

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

ประเทศไทยเป็นอีกประเทศหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศของโลก ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาได้พยากรณ์แนวโน้มของระดับการเพิ่มระดับอุณหภูมิในบรรยากาศในเขตภาคเหนือในอนาคตโดยพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 4-5 °C และในทศวรรษที่ 2100 (ค.ศ.2091-2100) เมื่อเทียบกับในช่วงทศวรรษที่ 2000 (ค.ศ.1991-2000) รวมทั้งการแสดงผลพยากรณ์ความแปรปรวนทางด้านสภาวะภูมิอากาศในปัจจุบันอื่นๆที่มีแนวโน้มแปรปรวนมากขึ้นเช่นกัน (สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา, 2552) ด้วยเหตุนี้ผลการศึกษาจากการสร้างสภาวะการณ์จริงของสภาวะการณ์ความแปรปรวนของอุณหภูมิจึงมีความสำคัญและควรศึกษาอย่างเร่งด่วนในประเทศไทย จึงสามารถเป็นฐานข้อมูลที่ดีเพื่อนำไปสู่ การคาดการณ์ผลกระทบจากสภาวะการณ์ภูมิอากาศแปรปรวนที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพสารอาหารในข้าวเหลือง และสามารถนำไปสู่การวิจัยเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่ทนทานต่อสภาวะวิกฤตดังกล่าว ในพื้นที่เขตภาคเหนือของประเทศไทยต่อไป

9. ข้อเสนอแนะ

9.1 ผลการศึกษาน่าจะเผยแพร่ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสายพันธุ์ข้าวเหลืองต่อไป ในเพื่อวางแผนระยะการปลูกที่เหมาะสมในการรับมือกับสถานการณ์ในอนาคต

9.2 ควรต่อยอดองค์ความรู้ในการวิจัยเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่ทนทานต่อสถานการณ์โลกร้อนในอนาคต

10. เอกสารอ้างอิง

- กณิตา ธนเจริญชนภาส และ โอรส รักชาติ. 2551. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องการจำลองสภาวะการณ์โลกร้อนในพื้นที่ปลูกข้าวเพื่อประเมินผลกระทบที่มีต่ออัตราผลผลิต คุณภาพสารอาหาร 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
 เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกและผลกระทบต่อที่เกิดขึ้นในประเทศไทย วันที่ 24
 กรกฎาคม 2549, กรุงเทพฯ.
- สำนักพัฒนาอู่ตุนิยมวิทยา. 2552. การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต,
 1 2 9 หน้า , เอกสารเผยแพร่ในเวปไซด์กรมอู่ตุนิยมวิทยา
<http://www.tmd.go.th/index.php>
- Anonymous, 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
 Research*, 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, Proceedings: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 CO₂,
 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 CO₂ 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 CO₂ 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.
- Newton, P.D.C., Clark, H., Bell, C.C., Glasgow, E.M., and Campbell, B.D., 1994. Effects of elevated CO₂ 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 CO₂ 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 ใส่ในขวดย่อยเจตาห์ล
- 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 โดยเติมน้ำกลั่น 100 mL และสารละลายต่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 32 เปอร์เซ็นต์ 90 mL เก็บส่วนที่กลั่นได้ในสารละลายบอริกเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 60 mL ที่มีอินดิเคเตอร์ผสมอยู่ ก๊าซแอมโมเนียที่เกิดขึ้นถูกควมแน่นจนหมดได้ปริมาตรสารละลายในกรดบอริก รวมประมาณ 200 mL

7) ไตเตรตส่วนที่กลั่นได้ด้วยสารละลายกรดซัลฟูริก เข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีส้ม ซึ่งเป็นจุดยุติ บันทึกปริมาตรที่ไตเตรตได้

8) ทำสารละลายแบลลงค์โดยใช้สารละลายต่างๆ ในปริมาณเท่าๆกัน เช่นเดียวกับตัวอย่าง แต่ไม่ใช่ตัวอย่าง

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

A = ปริมาตรกรดซัลฟูริกที่ใช้ไตเตรตตัวอย่าง

B = ปริมาตรกรดซัลฟูริกที่ใช้ไตเตรตสารละลายแบลลงค์

C = นอร์มัลลิตีของกรดซัลฟูริกที่ใช้ไตเตรต (0.1 N)

D = น้ำหนักตัวอย่าง (มิลลิกรัม)

1.2 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

จากวิธีของ AOAC 40.1.05, 1995

1.2.1 อุปกรณ์

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

1.2.2 สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์

1.2.3 วิธีการทดลอง

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

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

น้ำหนักตัวอย่าง

1.3 การวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย

จากวิธีของ AOAC 40.1.07, 1995

1.3.1 อุปกรณ์

- 1) เต้าเผา
- 2) ตู้อบลมร้อน
- 3) Fibertec system
- 4) Crucible (Fritted crucible-porosity; coarse 40-60 μm)
- 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 ใส่ลงใน crucible
- 4) ถ้าตัวอย่างมีปริมาณไขมันสูงกว่าร้อยละ 5 ให้ทำการสกัดไขมันออกจากตัวอย่างก่อนนำมาวิเคราะห์
- 5) วาง crucible ลงในช่องสำหรับวาง crucible ในเครื่องที่ส่วนสกัดด้วยความร้อน โยกคันล็อกให้เข้าที่
- 6) เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.128 โมลาร์ จำนวน 150 mL เติมนลงในคอลัมน์ทางด้านบน
- 7) เติม n-Octanol จำนวน 2-3 หยด เพื่อป้องกันการเกิดฟอง
- 8) ปิดฝาเครื่องให้เรียบร้อย แล้วเริ่มให้ความร้อนจนเดือด ต้มเป็นเวลา 30 นาที
- 9) กรองโดยเลื่อนคันโยกมาที่ตำแหน่ง 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) ล้างด้วยอะซีโตนอย่างน้อย 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 550 °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 แล้วนำออกมาวางในโถดูดความชื้นตามลำดับ 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 เกลี่ยให้ตัวอย่างแผ่ด้วยความสม่ำเสมอ ปิดฝา บันทึกน้ำหนัก
- 3) วางตัวอย่างในตู้อบลมร้อนโดยเปิดฝากล้วยอลูมิเนียมบางส่วน อบที่อุณหภูมิ 130 °C นาน 3 ชั่วโมง
- 4) เมื่อครบเวลา ปิดฝากล้วย 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 ± 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 μm (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 μm
- 15) อ่างน้ำแข็ง
- 16) Syringes

2.1.2 สารเคมี

- 1) กรดฟอร์มิก 88 เปอร์เซ็นต์
- 2) ไฮโดรเจน เปอร์ออกไซด์ 30 เปอร์เซ็นต์
- 3) โซเดียม เมตาไบซัลไฟด์
- 4) ดีแอล- นอลิวซีน
- 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 และเจือจางด้วยน้ำ แล้วนำสารละลายดังกล่าวไปกรองผ่านแก้วกรองชนิดที่ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี ขนาด 10-15 μm 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

6) Performic acid reagent (เตรียมในตู้ดูดควัน) โดยชั่งผลึกคริสตัล 25 mg ลงในหลอดทดลองขนาด 25 mL หลังจากนั้นเติม 0.5 mL 30 เปอร์เซ็นต์ ของ H_2O_2 โดยใช้ไมโครปิเปต และเติม 4.5 mL 88 เปอร์เซ็นต์ ของสารละลาย Formic แล้วปิดฝาหลอดทดลองด้วยจุกปิด แล้วปล่อยส่วนผสมดังกล่าวทิ้งไว้ 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้น 30 นาที นำหลอดทดลองดังกล่าวไปวางไว้ในอ่างน้ำแข็งและทิ้งไว้ให้เย็นเป็นเวลา 15 นาที ก่อนนำไปใช้ในการวิเคราะห์

2.1.4 Performic Acid Oxidation.

บดตัวอย่างที่ใช้ทดสอบให้ละเอียด นำไปผ่านรูดะแกรงร่อนขนาด 0.25 mm ซึ่งน้ำหนักตัวอย่างที่แน่นอนหนัก ประมาณ 100-1000 mg โดยแบ่งส่วนที่นำมาทดสอบให้ใกล้เคียงกับ 0.1 mg (ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10 mg ของปริมาณความจุไนโตรเจน) ลงในหลอดทดลองที่ใช้เพื่อการย่อยที่ทำการติดฉลากเรียบร้อยแล้ว

สูตรคำนวณปริมาณที่นำมาทดสอบ

$$W_s = \frac{1000}{N_s}$$

เมื่อ N_s = ปริมาณความจุของไนโตรเจนของตัวอย่างส่วนที่นำมา

W_s = น้ำหนักของตัวอย่างส่วนที่นำมาทดสอบ ใน 10 mg ของปริมาณความจุไนโตรเจน

และนำหลอดทดลองทุกๆ หลอดไปวางไว้บนเครื่องกวน และวางหลอดทดลองที่สำหรับใช้ย่อยไว้ใน อ่างน้ำแข็ง หลังจากหลอดทดลองทั้งสอง (performic acid และ test portion) เย็นลงอย่างน้อย 15 นาที เติม 5 mL ของ performic acid ลงในหลอดสำหรับย่อย ปิดฝาทุกๆ หลอด แล้วนำไปเขย่า 15 นาที ด้วย Magnetic stirring plate หลังจากนั้นนำหลอดทดลองที่ผ่านการย่อยแล้วไปไว้ในอ่างน้ำแข็งอีกครั้ง แล้วปล่อยให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน 16 ชั่วโมง หลังจากนั้นเอาฝาปิดจุกออก แล้วเติม Sodium metabisulfite 0.84 g เพื่อไปสลาย performic acid คน และ เขย่าสารละลายเป็นระยะเวลา 15 นาที เพื่อไล่แก๊ส SO_2 ออกมา

2.1.5 Hydrolysis

1) เติม 50 mL ของ 6 M HCl phenol solution สำหรับการทดสอบสารละลาย และ เขย่า หลังจากนั้นเอา stirring bar ซึ่งใช้กับเครื่อง magnetic stirring rod และ ล้างรวมกันลงใน 0.1 M HCl ลงในหลอดทดลอง และเติม 2-3 ชิ้นของ boiling chips เพื่อการทดสอบสารละลาย

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

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 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 บีกเกอร์ขนาด 250 mL โดยต้องวางบีกเกอร์ไว้ในอ่างน้ำแข็ง 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 amo/Lino acid

P_n = peak area of norleucine

W_{aa} = weight of amo/Lino 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. วิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนในใบ

3.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ และ แคโรทีนอยด์

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

3.1.1 ชั่งตัวอย่างพืชสดจำนวน 0.5 กรัม บดในโกร่งบดให้ใบพืชละเอียด สกัดตัวอย่างด้วย 80 % acetone 20 mL

3.1.2 กรองตะกอนออกด้วยเครื่อง Bucher funnel กระดาษกรอง Whatman No.1 ค่อยๆเติม acetone จนไม่มีสีเขียวบนกระดาษกรอง

3.1.3 รินสารละลายลงใน Flask และปรับปริมาตรด้วย acetone ใน volumetric flask ให้ได้ 50 mL

3.1.4 นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่ความยาวคลื่น 663 นาโนเมตร (Chlorophyll A), 645 นาโนเมตร (chlorophyll B), 470 นาโนเมตร (Carotinoid) ด้วยเครื่อง spectrophotometer เปรียบเทียบกับสารละลายเบลงค์ซึ่งใช้ acetone 80 %

3.1.5 คำนวณค่า Chlorophyll A: Chlorophyll B, Carotinoid และปริมาณ chlorophyll A:B ratio

สูตรการคำนวณ

$$\text{Chlorophyll A} = (12.81 \cdot A_{663}) - (2.81 \cdot A_{645})$$

$$\text{Chlorophyll B} = (20.13 \cdot A_{645}) - (5.03 \cdot A_{663})$$

$$\text{Carotinoid} = ((1000 \cdot A_{470}) - (3.27 \cdot \text{Chl a}) - (104 \cdot \text{Chl$$

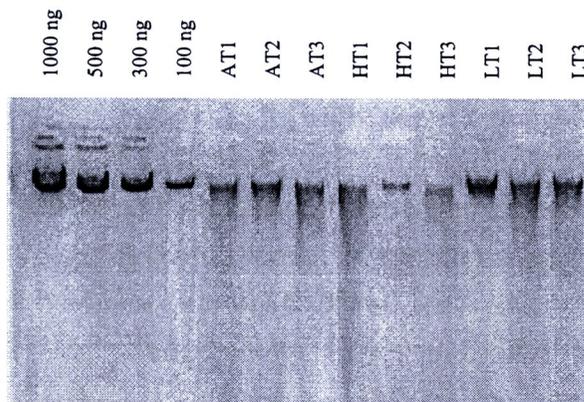
b))/229

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

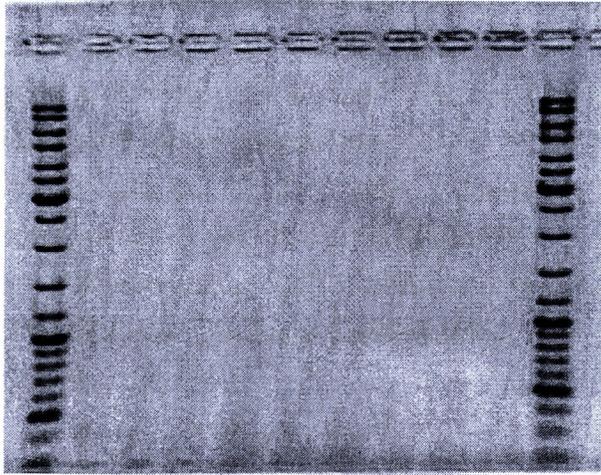


ภาพที่ 1 : การตรวจสอบคุณภาพและปริมาณของดีเอ็นเอของถั่วเหลือง จำนวน 9 ตัวอย่าง

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 ul) มาต่อด้วย Adapter ที่มีลำดับเบสตรงกับลำดับเบสของตำแหน่งตัดของเอนไซม์ตัดจำเพาะทั้งสองชนิด โดยการเติม 10 ul 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 °C นาน 3 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลา นำ DNA ดังกล่าวมาเจือจางลง 100 เท่า ด้วย dH₂O 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 : ในปฏิกิริยาการเพิ่มปริมาณชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ต้องการนั้นจะประกอบไปด้วย DNA ที่เจือจางแล้ว 3 ul, primer (forward&reward) สายละ 0.25 uM, 1X Taq buffer, 1.5 mM MgCl₂, 200 uM dNTPs, และ เอนไซม์ Taq DNA polymerase 0.3 unit ในปริมาตรทั้งหมด 10 ul

เมื่อผสมองค์ประกอบต่างๆเข้าด้วยกันแล้ว จึงนำไปใส่ในเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (GeneAmp^R PCR System 9700 (Applied Biosystem)) ซึ่งมีอุณหภูมิต่างๆดังนี้คือ

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

เมื่อเสร็จสิ้นปฏิกิริยา PCR ให้นำ PCR product ที่ได้มาเจือจางด้วย dH₂O 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 MgCl₂, 200 uM dNTPs, และเอนไซม์ Taq DNA polymerase 0.3 unit ในปริมาตรทั้งหมด 10 ul เมื่อผสมองค์ประกอบต่างๆเข้าด้วยกันแล้ว จึงนำไปใส่ในเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (GeneAmp^R 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

pISSN 2010-376X
eISSN 2010-3778



WORLD ACADEMY OF SCIENCE, ENGINEERING AND TECHNOLOGY

ISSUE 59 NOVEMBER 2011 VENICE ITALY

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
Mathematics Department
Hostos Community College, CUNY, USA

Arkady Bolotin, IL
Ben-Gurion University of the Negev
Beersheba, Israel

Byoung-Tak Zhang, KR
School of Computer Science and Engineering
Seoul National University, Seoul, Korea

Chanseng He, USA
Department of Geography
Western Michigan University, USA

Christus Grecus, UK
School of Computing
University of West Of Scotland, UK

Edgardo Bucciarelli, IT
Department of Quantitative Methods and Economic Theory,
University of Chieti-Pescara - Italy

Eric T T Wong, HK
Department of Mechanical Engineering
The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong

Éric Filiol, FR
Ecole Supérieure d'Informatique, d'Electronique et
d'Automatique, France

James A. Nelson, USA
Department of Accounting and Information Systems
New Mexico State University

Karen Armstrong, CA
York University
Faculty of Education, Canada

Kenan Matawie, AU
School of Computing and Mathematics
University of Western Sydney, Australia

Kenneth Revett, UK
University of Westminster
Harrow School of Computer Science, London, UK

Mikhail E. Semenov
Department of Higher Mathematics and Mathematical
Physics Tomsk Polytechnic University, Russia, RU

Milos Šeda, CZ
Brno University of Technology
Institute of Automation and Computer Science, CZ

Mohammad Siddique, USA
Department of Mathematics and Computer Science,
Fayetteville State University, USA

Omar J. Khan, USA
Maine Business School
University of Maine, USA

Peter Pivonka, AU
Melbourne School Of Engineering
Department of Biomedical Engineering, AU

Prabhat K. Mahanti, CA
Department of Computer Science and Applied Statistics,
University of New Brunswick, Canada

Quoc-Nam Tran, USA
Lamar (Texas State) University
Beaumont, Texas, USA

S. M. A. Burney, PK
Department of Computer Science
University of Karachi, Pakistan

Wang Zhigang, USA
University of California, Davis
Mechanical & Aeronautical Engineering, USA

Zarita Zainuddin, MY
School of Mathematical Sciences
Universiti Sains Malaysia

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 Yaninsky, USA
Mathematics Department
Hostos Community College, CUNY, USA

Arkady Bolotin, IL
Ben-Gurion University of the Negev
Beersheba, Israel

Byoung-Tak Zhang, KR
School of Computer Science and Engineering
Seoul National University, Seoul, Korea

Chanseng He, USA
Department of Geography
Western Michigan University, USA

Christos Grecus, UK
School of Computing
University of West Of Scotland, UK

Edgardo Bucciarelli, IT
Department of Quantitative Methods and Economic Theory,
University of Chieti-Pescara - Italy

Eric T T Wong, HK
Department of Mechanical Engineering
The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong

Éric Filiol, FR
Ecole Supérieure d'Informatique, d'Electronique et
d'Automatique, France

James. A. Nelson, USA
Department of Accounting and Information Systems
New Mexico State University

Karen Armstrong, CA
York University
Faculty of Education, Canada

Kenan Matawie, AU
School of Computing and Mathematics
University of Western Sydney, Australia

Kenneth Revett, UK
University of Westminster
Harrow School of Computer Science, London, UK

Mikhail E. Semenov
Department of Higher Mathematics and Mathematical
Physics Tomsk Polytechnic University, Russia, RU

Miloš Šeda, CZ
Brno University of Technology
Institute of Automation and Computer Science, CZ

Mohammad Siddique, USA
Department of Mathematics and Computer Science,
Fayetteville State University, USA

Omar J. Khan, USA
Maine Business School
University of Maine, USA

Peter Pivonka, AU
Melbourne School Of Engineering
Department of Biomedical Engineering, AU

Prabhat K. Mahanti, CA
Department of Computer Science and Applied Statistics,
University of New Brunswick, Canada

Quoc-Nam Tran, USA
Lamar (Texas State) University
Beaumont, Texas, USA

S. M. A. Burney, PK
Department of Computer Science
University of Karachi, Pakistan

Wang Zhigang, USA
University of California, Davis
Mechanical & Aeronautical Engineering, USA

Zarita Zainuddin, MY
School of Mathematical Sciences
Universiti Sains Malaysia

Article #	TABLE OF CONTENTS -PART XIII-	Page
280	MAS Simulations of Optical Antenna Structures <i>K. Tavzarashvili, G. Ghvedashili</i>	1479
281	Simulation of Climate Variability for Assessing Impacts on Yield and Genetic Change of Thai Soybean <i>Kanita Thanacharoenchonuphas, Orose Rugchati</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>Kawecki J., Kowalska-Koczwara A., Szygula 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 Hezikhah, 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. Bakramov, S. E. Kudalbergenov, 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 Bok Lee</i>	1510
287	Thermodynamic Performance of Regenerative Organic Rankine Cycles <i>Kyoung 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, Won Cheol Kim, Gun Yung Go</i>	1520
289	Satellite Thermal Control: Cooling by a Diphasic Loop <i>L. Bonkhris, A. Boudjemai, A. Bellar, R. Rouhache, M. Bensaada</i>	1524
290	Mercury Content in Edible Part of Otolithes Ruber Marketed in Hamedan, Iran <i>L. Tavebi, S. Sohanvarlakani, A. Farmany, 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 Gnidium</i> L. Occurring in Tunisia <i>Ladhari A., Omezzine F., Rimez A., Haouala R.</i>	1534
293	Intrinsic Kinetics of Methanol Dehydration over Al ₂ O ₃ Catalyst <i>Liang Zhang, Hai-Tao Zhang, W. ci-Yang Ying, Ding-Ye Fang</i>	1538
294	Modeling Directional Thermal Radiance 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, Chumping 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. Manamanni, S. Maughamir</i>	1560
298	Investigating Ultra Violet (UV) Strength against Different Level of Altitude using New Environmental Data Management System <i>M. Amir Abbas, M. Dahlui</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. Challal, F. Labu, M. Dehmas, A. Azrar</i>	1582
302	Restoration of Biological Function of Degraded Soil via Chemical Method <i>M. Chomczynska</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. Yaqub, I. Goukal, J. Kamruzzaman</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. Toghiani Darzi, Z. Ghandeharizadeh, GH. Riazi</i>	1612
307	Analysis of Catalytic Properties of Ni ₃ Al Thin Foils for the Methanol and Hexane Decomposition <i>M. Michalska-Domska, P. Józwiak, Z. Bojar</i>	1616
308	Stability Verification for Bilateral Teleoperation System with Variable Time Delay <i>M. Sallam, A. Ramadan, M. Fanni, M. Abdellatif</i>	1620

TABLE OF CONTENTS
-PART XIII-

Article #		Page
280	MAS Simulations of Optical Antenna Structures <i>K. Tavazarashvili, G. Ghvedashvili</i>	1479
281	Simulation of Climate Variability for Assessing Impacts on Yield and Genetic Change of Thai Soybean <i>Kanita Thanacharoenchonaphas, Orose Rugchatt</i>	1484
282	Probabilistic Approach as a Method Used in the Solution of Engineering Design for Biomechanics and Mining <i>Karel Frydrišek</i>	1489
283	Consideration of Criteria of Vibration Comfort of People in Diagnosis and Design of Buildings <i>Kawecki J., Kowalska-Koczwara A., Szygula 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 Hezikhah, 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. Kudaibergenov, S.E. Kumekov, V. N. Ermolaev, L. V. Podczcova</i>	1506
286	Fault Detection via Stability Analysis for the Hybrid Control Unit of HEVs <i>Kyogun Chang, Yoon Bok Lee</i>	1510
287	Thermodynamic Performance of Regenerative Organic Rankine Cycles <i>Kyoung Hoan Kim</i>	1515
288	Prediction of the Rear Fuselage Temperature with Radiation Shield <i>Kyung Joo Yi, Seung Wook Baek, Siang 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. Boudjermal, A. Bellur, R. Roubache, M. Bensaada</i>	1524
290	Mercury Content in Edible Part of <i>Otolithes Ruber</i> Marketed in Hamedan, Iran <i>L. Tayebi, S. Sobhamardakani, A. Farnam, 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. Santos, L. E. Quidas, J. Vega, J. M. Gaspar-Escribano, B. Benito</i>	1530
292	Phytotoxicity of <i>Daphne Gnidium L.</i> Occurring in Tunisia <i>Ladhari A., Ommezine F., Rimez A., Haouala R.</i>	1534
293	Intrinsic Kinetics of Methanol Dehydration over Al ₂ O ₃ Catalyst <i>Liang Zhang, Hai-Tao Zhang, W. ci-Yong Ying, Ding-Ye Fang</i>	1538
294	Modeling Directional Thermal Radiance 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, Chumping 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. Manamanni, S. Moughamir</i>	1560
298	Investigating Ultra Violet (UV) Strength against Different Level of Altitude using New Environmental Data Management System <i>M. Amir Abbas, M. Dahlui</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. Challal, F. Labu, M. Dehmas, A. Azrar</i>	1582
302	Restoration of Biological Function of Degraded Soil via Chemical Method <i>M. Chomczyńska</i>	1587
303	Assessment of Climate Policy and Sustainability in Hungary <i>M. Cséte, G. Szendro</i>	1592
304	Envelope-Wavelet Packet Transform for Machine Condition Monitoring <i>M. F. Yaqub, I. Gansul, J. Komaruzaman</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. Amuloo</i>	1604
306	Influence of Biofertilizers on Flower Yield and Essential Oil of Chamomile (<i>Matricaria chamomile L.</i>) <i>M. Haj Seyed Hadi, M. Taghi Darzi, Z. Ghandeharilavijeh, GH. Riazzi</i>	1612
307	Analysis of Catalytic Properties of Ni ₃ Al Thin Foils for the Methanol and Hexane Decomposition <i>M. Michalska-Domańska, P. Józwiak, Z. Bojar</i>	1616
308	Stability Verification for Bilateral Teleoperation System with Variable Time Delay <i>M. Sallam, A. Ramadan, M. Fanni, M. Abdellatif</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⁻¹ 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 2nd 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 2nd 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: kanitat@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 m².

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 1st generation seeds were planted to yield the 2nd generation. Therefore, there were 2 cropping periods under air temperature variability.

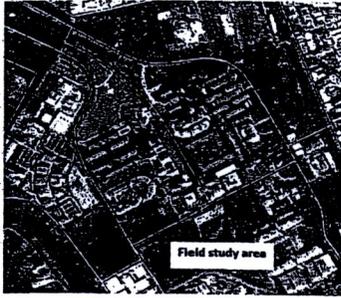


Fig. 1 Field study area in Phitsanulok, Thailand Cited from Google (2011)

C. Temperature control

The cylindrical open top chamber (internal volume = 6.3 m³) 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 (± S.D) for 8 hr for each treatment were 30-33 °C (± 2.3) for the LT-treatment, 33-36 °C (± 2.4) for the AT-treatment, and 36-40 °C (± 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.

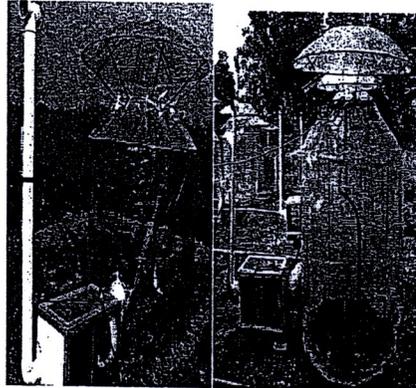


Fig. 2 Open top chamber in experiment with electrical control system

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 1st 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 1st cropping stage (by approximately 80%). While in the reproductive stages, the percentage of height (cm) increase was approximately 20% less.

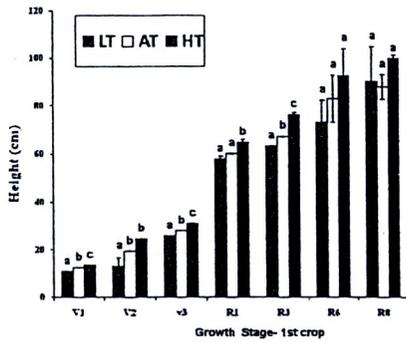


Fig. 3 Height (cm) of Thai soybeans (Chiang Mai 60 Cultivar) under 3 air temperature variability treatments at different growth stages (1st-crop)

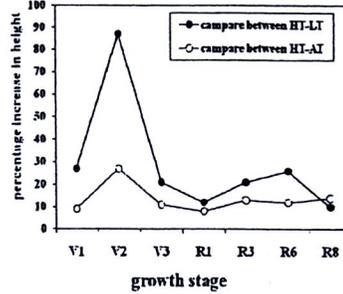


Fig. 5 Percentage of height (cm) increase at different growth stages of Thai soybeans, compared between HT-treatment and LT-treatment, and HT-treatment and AT-treatment in the 1st cropping period.

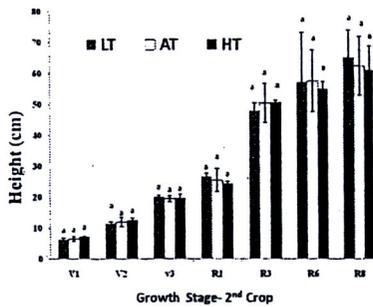


Fig. 4 Height (cm) of Thai soybeans (Chiang Mai 60 Cultivar) under 3 air temperature variability treatments at different growth stages (2nd crop)

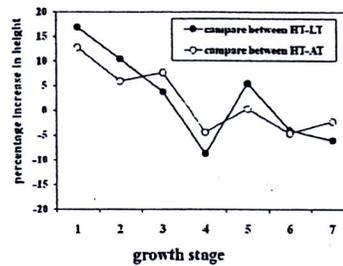


Fig. 6 Percentage of height (cm) increase at different growth stages of Thai soybeans, compared between HT-treatment and LT-treatment, and HT-treatment and AT-treatment in the 2nd cropping period.

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.

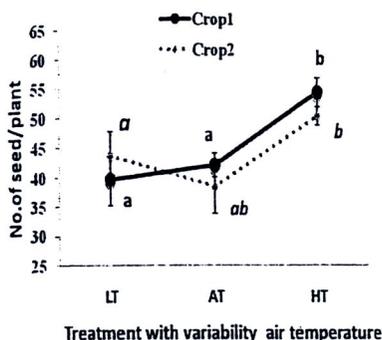


Fig. 7 No. of seed/plant of Thai soybeans (Chiang Mai 60 Cultivar) under 3 air temperature variability treatments

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-Fig. 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).

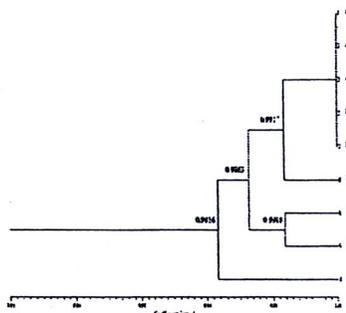


Fig. 8 Phylogenetic tree of soybeans in 3 treatments in the 1st cropping period

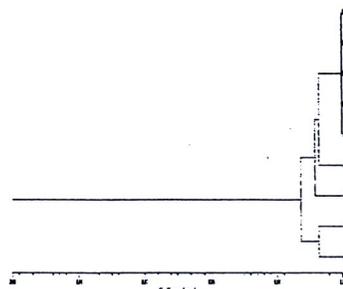


Fig. 9 Phylogenetic tree of soybeans in 3 treatments in the 2nd cropping period

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. Bains, 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. 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 India: a 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. Thanacharoenchanaphas and O. Rugchati, "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] I.F. Wardlaw, and L. Moncur, "The response of wheat to high temperature following anthesis. I. The rate and duration of hernel 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. Vikijcky, 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

ผลของอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นระหว่างระยะการเจริญเติบโตต่างๆกันที่มี
ต่อถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 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. รังสฤกษ์ดี	ภาวิติะ	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร
3. ประภา	ศรีพิจิตรต์	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร	4. สมศิริ	แสงโชติ	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
5. ประภารัจ	หอมจันทร์	ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร	6. สายัณห์	ทัดศรี	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร
7. วิจารย์	วิษุกิจ	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร	8. จวงจันทร์	ดวงพิตรา	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร
9. จินดารัฐ	วีระวุฒิ	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร	10. วันชัย	จันทร์ประเสริฐ	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร
11. นิพนธ์	ทวีชัย	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร	12. ยິงยง	ไพสุขสานติวัฒนา	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
13. ดวงพร	สุวรรณกุล	ศูนย์ธุรกิจเกษตร คณะเกษตร	14. สมนึก	วงศ์ทอง	ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร
15. ณรงค์	สิงห์ประอุดม	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร	16. สุรศักดิ์	นิลนนท์	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
17. สุรวิษ	วรรณไกรโรจน์	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร	18. สุเทพ	ทองแพ	ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
19. วิบูลย์	จรงตันเมธีกุล	ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร	20. บัญชา	ชินศรี	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
21. ปริญญาษ	จุลกะ	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร	22. สายชล	เกตุษา	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
23. สรวาธ	รุ่งเมฆารัตน์	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร	24. เฉลิมพล	ภูมิไชย์	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร
25. สุตเขตต์	นาคะเสถียร	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร	26. ธาณี	ศรีวงศ์ไชย	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร
27. ธนุชัย	กองแก้ว	ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร	28. ศวพร	ศุภผล	ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
29. ปราโมทย์	สฤชดีนิรันดร์	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร	กำแพงแสน		
30. วิชัย	โรสิตรัตน์	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร	กำแพงแสน		
31. กวิศร์	วานิชกุล	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร	กำแพงแสน		
32. จุฑามาศ	ร่วมแก้ว	ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร	กำแพงแสน		
33. ประดิษฐ์	พงศ์ทองคำ	ภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์			

ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สาขาพืช

1. อานาจ	สุวรรณฤทธิ์	ข้าราชการบำนาญ
2. วาสนา	วงษ์ใหญ่	ข้าราชการบำนาญ
3. สมนึก	วงศ์ทอง	ข้าราชการบำนาญ
4. พืทยากร	ลิ้มทอง	สำนักผู้เชี่ยวชาญ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
5. สุน	กสิเสวีวงศ์	สำนักเมล็ดพันธุ์ข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
6. วันทนา	ตั้งเปรมศรี	กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ผลของอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นระหว่างระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ กันที่มีต่อ ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60

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

นเรศ ขำเจริญ¹ ไอรอส รุกชาติ² และ กนิตา ธนเจริญชนภาส^{1*}

Nares Khamcharoen¹, Orose Rugchati² and Kanita Thanacharoenchanaphas^{1*}

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% และยังพบว่ากระตุ้นความสูงของต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเด่นชัดตั้งแต่ระยะ V1 ถึง ระยะ R3 โดยพบสูงสุดที่ระยะ V2 87% อย่างไรก็ตามพบว่าผลผลิตในระยะเก็บเกี่ยว ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นผลการศึกษาบ่งชี้ว่าถึงแม้ว่าอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นในระยะการเจริญเติบโต ส่งผลต่อการกระตุ้นการเพิ่มขึ้นของดัชนีพื้นที่ใบ คลอโรฟิลล์เอ และความสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิตแต่อย่างใด แต่กลับพบว่าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้กลับส่งผลกระทบต่อการผลิตผลผลิตในระยะเก็บเกี่ยว

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

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

²ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร 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 (IPCC, 2007) ปัญหาสำคัญประการหนึ่งจากสภาวะการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิดังกล่าว คือการส่งผลกระทบต่อการผลิตของผลผลิตทางการเกษตรในพื้นที่ต่างๆทั่วโลก (Fuhrer, 2003) โดยมีข้อมูลหลักฐานจากการวิจัยของนักวิทยาศาสตร์หลายประเทศ รวมทั้งประเทศไทย ที่พบว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นรวมทั้งการเกิดสภาวะโลกร้อนส่งผลกระทบต่อการผลิตและคุณภาพสารอาหารของธัญพืชหลักของโลกหลายชนิด 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 จากนั้นนำตุ้ทดลองมาครอบในแปลงปลูก 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 เปิดระบายอากาศด้านบน และมีหลังคาพลาสติกใสด้านบนเพื่อ

กันน้ำฝน และใช้ระบบไฟฟ้าควบคุมการเปิดปิดระบบน้ำไหลบริเวณผนังด้านข้างของตู้ทดลองเพื่อควบคุมระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 ระดับใน 3 สิ่งทดลองดังนี้

3.1) สิ่งทดลองที่ 1 ควบคุมให้อุณหภูมิต่ำกว่าระดับอุณหภูมิบรรยากาศ
ใช้ชื่อสิ่งทดลอง LT (Lower Air Temperature)

3.2) สิ่งทดลองที่ 2 ควบคุมให้อุณหภูมิเท่ากับระดับอุณหภูมิบรรยากาศ
ใช้ชื่อสิ่งทดลอง AT (Ambient Air Temperature)

3.3) สิ่งทดลองที่ 3 ควบคุมให้อุณหภูมิสูงกว่าระดับอุณหภูมิบรรยากาศ
ใช้ชื่อสิ่งทดลอง HT (Higher Air Temperature)

บันทึกอุณหภูมิด้วยเครื่อง Thermo- Hygrometer ซึ่งผลการควบคุมระดับอุณหภูมิพบว่าระดับอุณหภูมิในสิ่งทดลอง มี 3 ช่วงระดับอุณหภูมิดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1 ชื่อชุดทดลอง LT (Lower Air Temperature) สามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงระหว่าง 30-33 °C ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง

สิ่งทดลองที่ 1 ชื่อชุดทดลอง AT (Ambient Air Temperature) สามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงระหว่าง 33-36 °C ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง

สิ่งทดลองที่ 1 ชื่อชุดทดลอง HT (Higher Air Temperature) สามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงระหว่าง 37-40 °C ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง

4. ปัจจัยชี้วัดผลกระทบของระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันต่อถั่วเหลือง

ในการวิจัยกำหนดการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ผลในช่วงอายุที่แตกต่างกันใน ระยะ V1 V2 V3 R1 R3 R6 และ R8 (ระยะอายุของ $V_1=17$ วัน $V_2=21$ วัน $V_3=26$ วัน $R_1=36$ วัน $R_3=47$ วัน $R_6=75$ วัน และ $R_8=89$ วัน ตามลำดับ) โดยเก็บตัวอย่าง 10 ต้นในแต่ละสิ่งทดลอง โดยมีปัจจัยซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดผลกระทบ ในช่วงระยะของอายุถั่วเหลืองในระยะต่างๆ ดังนี้

4.1) ด้านการเจริญเติบโตทางลำต้น

4.1.1 การเจริญเติบโตของใบ

วัดพื้นที่ใบเพื่อคำนวณค่าดัชนีพื้นที่ใบ Leaf area index ที่ระยะ R_1, R_3, R_6 และ R_8 โดยคำนวณได้จากสูตร $LAI = \text{พื้นที่ใบ} / \text{พื้นที่ดินที่พืชนั้นขึ้นอยู่}$ โดยใช้วิธีของ Jones *et. al.* (1991)

4.1.2 การเจริญเติบโตของลำต้น (ความสูง)

วิเคราะห์จากการเจริญเติบโตของลำต้นโดยวัดจาก ความสูง ในระยะ V1, V2, V3, R1, R3, R6 และ R8 และเปรียบเทียบหาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มหรือการลดลงของความสูงของแต่ละสิ่งทดลอง

4.2) ปริมาณรวงควัตถุ

เก็บตัวอย่างใบเพื่อการวิเคราะห์ผลในระยะ ช่วงอายุ V_3, R_1, R_3, R_6 และ R_8 ซึ่งเป็นช่วงอายุ 26, 36 และ 47 75 และ 89 วันตามลำดับ การวิเคราะห์คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์โดยใช้วิธีของ Yoshida (1976)

4.3) ผลผลิต

วิเคราะห์ผลผลิตในระยะสุดท้ายคือ R8 ในช่วงการเก็บเกี่ยว โดยศึกษาจำนวนฝัก / ต้น และจำนวนเมล็ดทั้งหมด / ต้น

4.4) การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลผลการทดลอง มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยเลือกใช้สถิติเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลระหว่าง 3 สิ่งทดลอง แบบ One Way ANOVA และเลือกวิธี Duncan' New Multiple Range Test (DMRT) ทดสอบเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน กับผลที่มีต่อพารามิเตอร์ของสิ่งทดลอง

ผลการทดลอง

1. ปัจจัยด้านการเจริญเติบโตทางลำต้น

1.1 ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index)

ผลการศึกษาเพื่อประเมินผลกระทบของสภาวะระดับอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศ ที่มีผลต่อดัชนีพื้นที่ใบ ตั้งแต่ระยะ R1 ถึง R8 พบว่าถั่วเหลืองที่มีอายุในระยะ R1 (อายุ 36 วัน) เท่านั้นที่มีการตอบสนองในเชิงบวกต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ (สิ่งทดลอง HT) ซึ่งพบว่าดัชนีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น 34% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 1) ส่วนช่วงอายุในระยะอื่นๆไม่พบการตอบสนองทั้งในด้านการเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่อย่างใด

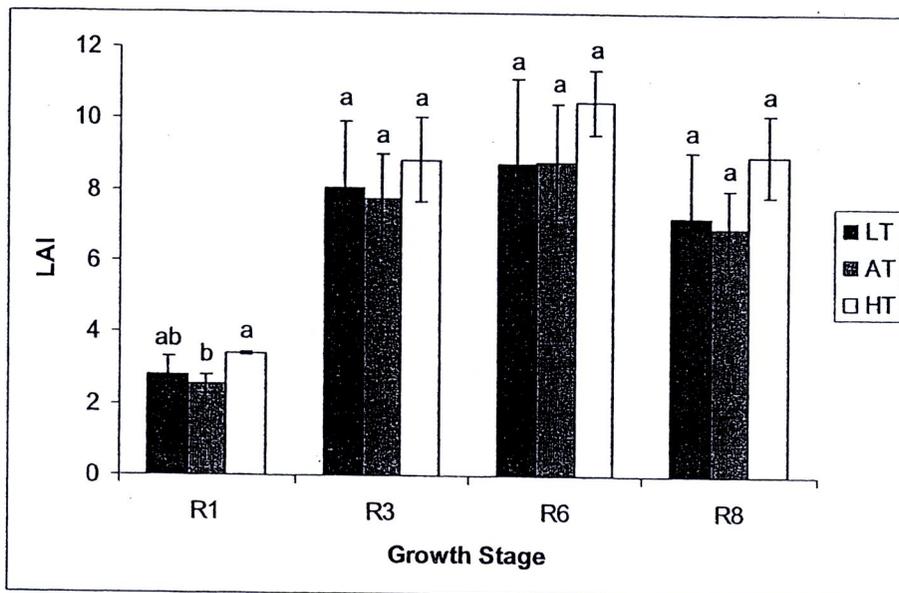


Figure 1 Leaf area index at different growth stages of soybean cv. CM60 as affected by 3 levels of air temperature (LT, AT and HT). Means that followed by the same letter are not significant at $P \leq 0.05$ by DMRT. Error bars above each histograms indicated standard deviations (S.D.) observed from 10 plant of each treatment.

1.2 ความสูง (Height)

ผลการวิจัยในปัจจัยด้านการเจริญเติบโต โดยวัดที่ระดับความสูงที่ระยะอายุ $V_1, V_2, V_3, R_1, R_3, R_6$ และ R_8 คืออายุที่ 17 21 26 36 47 75 และ 89 วัน ตามลำดับ (Figure 2) พบว่าระดับอุณหภูมิที่สูงกว่าระดับอุณหภูมิในธรรมชาติในช่วงการปลูกส่งผลกระตุ้นการเจริญทางลำต้นในด้านความสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสิ่งทดลอง HT เมื่อเปรียบเทียบกับ ความสูงของสิ่งทดลอง LT และ AT ซึ่งแสดงให้เห็นผลอย่างเด่นชัดและต่อเนื่องตั้งแต่ระยะที่พืชเริ่มมีการเจริญเติบโต V_1, V_2 และ V_3 ไปจนถึงช่วงระยะเจริญพันธุ์ R_1 และ R_3 และเป็นที่น่าสังเกตว่าถึงแม้ ในระยะ R_6 และ R_8 ไม่แสดงผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ก็มีแนวโน้มที่แสดงให้เห็นการเพิ่มระดับความสูงในสิ่งทดลอง HT เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลอง LT และ AT (Figure 2,3 ตามลำดับ)

การเปรียบเทียบระหว่างสิ่งทดลองเพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์การเพิ่มระดับความสูงของต้นเหลืองระหว่างสิ่งทดลอง HT กับ LT (ที่ระดับอุณหภูมิเพิ่มสูงกว่าธรรมชาติและที่ระดับต่ำกว่าธรรมชาติ) และ ระหว่างสิ่งทดลอง HT กับ AT (ที่ระดับอุณหภูมิเพิ่มสูงกว่าธรรมชาติและที่ระดับเทียบเท่ากับธรรมชาติ) พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของความสูง สูงสุดที่ระยะ V2 (ระยะข้อที่ 2) คือเพิ่มขึ้นถึง 87% และ 27% ตามลำดับ (Figure 3)

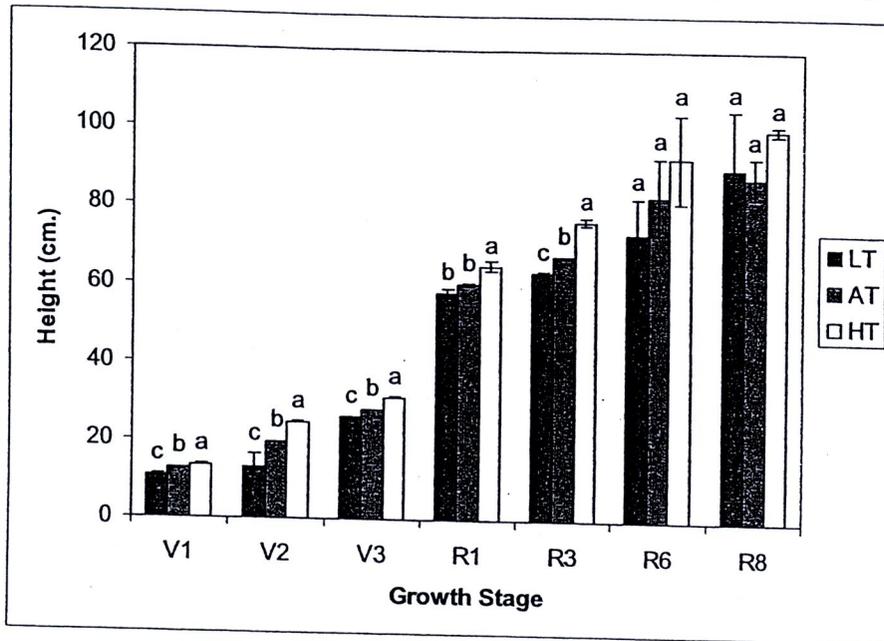


Figure 2 Soybean cv.CM60 plant height at different growth stages as affected by 3 levels of air temperature(LT, AT and HT). Data were collected at V₁, V₂, V₃, R₁, R₃, R₆ and R₈ growth stage. Means that followed by the same letter are not significant at P≤0.05 by DMRT. Error bars above each histograms indicated standard deviations (S.D.) observed from 10 plant of each treatment.

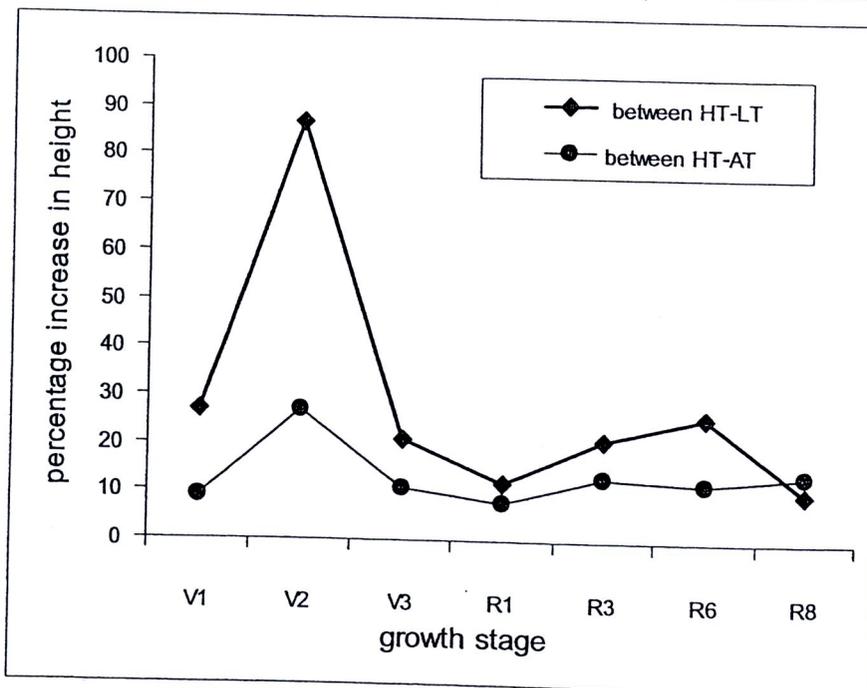


Figure 3 Percentage increase in height of soybean plant cv.CM60 at different growth stages between HT - LT treat and HT - AT treat.

2.ปริมาณรงควัตถุในใบ (Pigment Content)

การตอบสนองของรงควัตถุในใบของการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกพิจารณาในปัจจัยด้านปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บี และ แคโรทีนอยด์ ดังแสดงใน (Figure 4 5 และ 6 ตามลำดับ) ผลการศึกษา พบว่าระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณ คลอโรฟิลล์ เอ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 47% ที่ระยะ R₁ ซึ่งเป็นระยะการออกดอก เพียงช่วงอายุเดียวเท่านั้น และไม่พบผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิสูงที่มีต่อถั่วเหลืองในช่วงระยะอายุอื่นๆที่ศึกษา เช่นเดียวกับผลการศึกษาในรงควัตถุชนิดคลอโรฟิลล์ บี และ แคโรทีนอยด์ ก็ไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนจากระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันในทุกช่วงระยะการเจริญเติบโต

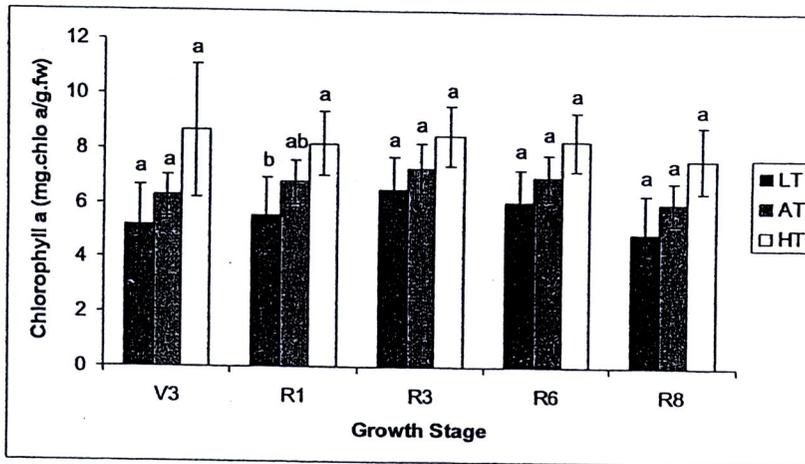


Figure 4 Chlorophyll a at different growth stages of soybean cv.CM60 as affected by 3 levels of air temperature in (LT, AT and HT). Means that followed by the same letter are not significant at $P \leq 0.05$ by DMRT. Error bars above each histograms indicated standard deviations (S.D.) observed from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

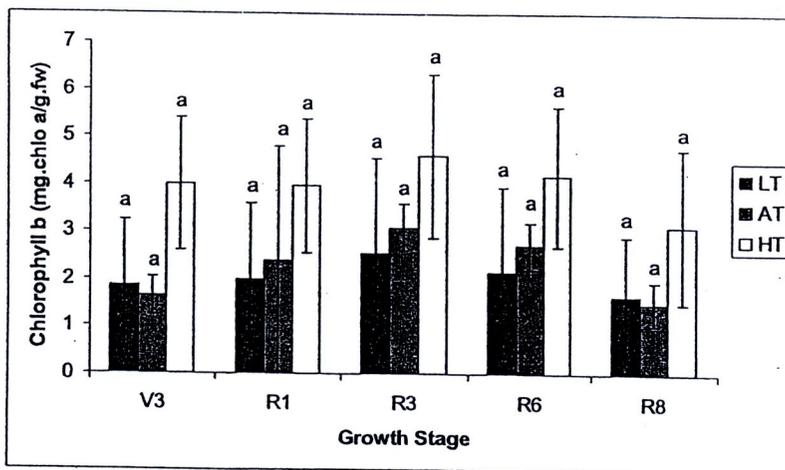


Figure 5 Chlorophyll b at different growth stages of soybean cv.CM60 as affected by 3 levels of air temperature in (LT, AT and HT). Means that followed by the same letter are not significant at $P \leq 0.05$ by DMRT. Error bars above each histograms indicated standard deviations (S.D.) observed from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

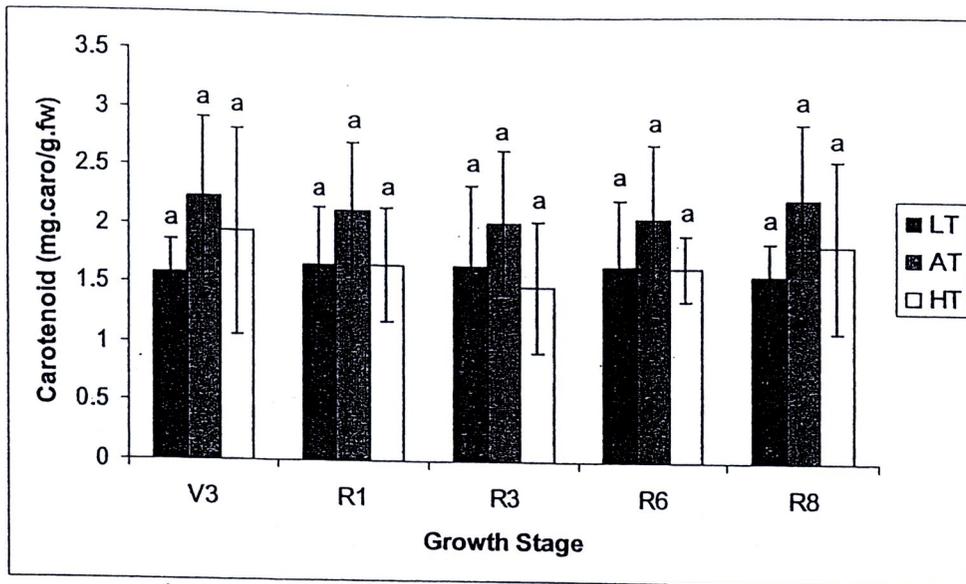


Figure 6 Soybean plant carotenoid at different growth stages of soybean cv.CM60 as affected by 3 levels of air temperature in (LT, AT and HT). Means that followed by the same letter are not significant at $P \leq 0.05$ by DMRT. Error bars above each histograms indicated standard deviations (S.D.) observed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

3. ผลผลิต (Yield)

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

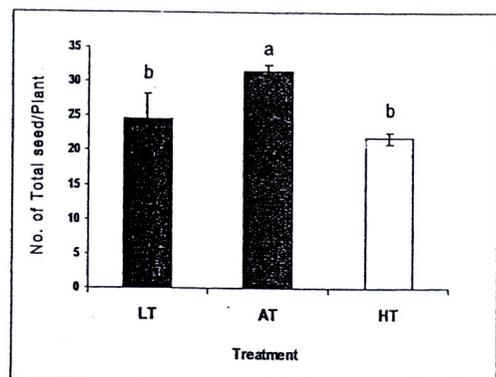
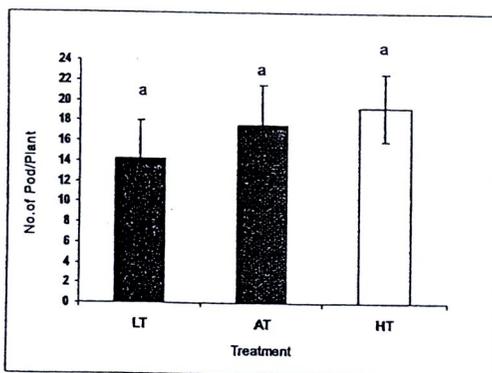


Figure 7 Soybean plant yield at maturing growth stages of soybean cv.CM60 as affected by 3 levels of air temperature in (LT, AT and HT). Means that followed by the same letter are not significant at $P \leq 0.05$ by DMRT. Error bars above each histograms indicated standard deviations (S.D.) observed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

วิจารณ์ผล

ผลการศึกษาเพื่อประเมินผลกระทบของสภาวะการเพิ่มระดับอุณหภูมิที่สูงกว่าระดับธรรมชาติที่มีต่อการเจริญและผลผลิตของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยสร้างสภาวะจำลองให้เกิดขึ้นในพื้นที่ปลูกในฤดูปลูก พบว่ามีผลที่เด่นชัดต่อการกระตุ้นให้พืชมีการเจริญทางลำต้นในด้านความสูงให้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเป็น การเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ระยะแรกของการเจริญเติบโต (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 ส่วนในระยะเวลาการเจริญเติบโตของ R-stage ซึ่งเป็นระยะเวลาการเจริญพันธุ์ ในช่วงเริ่มออกดอก (R1) และ เริ่มติดฝัก (R3) มีเปอร์เซ็นต์ความสูงเพิ่มขึ้น 8% และ 13% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาในทุกช่วงอายุดังกล่าวพบว่าที่ ระยะ V2 ซึ่งเป็นระยะที่ใบจริงที่ 1 คลี่กางออก ได้ถูกกระตุ้นให้ความสูงเพิ่มขึ้นสูงสุด ถึง 87% ภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูง นอกจากนี้ปัจจัยความสูงแล้ว อุณหภูมิสูงยังกระตุ้นให้ถั่วเหลืองสร้างพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นและสร้างคลอโรฟิลล์ เอ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระยะ R1 เช่นกัน

สภาวะอุณหภูมิสูงส่งผลต่อการกระตุ้นการเจริญทางลำต้น ดัชนีพื้นที่ใบ ความสูง และเพิ่มคลอโรฟิลล์ เอ แต่ไม่พบว่าส่งผลในเชิงบวกต่อผลผลิตแต่อย่างใด แต่ปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงดังกล่าวกลับส่งผลต่อการลดผลผลิตของถั่วเหลืองในช่วงระยะเก็บเกี่ยว ซึ่งน่าสนใจศึกษาอย่างต่อเนื่องถึงสาเหตุของการเกิดสภาวะเช่นนี้ เนื่องด้วยโดยปกติถ้าขนาดและคุณภาพของพื้นที่ใบซึ่งจัดเป็น Source ที่สำคัญที่ทำหน้าที่รับแสงและสังเคราะห์มีคุณภาพที่ดีน่าจะส่งผลดีต่อผลผลิต แต่หากอยู่ภายใต้อิทธิพลที่ไม่เหมาะสม ซึ่งทำให้ Source ได้รับผลกระทบในระหว่างการเจริญทางแพร่พันธุ์ ดังเช่นผลการศึกษาในครั้งนี้ จะมีผลกระทบต่อผลผลิตมากกว่าเมื่อเกิดขึ้นในระยะเวลาการเจริญทางลำต้นและใบ (Brun, 1978) ซึ่งข้อมูลนี้ขัดแย้งกับผลการศึกษาครั้งนี้เพราะพบว่า ผลผลิตด้านจำนวนเมล็ดทั้งหมด / ต้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งที่มีการเพิ่มขนาดพื้นที่ใบ (ดัชนีพื้นที่ใบ) ผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิสูงในบางกรณีถึงแม้ว่าจะกระตุ้นการเจริญได้ก็จริงเนื่องจากเร่งกระบวนการการดูดธาตุอาหารจนส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น แต่อาจส่งผลเสียต่อสมดุลพลังงานในเนื้อเยื่อ ทำให้การเจริญเติบโตของพืชบางประการลดลง และ ยังสามารถทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อของพืชเนื่องจากการ เช่นการเกิดสภาวะ เนื้อเยื่อตาย (necrosisหรือการเกิดภาวะช็อคหรือภาวะเครียดจากอุณหภูมิ ที่จะส่งผลต่อการลดเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในการสร้างเมล็ด (Jones, 1992; ชวนพิศ, 2544)

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

สรุป

จากผลการศึกษาการประเมินผลกระทบของระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันที่มีต่อถั่วเหลืองสายพันธุ์ เชียงใหม่ 60 สรุปผลได้ดังนี้

1. ระดับอุณหภูมิที่สูงกว่าระดับบรรยากาศมีผลกระทบต่อการเพิ่มการเจริญทางด้านความสูง ต้นนี้พื้นที่ใบ 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 ตลอดจน เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ จ.พิษณุโลกทุกท่าน สำหรับการอนุเคราะห์สถานที่ เมล็ดพันธุ์ และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการในการวิจัยจนเสร็จสิ้น

เอกสารอ้างอิง

- กณิตา ธนเจริญชนภาส และ ไอรส รักชาติ. 2551. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องการจำลองสภาวะการณ์โลกร้อนในพื้นที่ปลูกข้าวเพื่อประเมินผลกระทบที่มีต่ออัตราผลผลิต คุณภาพสารอาหาร และการเปลี่ยนแปลงในระดับพันธุกรรมของข้าวหอมมะลิไทย. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- กณิตา ธนเจริญชนภาส และ ไอรส รักชาติ. 2552. ผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในฤดูกาลปลูกที่มีต่อผลผลิตและ อนุภาคเมล็ดแบ่งของข้าวหอมไทย (*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. ธนัชการพิมพ์และสำนักพิมพ์พัฒนาศึกษา, 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 CO₂, Ozone, and global climate change. Agric. Ecosyst. Environ. 97: 1-20.



คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ

นายก้านรงค์ ศรีรัฐ
ประธานกรรมการ

นายเอ็จ สโรบล	ประธานสาขาพืช	รองประธานกรรมการ
นายธงชัย สุวรรณลิขิต		รองประธานกรรมการ
นายสมชัย จันทร์สว่าง	ประธานสาขาสัตว์	กรรมการ
นายเกรียงไกร สถาพรวานิชย์	ประธานสาขาประมง	กรรมการ
นายทวีศักดิ์ ส่งเสริม	ประธานสาขาสัตวแพทยศาสตร์	กรรมการ
น.ส.ศิริพร เรียบร้อย	ประธานสาขาส่งเสริมการเกษตร และคหกรรมศาสตร์	กรรมการ
นางอรรณดิรา วรียงยง	ประธานสาขาวิทยาศาสตร์	กรรมการ
นายพีรยุทธ์ ชาญเศรษฐีกุล	ประธานสาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์	กรรมการ
นางณัฐชนก อมรเทวภัทร	ประธานสาขาอุตสาหกรรมเกษตร	กรรมการ
นายนิคม แผลมลัก	ประธานสาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	กรรมการ
นางหฤทัย นำประเสริฐชัย	ประธานสาขาเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ	กรรมการ
นางเรณูมาศ มาอุ้น	ประธานสาขาศึกษาศาสตร์	กรรมการ
นางพรภิรมณ์ เขียงกุล	ประธานสาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	กรรมการ
นายประคนเดช นีละคุปต์	ประธานฝ่ายสารสนเทศ	กรรมการ
นางสาวนිරนุช ภาชนะทิพย์	ประธานฝ่ายเลขานุการและประธานฝ่ายสู่จิตร์	กรรมการ
นายพลวัฒน์ ต้นหัน	ประธานฝ่ายจัดพิมพ์เอกสาร	กรรมการ
นางสาวอุทัยวรรณ กิจวิเชียร	กรรมการและเลขานุการ	กรรมการ
นางมัลลิกา เกตุขรารัตน์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ	กรรมการ
นางสาวผณิตา วิบุรณวงศ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ	กรรมการ
นางสาวสุดธิดา มีสวัสดิ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ	กรรมการ



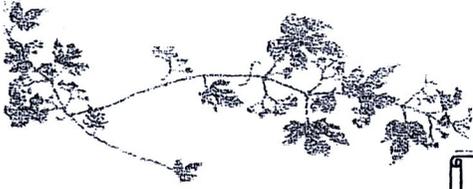


28. สราวุธ	รุ่งเมฆารัตน์	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
29. เฉลิมพล	ภูมิไชย์	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
30. สุตเชตต์	นาคะเสถียร	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
31. ธานี	ศรีวงศ์ไชย	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
32. ศวพร	ศุภผล	ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
33. อนุชัย	ทองแก้ว	ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร

สาขาพืช: ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

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





รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

สาขาพืช: ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

1. เอ็จ	สโรบล	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
2. รังสฤกษ์ดี	ภาวดีตะ	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
3. ประภา	ศรีพิจิตต์	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
4. สมศิริ	แสงโชติ	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
5. ประดิษฐ์	พงศ์ทองคำ	ภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
6. ประภาารัจ	หอมจันทร์	ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร
7. สายัณห์	ทัตศรี	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
8. วิจารย์	วิษุกิจ	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
9. จวงจันทร์	ดวงพัตรา	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
10. จินดารัฐ	วีระวุฒิ	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
11. วันชัย	จันทร์ประเสริฐ	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
12. ยິงยง	ไพสุศานติวัฒนา	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
13. กวิศร์	วานิชกุล	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน
14. วิชัย	โมสิตรัตน	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน
15. นิพนธ์	ทวิชัย	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
16. ดวงพร	สุวรรณกุล	ศูนย์ธุรกิจเกษตร คณะเกษตร
17. สมนึก	วงศ์ทอง	ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร
18. ณรงค์	สิงห์ประอุดม	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
19. ปราโมทย์	สฤกษ์นรินทร์	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน
20. สุรศักดิ์	นิลนนท์	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
21. สุรวีระ	วรรณไกรโรจน์	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
22. สุเทพ	ทองแพ	ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
23. จุฑามาส	ร่มแก้ว	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน
24. วิบูลย์	จรงค์เมธีกุล	ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร
25. บัญชา	ธิดาศรี	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
26. ปรัชมนุสร	จุลภะ	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
27. ลายธรร	ณัฐชา	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร





Editorial Board

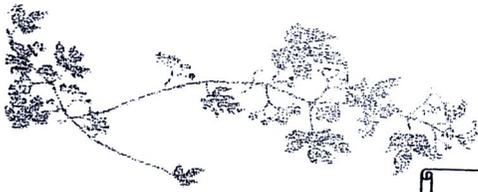
Subject: Plants (internal)

1. Ed	Sarobol	2. Rungсарid	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. Duangpom	Suwanagul
17. Somnuk	Wongthong	18. Narong	Singburaudom
19. Pramote	Saridnirun	20. Surasak	Nilnond
21. Surawit	Wannakrairoj	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 ตันหัน

ประธานกรรมการ

นายปัญญา ชี้อตรง

รองประธานกรรมการ

นางสาวอุทัยวรรณ กิจวิเชียร

กรรมการ

นางวนิดา เสาะตัน

กรรมการ

นางสาวทิพย์รัตน์ อิศรางกูร ณ อยุธยา

กรรมการ

นางสาวผณิตา วิบุรณวงศ์

กรรมการ

นางสาวสุชาดา ภูระหงษ์

กรรมการ

นายวิทยา วงษ์เอี่ยม

กรรมการ

นางสาวศิริลักษณ์ ศิริวรรณ

กรรมการ

นางสาวกฤษฎี ปรีวัตรกุล

กรรมการ

นางสาวอุทัยภรณ์ ลิรัตน์า

กรรมการ

นางสาวสิริกัญญา มณีนิล

กรรมการและเลขานุการ

นางสาวปฐมมาวดี กุลวัฒน์ไพศาล

กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

นางสาวลิลลา วุฒิวาณิชกุล

กรรมการ

นางวัชรีย์ ทองทิพย์

กรรมการ

นางสาวจิราวรรณ สุริยกุล ณ อยุธยา

กรรมการ

นายบดีรินทร์ พูลพรรณ

กรรมการ

นางมัลลิกา เกตุขรรค์รัตน์

กรรมการ

นางสุนานี ศรีดี

กรรมการ

นางนฤมล อินตา

กรรมการ

นางสาวณัฐพร แซ่คู

กรรมการ

นายภวัต วิเศษจิตร

กรรมการ

นางสาวสุดธิดา มีสวัสดิ์

กรรมการ

นางปนัดดา ดีहरัง

กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ



