively.

High temperature evidently induced an increase in shoot length at initial growth (by approximately 27%), especially at the V2 stage in the 1<sup>st</sup> cropping stage (by approximately 80%). While in the reproductive stages, the percentage of height (cm) increase was approximately 20% less.

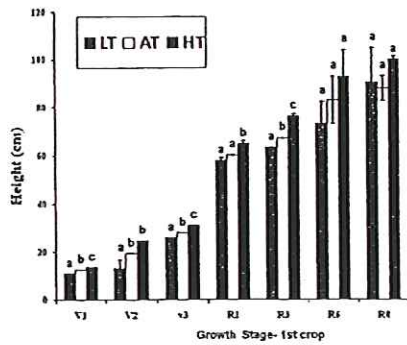


Fig. 3 Height (cm) of Thai soybeans (Chiang Mai 60 Cultivar) under 3 air temperature variability treatments at different growth stages (1<sup>st</sup>-crop)

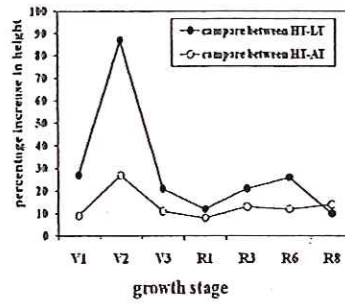


Fig. 5 Percentage of height (cm) increase at different growth stages of Thai soybeans, compared between HT-treatment and LT-treatment, and HT-treatment and AT-treatment in the 1<sup>st</sup> cropping period.

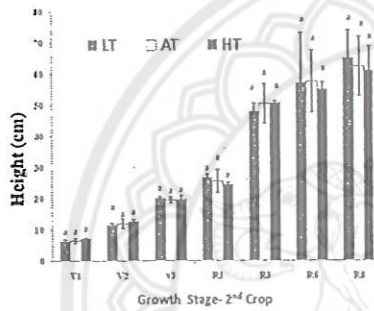


Fig. 4 Height (cm) of Thai soybeans (Chiang Mai 60 Cultivar) under 3 air temperature variability treatments at different growth stages (2<sup>nd</sup> crop)

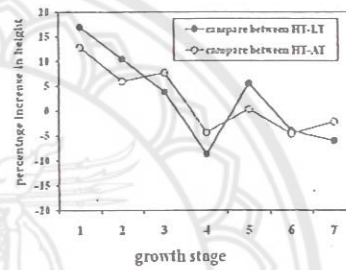


Fig. 6 Percentage of height (cm) increase at different growth stages of Thai soybeans, compared between HT-treatment and LT-treatment, and HT-treatment and AT-treatment in the 2<sup>nd</sup> cropping period.

**B. Soybean yield**

In the experiment, grain yields of Chiang Mai 60 cultivars in 3 treatments were examined for No. of total seed /plant at the maturity stage. The results revealed that high temperature (HT-treatment) strongly increased the No. of total seed/plant in both cropping periods (by 28.9 % and 30.62%, respectively) (Fig.7). While, exposure to low temperature did not significantly affect seed yield in soybeans in either cropping periods.



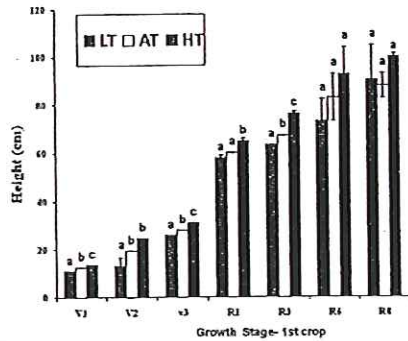


Fig. 3 Height (cm) of Thai soybeans (Chiang Mai 60 Cultivar) under 3 air temperature variability treatments at different growth stages (1<sup>st</sup>-crop)

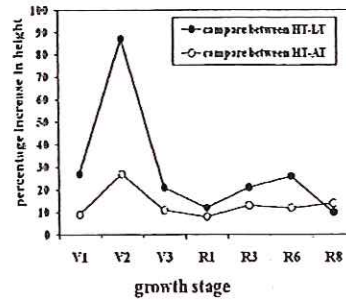


Fig. 5 Percentage of height (cm) increase at different growth stages of Thai soybeans, compared between HT-treatment and LT-treatment, and HT-treatment and AT-treatment in the 1<sup>st</sup> cropping period.

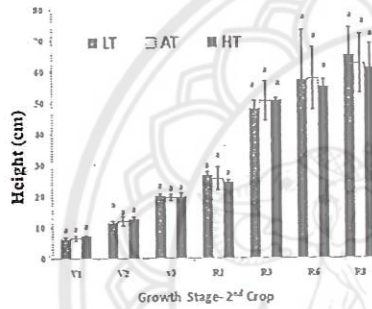


Fig. 4 Height (cm) of Thai soybeans (Chiang Mai 60 Cultivar) under 3 air temperature variability treatments at different growth stages (2<sup>nd</sup> crop)

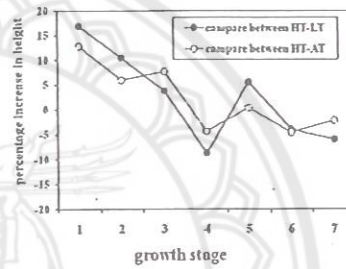


Fig. 6 Percentage of height (cm) increase at different growth stages of Thai soybeans, compared between HT-treatment and LT-treatment, and HT-treatment and AT-treatment in the 2<sup>nd</sup> cropping period.

*B. Soybean yield*

In the experiment, grain yields of Chiang Mai 60 cultivars in 3 treatments were examined for No. of total seed /plant at the maturity stage. The results revealed that high temperature (HT-treatment) strongly increased the No. of total seed/plant in both cropping periods (by 28.9 % and 30.62%, respectively) (Fig.7). While, exposure to low temperature did not significantly affect seed yield in soybeans in either cropping periods.

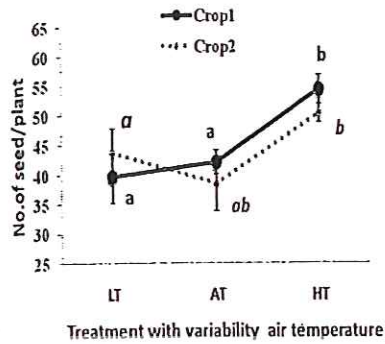


Fig. 7 No. of seed/plant of Thai soybeans (Chiang Mai 60 Cultivar) under 3 air temperature variability treatments

we found that the continuous high temperature exposure through 2 cropping periods caused more alteration in phenotype characteristics in the HT-treatment (Fig.9).

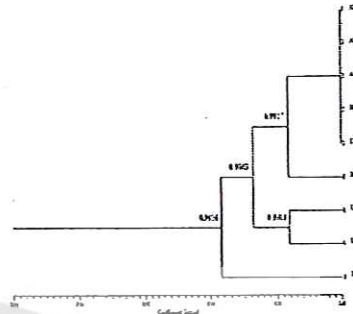


Fig. 8 Phylogenetic tree of soybeans in 3 treatments in the 1<sup>st</sup> cropping period

The grain growth of cereal crops depends on the production of carbohydrates and the translocation of assimilates from the source organs to the grains. If the source activity exceeds the sink activity (grain filling) of the grains, excess carbohydrate is stored in the stem or leaves [8]. The support of photosynthetic activity under high temperature may be one of the important mechanisms that induced a increased seed yield in Chiang Mai 60 cultivar [8]. Similar results were found in wheat [9]. High temperatures increased the rate of grain growth and promoted grain size but decreased the duration of grain filling.

However, the results of the experiment are not consistent with some data concerning temperature stress during the crop period. Many reports suggest that temperature extremes during seed development affect soybean seed quality. Freeze injury before physiological maturity caused large reductions in germination and vigor [6]. Many seeds produced by soybean plants exposed to excessively high temperatures during seed filling are shriveled or abnormal (flattened and wrinkled with depressions in the seed coat), and the quality of these seeds is often much lower than seeds with no visible imperfections [6]. Hence, further monitoring on the effects of temperature extremes on yield and nutritional value in Thai soybean seeds is needed.

*C. Phenotype characteristics*

We analyzed phenotypic changes by the Amplified Fragment Length Polymorphisms (AFLPs) technique. The effects of temperature variability on phenotype characteristic changes of soybeans for 2 cropping periods are shown in Fig.8-F.g.9. Six primer sequences of DNA indicated that soybeans under 3 levels of temperature in the growing season could be categorized into 2 groups: AT treatment and the LT treatment. The results indicated that the high temperature factor clearly caused genetic changes in soybeans. Moreover,

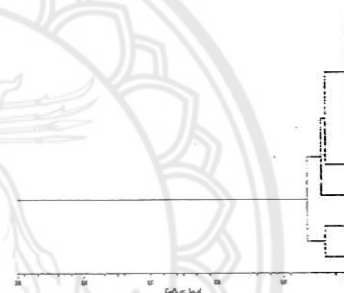


Fig. 9 Phylogenetic tree of soybeans in 3 treatments in the 2<sup>nd</sup> cropping period

The genetic change in the high temperature treatment may be caused by alterations in mechanisms, such as inhibition of protein synthesis which led to DNA changes. Direct injuries due to high temperatures include protein denaturation and aggregation, and increased fluidity of membrane lipids. Indirect or slower heat injuries include inactivation of enzymes in chloroplast and mitochondria, protein degradation, and loss of membrane integrity [10]. Heat stress also affects the organization of microtubules by splitting and/or elongation of spindles and the formation of microtubule asters in mitotic cells [11]. Moreover, after exposure to high temperatures changes occur at the molecular level altering the expression of genes and accumulation of transcripts, thereby leading to the synthesis of stress related proteins as a stress-tolerance strategy [12]. These may be the reasons why the genetics were altered

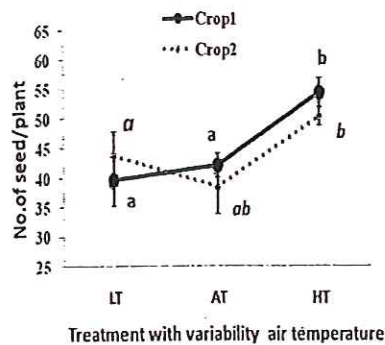


Fig. 7 No. of seed/plant of Thai soybeans (Chiang Mai 60 Cultivar) under 3 air temperature variability treatments

The grain growth of cereal crops depends on the production of carbohydrates and the translocation of assimilates from the source organs to the grains. If the source activity exceeds the sink activity (grain filling) of the grains, excess carbohydrate is stored in the stem or leaves [8]. The support of photosynthetic activity under high temperature may be one of the important mechanisms that induced a increased seed yield in Chiang Mai 60 cultivar [8]. Similar results were found in wheat [9]. High temperatures increased the rate of grain growth and promoted grain size but decreased the duration of grain filling.

However, the results of the experiment are not consistent with some data concerning temperature stress during the crop period. Many reports suggest that temperature extremes during seed development affect soybean seed quality. Freeze injury before physiological maturity caused large reductions in germination and vigor [6]. Many seeds produced by soybean plants exposed to excessively high temperatures during seed filling are shriveled or abnormal (flattened and wrinkled with depressions in the seed coat), and the quality of these seeds is often much lower than seeds with no visible imperfections [6]. Hence, further monitoring on the effects of temperature extremes on yield and nutritional value in Thai soybean seeds is needed.

*C. Phenotype characteristics*

We analyzed phenotypic changes by the Amplified Fragment Length Polymorphisms (AFLPs) technique. The effects of temperature variability on phenotype characteristic changes of soybeans for 2 cropping periods are shown in Fig.8-F.g.9. Six primer sequences of DNA indicated that soybeans under 3 levels of temperature in the growing season could be categorized into 2 groups: AT treatment and the LT treatment. The results indicated that the high temperature factor clearly caused genetic changes in soybeans. Moreover,

we found that the continuous high temperature exposure through 2 cropping periods caused more alteration in phenotype characteristics in the HT-treatment (Fig.9).

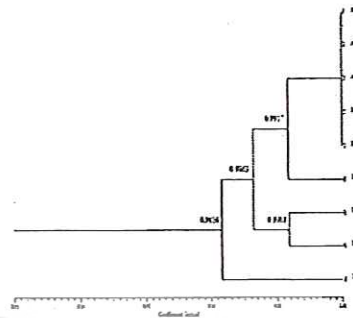


Fig. 8 Phylogenetic tree of soybeans in 3 treatments in the 1<sup>st</sup> cropping period

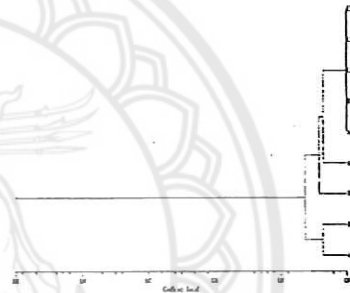


Fig. 9 Phylogenetic tree of soybeans in 3 treatments in the 2<sup>nd</sup> cropping period

The genetic change in the high temperature treatment may be caused by alterations in mechanisms, such as inhibition of protein synthesis which led to DNA changes. Direct injuries due to high temperatures include protein denaturation and aggregation, and increased fluidity of membrane lipids. Indirect or slower heat injuries include inactivation of enzymes in chloroplast and mitochondria, protein degradation, and loss of membrane integrity [10]. Heat stress also affects the organization of microtubules by splitting and/or elongation of spindles and the formation of microtubule asters in mitotic cells [11]. Moreover, after exposure to high temperatures changes occur at the molecular level altering the expression of genes and accumulation of transcripts, thereby leading to the synthesis of stress related proteins as a stress-tolerance strategy [12]. These may be the reasons why the genetics were altered

by the high temperature. The characteristics of responses varied according to temperature levels, growth stages, and parameters. The results suggest that the high temperature in the growing season in this experiment (36-40 °C), which could appear in future in Thailand, causes a significant alteration in physiological mechanisms and genetics of Thai soybeans.

However, more field studies to assess impacts on nutritional values need monitoring to quantitatively estimate the effects of climate variability on crop productivity in Thailand.

#### IV. CONCLUSION

The results of this study demonstrated that exposure to air temperature variability under a climate change situation (simulation) led to alteration in growth, yield, and genetics of Thai soybeans, Chiang Mai 60, cultivars. High temperature caused obvious genetic changes but induced an increase in shoot length and seed yield.

#### ACKNOWLEDGMENT

This research was supported by Naresuan University, Thailand. The authors are also grateful to the Agricultural Research and Development Center, Phitsanulok for assisting with soybean seeds in this research.

#### REFERENCES

- [1] C. Aydinalp, and M.S. Cresser. "The effects of global Climate Change on agriculture." *J. Agric. & Environ. Sci.*, vol. 3, 2008, pp. 672-676.
- [2] E.M. Baiyy, S.M., Tosh, M. Correding, and L. wooddrow, and V. Poysa. "Protein subunit composition effects on the thermal denaturation at different stages during the soy protein isolate processing and gelation profiles of soy protein isolates." *J Am Oil Chem Soc.* Vol. 85, 2008, pp. 581-590.
- [3] A. Wahid, S. Gelani, M. Ashraf, M.R. Foolad, " Heat tolerance in plants: An overview," *Environmental and Experimental Botany*, vol. 61, 2007, pp. 199-223.
- [4] J.D. Cure, and B. Acocik, "Crop responses to carbon dioxide doubling-a literature survey," *Agric. Forest Meteorol.*, vol. 21, 2004, pp. 113-125.
- [5] R.K. Mall, M. Lal, V.S. Bhatia, L.S. Rathore, and R. Singh, "Mitigating climate change impact on soybean productivity in Indica simulation study," *Agric. Forest Meteorol.*, vol. 121, 2004, pp. 113-125.
- [6] D.B. Egli, "Seed biology and the yield of grain crops". CAB Int., Wallingford, UK, 1998.
- [7] K. Thanacharoenchasaphas and O. Rughchati, "Impacts of Elevated Air Temperature During Growing Season on Yield and Starch Granule Structure of Thai Hom Mali Rice (*Oryza sativa* L.), cv. Khao Dok Mali 105 , in Proc. the 47th 47th Kasetsart University Annual Conference, Bangkok, Thailand, 17-20 March, 2008
- [8] J. Gelang, "Impact of O3 and CO2 on grain growth and yield of wheat," *Proceedings of the 6th International Conference on Safety in the Port Environment*, 8-10 October, 2001.
- [9] L.F. Wardlaw, and L. Moncur, "The response of wheat to high temperature following anthesis. I. The rate and duration of harvest filling," *Aust. J. Plant Physiol.* vol.22, 1995, pp. 391-397.
- [10] C.J. Howarth, "Genetic improvements of tolerance to high temperature". In: Ashraf M., Harris P.J.C. (Eds.), *Abiotic stress: plant resistance through breeding and molecular approaches*. Howarth press Inc., New York, 2005.
- [11] A. Smertenko, P. Draber, V. Vilkicky, Z. Opatny, " Heat stress affects the organization of microtubules and cell division in *Nicotiana tabacum* cells. *Plant Cell Environ.* vol. 20. 1997, pp.1534-1542.
- [12] K. Iba, "Acclimative response to temperature stress in higher plants: approaches of gene engineering for temperature tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.* vol.53, 2002, pp.225-245.

by the high temperature. The characteristics of responses varied according to temperature levels, growth stages, and parameters. The results suggest that the high temperature in the growing season in this experiment (36-40 °C), which could appear in future in Thailand, causes a significant alteration in physiological mechanisms and genetics of Thai soybeans.

However, more field studies to assess impacts on nutritional values need monitoring to quantitatively estimate the effects of climate variability on crop productivity in Thailand.

#### IV. CONCLUSION

The results of this study demonstrated that exposure to air temperature variability under a climate change situation (simulation) led to alteration in growth, yield, and genetics of Thai soybeans, Chiang Mai 60, cultivars. High temperature caused obvious genetic changes but induced an increase in shoot length and seed yield.

#### ACKNOWLEDGMENT

This research was supported by Naresuan University, Thailand. The authors are also grateful to the Agricultural Research and Development Center, Phitsanulok for assisting with soybean seeds in this research.

#### REFERENCES

- [1] C. Aydinalp, and M.S. Cresser, "The effects of global Climate Change on agriculture," *J. Agric. & Environ. Sci.*, vol. 3, 2008, pp. 672-676.
- [2] E.M. Baiyy, S.M., Toth, M. Correding, and L. wooddrow, and V. Poysa, "Protein subunit composition effects on the thermal denaturation at different stages during the soy protein isolate processing and gelation profiles of soy protein isolates," *J Am Oil Chem Soc.* Vol. 85, 2008, pp. 581-590.
- [3] A. Wahid, S. Gelani, M. Ashraf, M.R. Foolad, " Heat tolerance in plants: An overview," *Environmental and Experimental Botany*, vol. 61, 2007, pp. 199-223.
- [4] J.D. Cure, and B. Acock, "Crop responses to carbon dioxide doubling-a literature survey," *Agric. Forest Meteorol.*, vol. 21, 2004, pp. 113-125.
- [5] R.K. Mall, M. Lal, V.S. Bhatia, L.S. Rathore, and R. Singh, "Mitigating climate change impact on soybean productivity in Indiana simulation study," *Agric. Forest Meteorol.*, vol. 121, 2004, pp. 113-125.
- [6] D.B. Egli, "Seed biology and the yield of grain crops". CAB Int., Wallingford, UK, 1998.
- [7] K. Thanachareonchanaphas and O. Rugehiti, "Impacts of Elevated Air Temperature During Growing Season on Yield and Starch Granule Structure of Thai Hom Mali Rice (*Oryza sativa* L.), cv. Khao Dok Mali 105, in Proc. the 47th Kasetsart University Annual Conference, Bangkok, Thailand, 17-20 March, 2008
- [8] J. Gelang, "Impact of O<sub>3</sub> and CO<sub>2</sub> on grain growth and yield of wheat," *Proceedings of the 6th International Conference on Safety in the Port Environment*, 8-10 October, 2001.
- [9] I.F. Wardlaw, and L. Moseur, "The response of wheat to high temperature following anthesis. I. The rate and duration of hernal filling," *Aust. J. Plant Physiol.* vol.22, 1995, pp. 391-397.
- [10] C.J. Howarth, "Genetic improvements of tolerance to high temperature". In: Ashraf.M., Harris.P.J.C. (Eds), *Abiotic stress-plant resistance through breeding and molecular approaches*. Howarth press Inc., New York, 2005.
- [11] A. Smertenko, P. Draber, V. Vikiicky, Z. Opatmy, " Heat stress affects the organization of microtubules and cell division in *Nicotiana tabacum* cells. *Plant Cell Environ.* vol. 20, 1997, pp.1534-1542.
- [12] K. Iba, "Acclimative response to temperature stress in higher plants: approaches of gene engineering for temperature tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.* vol.53, 2002, pp.225-245.



# มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขอรับรองว่าผลงานวิจัย

เรื่อง

ผลของอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นระหว่างระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ กันที่มี  
ต่อตัวเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60

โดย

นเรศ ขำเจริญ ไอรส รักชาติ  
และกณิตา ธนเจริญชนภาส

ได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ

สาขาพืช

และได้นำเสนอในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48

ระหว่างวันที่ 3 - 5 กุมภาพันธ์ 2553

(รองศาสตราจารย์ ดร.พนิต เข้มทอง)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ประธานคณะกรรมการดำเนินงานจัดประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 48

ผู้ทรงคุณวุฒิภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
สาขาพืช

1. เอ็จ	สโรบล	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร	2. รัชสกุลย์	ภาวดี	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร
3. ประภา	ศรีพิจิตร	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร	4. สมศิริ	แสงโชติ	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
5. ประภารัจ	หอมจันทร์	ภาควิชาการกีฏวิทยา คณะเกษตร	6. สายัณห์	ทัดศรี	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร
7. วิจารณ์	วิษุกิจ	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร	8. จวงจันทร์	ดวงพัตรา	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร
9. จินดารัฐ	วีระวุฒิ	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร	10. วันชัย	จันทร์ประเสริฐ	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร
11. นิพนธ์	ทวีชัย	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร	12. ยิ่งยง	ไพศุขศานติวัฒนา	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
13. ดวงพร	สุวรรณกุล	ศูนย์ธุรกิจเกษตร คณะเกษตร	14. สมนึก	วงศ์ทอง	ภาควิชาการกีฏวิทยา คณะเกษตร
15. ณรงค์	สิงห์บุระอุตม	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร	16. สุรศักดิ์	นิลนนท์	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
17. สุวิษ	วรรณไกรโรจน์	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร	18. สุเทพ	ทองแพ	ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
19. วิบูลย์	จรงค์นเมธีกุล	ภาควิชาการกีฏวิทยา คณะเกษตร	20. บัญชา	ชิดศรี	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
21. ปริยานุช	จุลกะ	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร	22. สายชล	เกตุษา	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
23. สราวุธ	รุ่งเมฆารัตน์	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร	24. เจริมพล	ภูมิไชย	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร
25. สุดเขตต์	นาคะเสถียร	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร	26. ธาณี	ศรีวงศ์ไชย	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร
27. ธนุชัย	กองแก้ว	ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร	28. ศวพร	ศุภผล	ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
29. ปราโมทย์	สถุณีนิรันดร์	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร	กำแพงแสน		
30. วิชัย	โฆสิตรัตน	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร	กำแพงแสน		
31. กวีศรี	วานิชกุล	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร	กำแพงแสน		
32. จุฑามาศ	ร่วมแก้ว	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร	กำแพงแสน		
33. ประดิษฐ์	พงศ์ทองคำ	ภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์			

ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
สาขาพืช

1. อำนาจ	สุวรรณฤทธิ	ข้าราชการบำนาญ
2. วาสนา	วงษ์ใหญ่	ข้าราชการบำนาญ
3. สมนึก	วงศ์ทอง	ข้าราชการบำนาญ
4. พิทยากร	ลิมทอง	สำนักผู้เชี่ยวชาญ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
5. สุน	กสิเสวีวงศ์	สำนักเมล็ดพันธุ์ข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
6. วันทนา	ตั้งเปรมศรี	กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ผลของอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นระหว่างระยะการเจริญเติบโตต่างๆกันที่มีต่อ  
ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60

Effect of Elevated Air Temperature at Different Growth Stages on Soybean  
Chiang Mai 60 Cultivar

นเรศ ขำเจริญ<sup>1</sup> โอรส รักชาติ<sup>2</sup> และ กนิตา ธนเจริญชนภาส<sup>1\*</sup>

Nares Khamcharoen<sup>1</sup>, Orose Rugchat<sup>2</sup> and Kanita Thanacharoenchanaphas<sup>1\*</sup>

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นในบรรยากาศที่มีต่อการเจริญและผลผลิตของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่มีอายุแตกต่างกัน ในการศึกษาครั้งนี้ได้ปลูกถั่วเหลืองภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 30-33 °C 33-36 °C และ 37-40 °C ในตู้ทดลองระบบเปิด ด้านบน ตั้งแต่ช่วงระยะ V1 ถึง R 8 ผลการศึกษาพบว่าที่ระยะ R1 ถั่วเหลืองแสดงการตอบสนองในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อสภาวะอุณหภูมิสูงกว่าระดับธรรมชาติ โดยเพิ่มค่าดัชนีพื้นที่ใบ 34% และ คลอโรฟิลล์เอ 47% และยังพบว่ากระต้นความสูงของต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเด่นชัดตั้งแต่ระยะ V1 ถึง ระยะ R3 โดยพบสูงสุดที่ระยะ V2 87% อย่างไรก็ตามพบว่าผลผลิตในระยะเก็บเกี่ยว ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นผลการศึกษานี้ชี้ว่าถึงแม้ว่าอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นในระยะการเจริญเติบโต ส่งผลต่อการกระตุ้นการเพิ่มขึ้นของดัชนีพื้นที่ใบ คลอโรฟิลล์เอ และความสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิตแต่อย่างใด แต่กลับพบว่าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้กลับส่งผลต่อการลดผลผลิตในระยะเก็บเกี่ยว

ABSTRACT

The purpose of the research was to investigate the effects of elevated air temperature at different growth stages on growth and yield of soybean cv.Chiang Mai60. Soybean plants were exposed to 3 levels of air temperature; 30-33 °C, 33-36 °C and 37-40 °C; under open top chamber system, from V1 through maturing stage. It was found that higher air temperature than ambient level at R1 stage significantly increased both Leaf Area Index(LAI) and Chlorophyll a (Chl a ) by 34% and 47%, respectively. We also found the significant increase in height from V1 to R3 stage and the highest increase was shown at V2 stage by 87%. Although, the significant negative effects was observed for yield (total seed/plant) at full maturing stage (R8). Thus, the experimental results revealed that elevated air temperature increase LAI , Chl a and height . However, these increases did not increase yield, but caused yield loss at harvest.

Keywords : growth stage, elevated air temperature, soybean, open top chamber

E-mail address : Corresponding author: kanitat@nu.ac.th

<sup>1</sup>ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก  
Department of Natural Resources and Environment, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment,  
Naresuan University, Phitsanulok

<sup>2</sup>ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก  
Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok



## คำนำ

รายงานจากการศึกษาในช่วงระยะเวลาหลายสิบปีที่ผ่านมา พบว่าอุณหภูมิของโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในช่วงประมาณ 0.6 - 0.8 °C ตั้งแต่ปลายศตวรรษที่ 19 และอุณหภูมิมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.06 - 0.07 °C ต่อทศวรรษ ระหว่าง 1901 - 2005 (IPPC, 2007) ปัญหาสำคัญประการหนึ่งจากสภาวะการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิดังกล่าว คือการส่งผลกระทบต่อการผลิตทางการเกษตรในพื้นที่ต่างๆทั่วโลก (Fuhrer, 2003) โดยมีข้อมูลหลักฐานจากการวิจัยของนักวิทยาศาสตร์หลายประเทศ รวมทั้งประเทศไทย ที่พบว่า อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นรวมทั้งการเกิดสภาวะโลกร้อนส่งผลกระทบต่อผลผลิตและคุณภาพสารอาหารของธัญพืชหลักของโลกหลายชนิด เช่น ข้าวสาลี ข้าวเจ้า ข้าวหอมมะลิไทย (Jacobson, 2002; Fuhrer, 2003; Prasad *et al.*, 2006; กณิตา และโอรส, 2552) และเมื่อคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศของประเทศไทยซึ่งได้รับการทำนายแนวโน้ม การเพิ่มระดับอุณหภูมิสูงสุดของประเทศไทยในอนาคตจากกรมอุตุนิยมวิทยา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2552) จึงมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดปัญหาดังกล่าวเพิ่มขึ้นในพื้นที่การเกษตรของประเทศไทย

จากความสำคัญของปัญหาดังกล่าว รวมทั้งเมื่อคำนึงถึงความเป็นประเทศเกษตรกรรมที่สำคัญของประเทศไทยในระดับโลก ทำให้เห็นความสำคัญในการศึกษาวิจัยผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่เพิ่มที่เพิ่มขึ้นต่อพืชการเกษตรที่สำคัญของประเทศไทย ซึ่งในการศึกษาวิจัยนี้เลือกที่จะศึกษาผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิเพิ่มสูงกว่าระดับธรรมชาติในฤดูกาลปลูกในพืชถั่วเหลือง เนื่องจากถั่วเหลืองจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ และสร้างรายได้ให้กับประเทศเป็นอันดับต้นๆ รวมทั้งความสำคัญในแง่ของคุณภาพสารอาหารของถั่วเหลืองสำหรับผู้บริโภค โดยการศึกษาจะเป็นข้อมูลในการเตรียมรับมือกับปัญหาที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. พื้นที่การวิจัย

พื้นที่การวิจัยใช้พื้นที่แปลงทดลองคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก

### 2. การจัดการปลูกถั่วเหลือง

พืชที่ใช้ในการวิจัยคือถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) พันธุ์เชียงใหม่ 60 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีคุณค่าทางด้านสารอาหารสูง และเป็นพันธุ์ที่ได้รับความนิยมในการปลูกสูงในเขตภาคเหนือตอนล่างโดยเฉพาะจังหวัดพิษณุโลก (กรมวิชาการเกษตร, 2547) โดยทำการปลูกถั่วเหลืองในแปลงปลูกกว้าง 17 เมตร ยาว 20 เมตร ระยะห่างระหว่างหลุม 20 เซนติเมตร การทดลองจะเริ่มตั้งแต่การเพาะเลี้ยงต้นกล้าให้มีความสูง 3 เซนติเมตร จากนั้นนำต้นทดลองมาครอบในแปลงปลูก และเริ่มควบคุมระดับอุณหภูมิเป็นเวลา 5 ชั่วโมงต่อวัน (10.00-15.00) ตลอดจนถึงช่วงเก็บเกี่ยว ทำการปลูกในฤดูฝนตั้งแต่เดือน มิถุนายน - กันยายน 2552

ในการทดลองออกแบบการทดลองโดยวางแผนการทดลอง แบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) จำนวน 3 ซ้ำ

### 3. ตู้ทดลองระบบเปิดด้านบน

ในการวิจัยใช้ตู้ทดลองระบบเปิดด้านบน (open-top chamber; OTC) รูปทรงกระบอก หุ้มด้วยพลาสติกใส เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เมตร สูง 1.7 เมตร ปิดระบายอากาศด้านบน และมีหลังคาพลาสติกใสด้านบนเพื่อ

2. ปริมาณรงควัตถุในใบ (Pigment Content)

การตอบสนองของรงควัตถุในใบของการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกพิจารณาในปัจจุบันปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บี และ แคโรทีนอยด์ ดังแสดงใน (Figure 4 5 และ 6 ตามลำดับ) ผลการศึกษา พบว่าระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณ คลอโรฟิลล์ เอ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 47% ที่ระยะ R<sub>1</sub> ซึ่งเป็นระยะการออกดอก เพียงช่วงอายุเดียวกันนั้น และไม่พบผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิสูงที่มีต่อตัวเหลืองในช่วงระยะอายุอื่นๆที่ศึกษา เช่นเดียวกับผลการศึกษาในรงควัตถุชนิดคลอโรฟิลล์ บี และ แคโรทีนอยด์ ก็ไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนจากระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันในทุกช่วงระยะการเจริญเติบโต

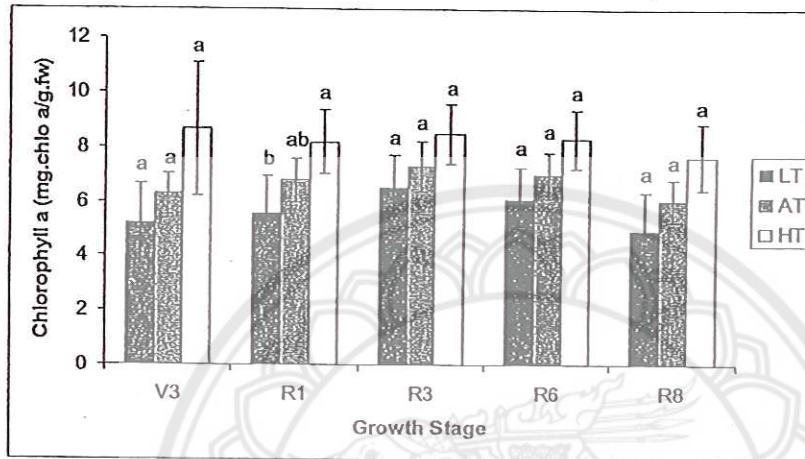


Figure 4 Chlorophyll a at different growth stages of soybean cv.CM60 as affected by 3 levels of air temperature in (LT, AT and HT). Means that followed by the same letter are not significant at  $P \leq 0.05$  by DMRT. Error bars above each histograms indicated standard deviations (S.D.) observed from 10 plant of each treatment.

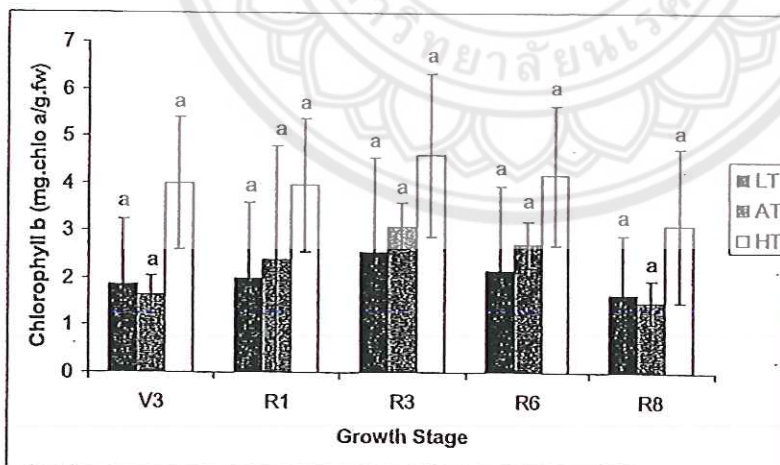


Figure 5 Chlorophyll b at different growth stages of soybean cv.CM60 as affected by 3 levels of air temperature in (LT, AT and HT). Means that followed by the same letter are not significant at  $P \leq 0.05$  by DMRT. Error bars above each histograms indicated standard deviations (S.D.) observed from 10 plant of each treatment.

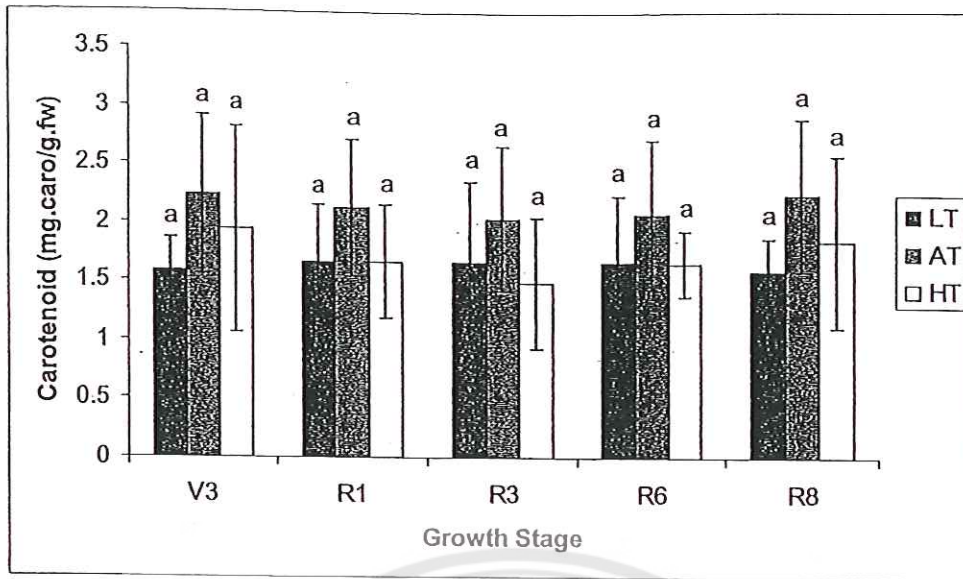


Figure 6 Soybean plant carotenoid at different growth stages of soybean cv.CM60 as affected by 3 levels of air temperature in (LT, AT and HT). Means that followed by the same letter are not significant at  $P \leq 0.05$  by DMRT. Error bars above each histograms indicated standard deviations (S.D.) observed from 10 plant of each treatment.

3.ผลผลิต (Yield)

การเก็บเกี่ยวผลผลิตในระยะสุกของช่วงอายุถั่วเหลือง พบว่าระดับอุณหภูมิที่สูงกว่าระดับธรรมชาติและระดับที่ต่ำกว่าธรรมชาติ ส่งผลต่อการจำนวนเมล็ดทั้งหมด / ต้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 7) ซึ่งพบว่าในสิ่งทดลอง HT และ LT ผลผลิตจำนวนเมล็ดลดลงถึง 44% และ 29% เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลอง AT อย่างไรก็ดีตามไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใน ปัจจัยจำนวนฝัก / ต้น (Figure 7)

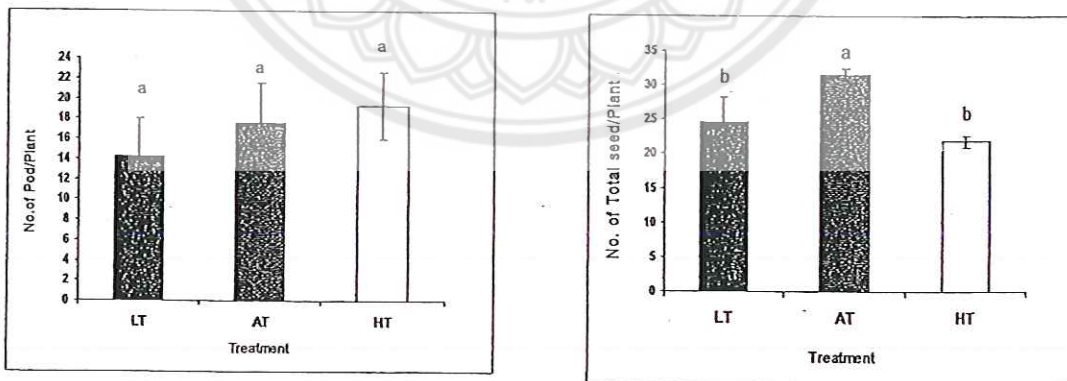


Figure 7 Soybean plant yield at maturing growth stages of soybean cv.CM60 as affected by 3 levels of air temperature in (LT, AT and HT). Means that followed by the same letter are not significant at  $P \leq 0.05$  by DMRT. Error bars above each histograms indicated standard deviations (S.D.) observed from 10 plant of each treatment.

### วิจารณ์ผล

ผลการศึกษาเพื่อประเมินผลกระทบของสภาวะการเพิ่มระดับอุณหภูมิที่สูงกว่าระดับธรรมชาติที่มีต่อการเจริญและผลผลิตของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยสร้างสภาวะจำลองให้เกิดขึ้นในพื้นที่ปลูกในฤดูกลางปลูก พบว่ามีผลที่เด่นชัดต่อการกระตุ้นให้พืชมีการเจริญทางลำต้นในด้านความสูงให้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเป็นการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ระยะแรกของการเจริญเติบโต (V1) จนถึงระยะเริ่มติดฝัก (R3) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของความสูงที่เพิ่มขึ้น โดยการคำนวณเปรียบเทียบระหว่างสิ่งทดลอง HT และ AT (เปรียบเทียบที่ระดับอุณหภูมิสูงกว่าธรรมชาติ และระดับธรรมชาติ) พบว่าที่อายุระยะข้อที่ 1 (V1) ระยะข้อที่ 2 (V2) ระยะข้อที่ 3 นั้น มีความสูงเพิ่มขึ้น 9% 27% และ 11% ตามลำดับ ส่วนในระยะการเจริญเติบโตของ R-stage ซึ่งเป็นระยะการเจริญพันธุ์ ในช่วงเริ่มออกดอก (R1) และ เริ่มติดฝัก (R3) มีเปอร์เซ็นต์ความสูงเพิ่มขึ้น 8% และ 13% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาในทุกช่วงอายุดังกล่าวพบว่าที่ ระยะ V2 ซึ่งเป็นระยะที่ใบจริงที่ 1 คลี่กางออก ได้ถูกกระตุ้นให้ความสูงเพิ่มขึ้นสูงสุด ถึง 87% ภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูง นอกจากปัจจัยความสูงแล้ว อุณหภูมิสูงยังกระตุ้นให้ถั่วเหลืองสร้างพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นและสร้างคลอโรฟิลล์ เอ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระยะ R1 เช่นกัน

สภาวะอุณหภูมิสูงส่งผลต่อการกระตุ้นการเจริญทางลำต้น ดัชนีพื้นที่ใบ ความสูง และเพิ่มคลอโรฟิลล์ เอ แต่ไม่พบว่าส่งผลในเชิงบวกต่อผลผลิตแต่อย่างใด แต่ปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงดังกล่าวกลับส่งผลต่อการลดผลผลิตของถั่วเหลืองในช่วงระยะเก็บเกี่ยว ซึ่งน่าสนใจศึกษาต่อไปถึงสาเหตุของการเกิดสภาวะเช่นนี้ เนื่องด้วยโดยปกติถ้าขนาดและคุณภาพของพื้นที่ใบซึ่งจัดเป็น Source ที่สำคัญที่ทำหน้าที่รับแสงและสังเคราะห์มีคุณภาพที่ดีน่าจะส่งผลดีต่อผลผลิต แต่หากอยู่ภายใต้อิทธิพลที่ไม่เหมาะสม ซึ่งทำให้ Source ได้รับผลกระทบในระหว่างการเจริญทางแพร่พันธุ์ ดังเช่นผลการศึกษาในครั้งนี้ จะมีผลกระทบต่อผลผลิตมากกว่าเมื่อเกิดขึ้นในระยะการเจริญทางลำต้นและใบ (Brun, 1978) ซึ่งข้อมูลนี้ขัดแย้งกับผลการศึกษาครั้งนี้เพราะพบว่า ผลผลิตด้านจำนวนเมล็ดทั้งหมด / ต้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งที่มีการเพิ่มขนาดพื้นที่ใบ (ดัชนีพื้นที่ใบ) ผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิสูงในบางกรณีถึงแม้ว่าจะกระตุ้นการเจริญได้ก็จริงเนื่องจากเร่งกระบวนการการดูดธาตุอาหารจนส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น แต่อาจส่งผลเสียต่อสมดุลพลังงานในเนื้อเยื่อ ทำให้การเจริญเติบโตของพืชบางประการลดลง และยังสามารถทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อของพืชเนื่องจากการ เช่นการเกิดสภาวะ เนื้อเยื่อตาย (necrosis หรือการเกิดภาวะช็อคหรือภาวะเครียดจากอุณหภูมิ ที่จะส่งผลต่อการลดเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในการสร้างเมล็ด (Jones, 1992; ขวนพิศ, 2544)

ในบางกรณี พืชมีกลไกในการป้องกันตนเองจากความร้อนทำให้มีการกระตุ้นการสังเคราะห์เซลล์บางประเภท เช่น การสร้าง heat-shock protein ให้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเพื่อปกป้องเซลล์ไม่ได้รับความเสียหายอันเนื่องมาจากความร้อน ซึ่งถือว่าเป็นกลไกหนึ่งในการปกป้องเซลล์จากภาวะอุณหภูมิสูงอีกประการหนึ่ง (Ho and Sachs, 1989) ผลการศึกษานี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาในประเทศไทย โดย กณิตา และโอรส (2551) ที่ได้ศึกษาผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิสูงที่มีต่อข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าที่ระดับอุณหภูมิสูงนั้นถึงแม้ว่าจะกระตุ้นให้ข้าวสร้างมวลชีวภาพเพิ่มขึ้นแต่กลับลดปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าว และลดการผลิตเมล็ดข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังส่งผลต่อการแสดงออกทางพันธุกรรมที่แตกต่างจากกลุ่มทดลองในสภาวะอุณหภูมิเทียบเท่าธรรมชาติอย่างชัดเจน

## สรุป

จากผลการศึกษาการประเมินผลกระทบของระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันที่มีต่อถั่วเหลืองสายพันธุ์ เชียงใหม่ 60 สรุปผลได้ดังนี้

1. ระดับอุณหภูมิที่สูงกว่าระดับบรรยากาศมีผลกระทบต่อการเพิ่มการเจริญทางลำต้นด้านความสูง ดัชนีพื้นที่ใบ และคลอโรฟิลล์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปัจจัยด้านความสูงมีการตอบสนองในเชิงบวกอย่างเด่นชัดที่สุด เนื่องจากเพิ่มความสูงอย่างต่อเนื่องในช่วง  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$ ,  $R_1$  และ  $R_3$  และพบว่าความสูงเพิ่มมากที่สุดในระยะ  $V_2$
2. ผลจากการตอบสนองในเชิงบวกด้านการเจริญเติบโตทางใบ ลำต้น และคลอโรฟิลล์เอ ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิตถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 แต่อย่างใด แต่กลับพบว่า ระดับอุณหภูมิที่สภาวะสูงกว่าธรรมชาติและระดับต่ำกว่าธรรมชาติ ล้วนส่งผลกระทบต่อการผลิตผลผลิตในระยะเก็บเกี่ยวของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60

## คำนิยาม

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กณิตา ธนเจริญชนภาส ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไอรส รักชาติ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีระพงษ์ อินทร์ทอง ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย ตลอดจนเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ จ.พิษณุโลกทุกท่าน สำหรับการอนุเคราะห์สถานที่ เมล็ดพันธุ์ และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการในการวิจัยจนเสร็จสิ้น

## เอกสารอ้างอิง

กณิตา ธนเจริญชนภาส และ ไอรส รักชาติ. 2551. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องการจำลองสภาวะการณโลกร้อนในพื้นที่ปลูกข้าวเพื่อประเมินผลกระทบที่มีต่ออัตราผลผลิต คุณภาพสารอาหาร และการเปลี่ยนแปลงในระดับพันธุกรรมของข้าวหอมมะลิไทย. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

กณิตา ธนเจริญชนภาส และ ไอรส รักชาติ. 2552. ผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในฤดูกาลปลูกที่มีต่อผลผลิตและ อนุภาคเม็ดแป้งของข้าวหอมไทย (*Oryza sativa* L.) พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. ในเรื่องเต็มการประชุมวิชาการครั้งที่ 47 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เล่มที่ 9 สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, วันที่ 17-20 มีนาคม 2552, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กรมวิชาการเกษตร. (2547). พันธุ์ถั่วเหลือง. แหล่งที่มา : <http://www.doa.go.th/AG/Soybean/Variety.htm>

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2552. ข้อมูลอุณหภูมิในประเทศไทย. แหล่งที่มา : <http://www.tmd.go.th>

ชวนพิศ แดงสวัสดิ์. 2544. สรีรวิทยาของพืช. ธนัการพิมพ์และสำนักพิมพ์พัฒนาศึกษา, กรุงเทพฯ. 379 หน้า.

Brun W.A. Assimilation. 1978. In: Normal A.G., (ed). Soybean physiology, agronomy, and utilization. New York: Academic Press. 45-76 p.

Fuhrer, J. 2003. Agroecosystem responses to combinations of elevated CO<sub>2</sub>, Ozone, and global climate change. Agric. Ecosyst. Environ. 97: 1-20.



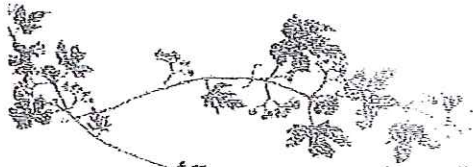
**คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ**

**นายก้านรงค์ ศรีรอด**

**ประธานกรรมการ**

นายเอ็จ สโรบล	ประธานสาขาพืช	รองประธานกรรมการ
นายธงชัย สุวรรณสิขณณ์		รองประธานกรรมการ
นายสมชัย จันทร์สว่าง	ประธานสาขาสัตว	กรรมการ
นายเกรียงไกร สถาพรวานิชย์	ประธานสาขาประมง	กรรมการ
นายทวีศักดิ์ ส่งเสริม	ประธานสาขาสัตวแพทยศาสตร์	กรรมการ
น.ส.ศิริพร เรียบร้อย	ประธานสาขาส่งเสริมการเกษตร และคหกรรมศาสตร์	กรรมการ
นางอรรณวีรา วรยิ่งยง	ประธานสาขาวิทยาศาสตร์	กรรมการ
นายพีรยุทธ์ ชาญเศรษฐิกุล	ประธานสาขาสถิติปัตยกรรมศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์	กรรมการ
นางณัฐชนก อมรเทวกัทร	ประธานสาขาอุตสาหกรรมเกษตร	กรรมการ
นายนิคม แผลมลัก	ประธานสาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	กรรมการ
นางหฤทัย นำประเสริฐชัย	ประธานสาขาเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ	กรรมกักร
นางเรณูมาศ มาอุ่น	ประธานสาขาศึกษาศาสตร์	กรรมการ
นางพรภิรมณ์ เชียงกุล	ประธานสาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	กรรมการ
นายประคนเดช นีละคุปต์	ประธานฝ่ายสารสนเทศ	กรรมการ
นางสาวนිරนุช ภาชนะทิพย์	ประธานฝ่ายเลขานุการและประธานฝ่ายผู้จัด	กรรมการ
นายพลวัฒน์ ต้นหัน	ประธานฝ่ายจัดพิมพ์เอกสาร	กรรมการ
นางสาวอุทัยวรรณ กิจวิเชียร	กรรมการและเลขานุการ	กรรมการ
นางมัลลิกา เกตุขรรค์ตัน	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ	กรรมการ
นางสาวณณิตา วิบุรณวงศ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ	กรรมการ
นางสาวสุดธิดา มีสวัสดิ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ	กรรมการ



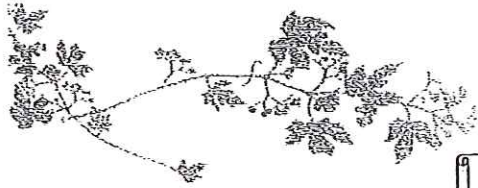


28. สรวาถ	รุ่งเมฆารัตน์	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร
29. เฉลิมพล	ภูมิไชย์	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร
30. สุดเขตต์	นาคะเสถียร	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร
31. ธาณี	ศรีวงศ์ไชย	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร
32. ศวพร	ศุภผล	ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
33. อนุชัย	ทองแก้ว	ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร

## สาขาพืช: ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

1. อำนาจ	สุวรรณฤทธิ	ข้าราชการบำนาญ
2. วาสนา	วงษ์ใหญ่	ข้าราชการบำนาญ
3. สมนึก	วงศ์ทอง	ข้าราชการบำนาญ
4. พิทยากร	ลิ้มทอง	สำนักผู้เชี่ยวชาญ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
5. สุน	กสิเสวีวงศ์	สำนักเมล็ดพันธุ์ข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
6. วันทนา	ตั้งเปรมศรี	กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์





 Editorial Board

## Subject: Plants (internal)

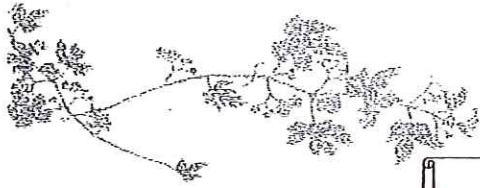
1. Ed	Sarobol	2. Rungsarit	Kaveeta
3. Prapa	Sripichitt	4. Somsiri	Sangchote
5. Pradit	Pongtongkam	6. Praparrat	Hormchan
7. Sayan	Tudsri	8. Vichan	Vichukit
9. Juangjun	Duangpatra	10. Jindarath	Verawudh
11. Wanchai	Chanprasert	12. Yingyong	Paisooksantivatana
13. Kawit	Wanichkul	14. Wichai	Kositratana
15. Niphone	Thaveechai	16. Duangporn	Suwanagul
17. Somnuk	Wongthong	18. Narong	Singburadom
19. Pramote	Saridnirun	20. Surasak	Nilnond
21. Surawit	Wannakraij	22. Suthep	Thongpae
23. Jutamas	Romkaew	24. Wiboon	Chongrattanameteekul
25. Buncha	Chinnasri	26. Pariyanuj	Chulaka
27. Saichol	Ketsa	28. Sarawut	Rungmekarat
29. Chalernpol	Phumichai	30. Sutkhet	Nakasathien
31. Thanee	Sriwongchai	32. Savaporn	Supaphol
33. Thanuchai	Kongkaew		

## Subject: Plants (external)

1. Amnat	Suwanarit	2. Wasana	Wongyai
3. Somnuk	Wongthong	4. Pitayakon	Limtong
5. Sune	Kasisareewong	6. Wantana	Tangpremsri







คณะกรรมการฝ่ายจัดพิมพ์เอกสาร

ผู้อำนวยการกองบริการการศึกษา

ที่ปรึกษา

นายพลวัฒน์ ดันหัน

ประธานกรรมการ

นายปัญญา ชี้อตรง

รองประธานกรรมการ

นางสาวอุทัยวรรณ กิจวิเชียร

กรรมการ

นางวนิดา เสาดัน

กรรมการ

นางสาวทิพย์รัตน์ อิศรางกูร ณ อยุธยา

กรรมการ

นางสาวผณิตา วิบุรณวงศ์

กรรมการ

นางสาวสุชาดา ภูระหงษ์

กรรมการ

นายวิทยา วงษ์เอี่ยม

กรรมการ

นางสาวศิริลักษณ์ ศิริวรรณ

กรรมการ

นางสาวกฤษฎี ปรีวัตรกุล

กรรมการ

นางสาวอุทัยภรณ์ ลิ้มटना

กรรมการ

นางสาวลิลลา วุฒิวาณิชกุล

กรรมการ

นางวัชรี ทองทิพย์

กรรมการ

นางสาวจิราวรรณ สุริยกุล ณ อยุธยา

กรรมการ

นายบัณฑิต พูลพรรณ

กรรมการ

นางมัลลิกา เกตุชรารัตน์

กรรมการ

นางสุนานี ศรีดี

กรรมการ

นางนฤมล อินถา

กรรมการ

นางสาวณัฐพร แซ่ถู่

กรรมการ

นายภวัต วิเศษจิตร

กรรมการ

นางสาวสุดธิดา มีสวัสดิ์

กรรมการ

นางสาวสิริกัญญา มณีนิล

กรรมการและเลขานุการ

นางสาวปฐมมาตี กุลวัฒน์ไพศาล

กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

นางปนัดดา ดีหะริง

กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

