

บทที่ 5

บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิในบรรยากาศที่สูงขึ้นต่อองค์ประกอบผลผลิตและคุณภาพสารอาหารในถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) พันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยควบคุมระดับอุณหภูมิที่กำหนด 3 ระดับใน 3 ชุดการทดลอง (3 ซ้ำ) ในแต่ละชุดทดลอง 5 ซังโมงต่อวัน ตั้งแต่เวลา 10.00-15.00 น. โดยทำการปลูกตั้งแต่เดือนมกราคม 2552 – มีนาคม 2552 เพื่อศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่สูงขึ้นต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต องค์ประกอบทางเคมีในเมล็ดบางชนิด ในเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลการศึกษาในปัจจัยลักษณะการเจริญเติบโต ด้าน ความสูง และดัชนีพื้นที่ใบของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 บ่งชี้ว่า มีการตอบสนองเชิงบวกในชุดการทดลองที่ควบคุมให้สูงกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอกชุดทดลองระหว่างการวิจัย(HT) ในระยะ V3, R1, R3 และเมื่อพิจารณาดัชนีพื้นที่ใบพบว่าระยะ R1 ของการปลูกในชุดการทดลองที่ควบคุมให้สูงกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอกชุดทดลองระหว่างการวิจัย(HT) มีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2. ผลการศึกษาในปัจจัยปริมาณรงควัตถุในใบ ชนิดคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และแคโรทีนอยด์ พบว่าที่ระยะ R1 ซึ่งเป็นระยะเริ่มออกดอก ได้รับผลกระทบเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อปริมาณรงควัตถุในใบ อย่างเด่นชัด โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เพิ่มขึ้นมากที่สุด และได้รับผลกระทบเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อปริมาณรงควัตถุในใบ อย่างเด่นชัด โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ลดลงมากที่สุดที่ระยะ R6 และ R8 ซึ่งเป็นระยะเมล็ดพัฒนาเต็มที่ และระยะสุกแก่เต็มที่ ตามลำดับ

3. ด้านคุณภาพสารอาหารในเมล็ดถั่วเหลืองที่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่สูงขึ้นในช่วงฤดูกาลปลูก มีผลการศึกษา และมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การตอบสนองของปริมาณไขมันในเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ($P > 0.05$)แต่อย่างใด

3.2 การตอบสนองของปริมาณร้อยละของเถ้าในถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ($P > 0.05$)แต่อย่างใด

3.3 การตอบสนองของปริมาณร้อยละของเยื่อใย พบว่าปริมาณร้อยละเยื่อใยมีลักษณะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้ง 3 ชุดการทดลอง

4. ด้านองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่อย่างไร

5. แนวทางแนวทางการรับมือกับปัญหาผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิที่สูงขึ้นต่อถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60

5.1 นโยบายระดับประเทศนั้นจำเป็นต้องดำเนินการกำหนดแนวทางในแผนการพัฒนาแก้ไขกับการป้องกันทั้งระบบอย่างชัดเจนไม่ว่าจะเป็นในส่วนของการรับผิดชอบของหน่วยงานต่างๆ ที่มีส่วนร่วมเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นโดยยึดหลักการของการบูรณาการและการพัฒนาแบบยั่งยืนด้วย และต้องมีรายงานสถานการณ์ต่างๆ ของปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบ รวมถึงรายงานความคืบหน้าของการปฏิบัติของนโยบายที่ได้กำหนดด้วย

5.2 นโยบายระดับท้องถิ่น คือ ระดับจังหวัดเมืองและหมู่บ้านต่างๆ ซึ่งในแต่ละพื้นที่จะมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเป็นผู้แนะนำให้ความรู้ เทคโนโลยี ถ่ายทอด กับเกษตรกรในพื้นที่ ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของการแนะนำให้ข้อมูลในการปลูก การคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ และวิธีการรับมือต่อปัญหาที่เกิดขึ้นในพื้นที่นั้นๆ นอกจากนี้ยังรวมถึงการมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากภาคประชาชนคือเกษตรกรในพื้นที่ คือ การเก็บรวมข้อมูลสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ข้อคิดเห็น แนวทางของการปฏิบัติจากพื้นที่จริง มาเป็นพื้นฐานของการพัฒนา แก้ไข และรับมือต่อปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในภายหน้าต่อไป

5.3 ด้านการวิจัย เนื่องด้วยงานวิจัยข้างต้นเป็นการสร้างสภาวะจำลองให้เกิดขึ้นในพื้นที่ปลูกในฤดูกาลปลูกโดยเน้นถึงผลกระทบของอุณหภูมิในบรรยากาศที่สูงขึ้นต่อองค์ประกอบผลผลิตและคุณภาพสารอาหารในถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) พันธุ์เชียงใหม่ 60 เมื่อพิจารณาผลการศึกษาในครั้งนี้ร่วมกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสร้างสภาวะจำลองให้เกิดขึ้นในพื้นที่ปลูกในฤดูกาลปลูก เรายังพบว่ายังมีข้อมูลที่น่าสนใจในการศึกษาบางประการ เช่น การปรับปรุงรูปแบบการควบคุมสภาพแวดล้อมในการทดลองด้วยรวมทั้งปัจจัยด้านมลพิษอื่น หรือแม้กระทั่งการหาวิธีที่จะทำให้พืชมีกระบวนการป้องกันตัวเองจากสภาวะที่ไม่เหมาะสม ถึงอย่างไรสภาวะอากาศมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละพื้นที่ไม่เหมือนกัน และในอนาคตประเทศไทยก็ยังคงต้องพึ่งผลผลิตทางการเกษตรเป็นสำคัญ จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีข้อมูลทางด้านงานวิจัยในประเทศที่เพียงพอต่อการจัดการทรัพยากรต่างๆ และเตรียมปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้ก็เป็นส่วนหนึ่งของการได้มาซึ่งข้อมูลเพื่อที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในอนาคตต่อไป

การศึกษาในครั้งนี้สรุปภาพรวมได้อย่างชัดเจนว่า การเพิ่มขึ้นของระดับอุณหภูมิส่งผลในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญในด้านการเจริญเติบโต ด้านความสูงของลำต้น ดัชนีพื้นที่ใบ รวมทั้งด้านรงควัตถุในใบ และปริมาณสารอาหารบางชนิดของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 แต่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนทั้ง 3 ชุดการทดลองแล้วพบว่าชุดทดลองที่ควบคุมให้ต่ำกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอกตู้ทดลองระหว่างการวิจัย (LT) ได้รับผลกระทบเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิในบรรยากาศที่สูงขึ้นต่อองค์ประกอบผลผลิตและคุณภาพสารอาหารในถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) พันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยควบคุมระดับอุณหภูมิที่กำหนด 3 ระดับใน 3 ชุดการทดลอง (3 ซ้ำ) ในแต่ละตู้ทดลอง 5 ซังมิงต่อวัน ตั้งแต่ 10.00-15.00 น. โดยทำการปลูกตั้งแต่เดือนมกราคม 2552 – มีนาคม 2552 โดยสร้างสภาวะจำลองให้เกิดขึ้นในพื้นที่ปลูกในฤดูกาลปลูก พบว่ามีผลที่เด่นชัดต่อการกระตุ้นให้พืชมีการเจริญทางลำต้นในด้านความสูงให้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเป็นการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่วัยแรกของการเจริญเติบโต (V3) จนถึงระยะเริ่มติดฝัก (R3) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของความสูงที่เพิ่มขึ้น โดยการคำนวณเปรียบเทียบระหว่างชุดการทดลองที่ควบคุมให้สูงกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอกตู้ทดลองระหว่างการวิจัย (HT) และชุดทดลองที่ควบคุมให้ใกล้เคียงกับระดับอุณหภูมิภายนอกตู้ทดลองระหว่างทำวิจัย (AT) พบว่าที่อายุระยะข้อที่ 3 (V3) มีความสูงเพิ่มขึ้น 11.41% ส่วนในระยะการเจริญเติบโตของ R-stage ซึ่งเป็นระยะการเจริญพันธุ์ ในช่วงเริ่มออกดอก (R1) และ เริ่มติดฝัก (R3) มีเปอร์เซ็นต์ความสูงเพิ่มขึ้น 7.80% และ 13.34% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาในทุกช่วงอายุดังกล่าวพบว่าที่ ระยะ R3 ซึ่งเป็นระยะที่ได้ถูกกระตุ้นให้ความสูงเพิ่มขึ้นสูงสุด ถึง 13.34% ภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูง นอกจากปัจจัยความสูงแล้วอุณหภูมิสูงยังกระตุ้นให้ถั่วเหลืองสร้างพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นและสร้างคลอโรฟิลล์ เอ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระยะ R1 เช่นกัน

สภาวะอุณหภูมิสูงส่งผลต่อการกระตุ้นการเจริญทางลำต้น ดัชนีพื้นที่ใบ ความสูง และเพิ่มคลอโรฟิลล์เอ นอกจากนี้ยังพบว่าส่งผลในเชิงบวกต่อผลผลิต แต่ปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงดังกล่าวกลับส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิตของถั่วเหลืองในช่วงระยะเก็บเกี่ยว เนื่องด้วยโดยปกติถ้าขนาดและคุณภาพของพื้นที่ใบซึ่งจัดเป็น Source ที่สำคัญที่ทำหน้าที่รับแสงและสังเคราะห์มีคุณภาพที่ดี น่าจะส่งผลดีต่อผลผลิต แต่หากอยู่ภายใต้อิทธิพลที่ไม่เหมาะสม ซึ่งทำให้ Source ได้รับผลกระทบในระหว่างการเจริญทางแพร่พันธุ์ ดังเช่นผลการศึกษาในครั้งนี้ จะมีผลกระทบต่อผลผลิตมากกว่า

เมื่อเกิดขึ้นในระยะการเจริญทางลำต้นและใบ (Brun, 1978) ผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิสูงในบางกรณีถึงแม้ว่าจะกระตุ้นการเจริญได้ก็จริงเนื่องจากเร่งกระบวนการการดูดธาตุอาหารจนส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น แต่อาจส่งผลเสียต่อสมดุลพลังงานในเนื้อเยื่อ ทำให้การเจริญเติบโตของพืชบางประการลดลง และยังสามารถทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อของพืชเนื่องจากการ เช่นการเกิดสภาวะ เนื้อเยื่อตาย (necrosisหรือการเกิดภาวะช็อคหรือภาวะเครียดจากอุณหภูมิที่จะส่งผลต่อการลดเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในการสร้างเมลลิต (Jones, 1992; ชวนพิศ แดงสวัสดิ์, 2544)

ในบางกรณีพืชมีกลไกในการป้องกันตนเองจากความร้อนทำให้มีการกระตุ้นการสังเคราะห์เซลล์บางประเภท เช่น การสร้าง heat-shock protein ให้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเพื่อปกป้องเซลล์ไม่ให้เกิดความเสียหายอันเนื่องมาจากความร้อน ซึ่งถือว่าเป็นกลไกหนึ่งในการปกป้องเซลล์จากภาวะอุณหภูมิสูงอีกประการหนึ่ง (Ho and Sachs, 1989) นอกจากนี้อุณหภูมิสูงยังมีผลต่อโปรตีน เอ็มไซม์ และเมมเบรนในพืชด้วย ซึ่งเอ็มไซม์แต่ละชนิดจะมีความจำเพาะและมีแอคติวิตี (activity) เมื่อมีอุณหภูมิเหมาะสมสมการเสื่อมสภาพและความผิดปกติของโปรตีนเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูง เช่นเดียวกับ เมมเบรนถ้าหมดสภาพก็จะทำให้ activity ของ enzymes เปลี่ยนแปลงการผ่านเข้าออกของไอออนและน้ำ รวมทั้งสารละลายอินทรีย์ก็จะเกิดปัญหา ซึ่งอุณหภูมิที่สูง lipid ที่เป็นองค์ประกอบของ เมมเบรนจะเปลี่ยนสภาพทำให้ความหนืดเปลี่ยนหรือทำให้มีลักษณะเป็นของไหล (fluid) มากขึ้น อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าการใช้สารเคมีบางชนิดทำให้พืชเพิ่มความต้านทานต่อ อุณหภูมิสูง และพืชนั้นมีสัดส่วนของไขมันอิ่มตัว:ไขมันไม่อิ่มตัวสูงขึ้น (increase ratio of saturated to unsaturated fatty acids) ผลการศึกษานี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาในประเทศไทย โดย กณิตา ธนเจริญชนภาสและไอรส รักชาติ (2551) ที่ได้ศึกษาผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิสูงที่มีต่อข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าที่ระดับอุณหภูมิสูงนั้นถึงแม้ว่าจะกระตุ้นให้ข้าวสร้างมวลชีวภาพเพิ่มขึ้นแต่กลับลดปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าว และลดการผลิตเมล็ดข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังส่งผลต่อการแสดงออกทางพันธุกรรมที่แตกต่างจากกลุ่มทดลองในสภาวะอุณหภูมิเทียบเท่าธรรมชาติอย่างชัดเจน

อุณหภูมิที่สูงเกินไปในลักษณะที่เรียกว่า high temperature stress นอกจากมีอิทธิพลต่อปริมาณการสังเคราะห์แสง การคายน้ำ การหายใจ และมีผลต่อเมมเบรน โปรตีน เอ็มไซม์ ไขมันแล้วยังส่งผลต่อการออกดอก ติดผล และคุณภาพของผลผลิตอีกด้วย (อรพิน แดงสวัสดิ์, 2548) อุณหภูมิที่สูงหรือต่ำกว่าปกติ จะมีผลกระทบโดยตรงต่อพลังงานอิสระของโมเลกุลของสารต่างๆ พลังงานที่เกิดขึ้นระหว่างพันธะของโมเลกุล รวมไปถึงลักษณะโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ และความต้องการพลังงานจะนำไปใช้ในกระบวนการทางชีวเคมีต่างๆ ย่อมที่จะต้องมีการเปลี่ยนแปลง

ไปด้วย พืชแต่ละชนิดนั้นมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ต่างกันไป การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างค่อยเป็นค่อยไปนั้นพืชอาจมีกลไกปรับเปลี่ยนเซลล์โครงสร้างต่างๆ อยู่ในภาวะสมดุลหรือไม่เกิดความเสียหายต่อสรีรวิทยาพืช แต่ถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิการเกิดขึ้นอย่างเฉียบพลันหรือเกินกว่าที่พืชจะรักษาสมดุลได้ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์นั้นก็จะเสีย และถูกทำลายจนกระทั่งเซลล์ตายในที่สุด (Wahid, et al., 2007)

ผลของการศึกษาในผลผลิตเมื่อมองประเด็นด้านผลผลิตในทางเศรษฐศาสตร์ (economic yield) ซึ่งในส่วนที่ถูกเก็บเกี่ยวไปขายตลาด เช่นผล เมล็ด ผัก เส้นใย และน้ำมัน ทางพืชไร่ได้ให้ความสนใจกับผลผลิตทางเศรษฐศาสตร์มากกว่าผลผลิตในด้านอื่น(เฉลิมพล แซมเพชร, 2542)ซึ่งในผลของการศึกษาในผลผลิตพบว่าการลดลงอย่างมีนัยสำคัญซึ่งสอดคล้องกับMall, et al. (2004) ได้ทำการศึกษาโดยใช้ วิธี CROPGRO โดยเฝ้าติดตามสังเกตการณ์ผลผลิตของถั่วเหลือง พบว่าลดลง 10-20% ซึ่งมาจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิร่วมกับการเพิ่มขึ้นของ CO₂ ในบรรยากาศรอบๆ ของแต่ละพื้นที่ทั่วประเทศ และอาจมีความรุนแรงมากขึ้นในอนาคตอันเนื่องมาจากภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้นของแต่ละพื้นที่ด้วย และได้มีกลุ่มนักวิทยาศาสตร์แถบยุโรปและอเมริกาเหนือได้มีความสนใจในการวิจัยผลกระทบของการเพิ่มอุณหภูมิที่มีต่อผลผลิตทางการเกษตรเช่นเดียวกัน อาทิเช่น การศึกษาในข้าวฟ่าง (*Sorghum bicolor* (L.)) โดย Chowdhury and Wardlaw (1978) ได้ศึกษาในภาคสนามโดยปลูกใน Chamber ภาคสนาม ในเขตเท็กซัส สหรัฐอเมริกา พบว่า ผลผลิตของเมล็ดข้าวฟ่างลดลงถึง 50 % ภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 33/28 °C เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองซึ่งปลูกภายใต้ สภาวะอุณหภูมิ 30/25 °C ซึ่งมีข้อมูลที่แสดงผลสอดคล้องกัน คือ การทดลองของ Prasad, et al. (2006) นักวิจัยกลุ่มนี้ ศึกษาผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศที่มีต่อผลผลิตของข้าวฟ่าง(*Sorghum bicolor* (L.)) โดยการปลูกใน Chamber เพื่อทดลองในภาคสนามเช่นเดียวกัน โดยการควบคุมอุณหภูมิให้มีความแตกต่างกันโดยการ ผลการศึกษาพบว่าการปลูกภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่สูงกว่า 36/26 °C ส่งผลต่อการลดการผลิตเกสรอย่างมีนัยสำคัญ และลดการผลิตเมล็ดข้างฟ่างถึง 10% เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งปลูกภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 32/22 °C

ข้อเสนอแนะ

1. ควรนำข้อมูลที่ได้เสนอต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเนื่องจากผลการศึกษาที่ได้สามารถเป็นฐานข้อมูล เพื่อนำไปสู่การวิจัยเพื่อวางแผนการป้องกันผลกระทบของระดับอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น และส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยในอนาคต

2. ควรมีการทดลองปลูกในถั่วเหลืองพันธุ์อื่น ๆ ที่เกษตรกรนิยมปลูก เพื่อจะได้ทราบถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับถั่วเหลืองพันธุ์นั้น ๆ ในแต่ละพื้นที่ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรในการตัดสินใจที่จะเลือกปลูกถั่วเหลืองในแต่ละพันธุ์

3. การวิจัยในอนาคตควรทำการศึกษา ณ พื้นที่การเกษตรซึ่งมีการทำไร่อั่วเหลืองจริงและเพิ่มขนาดพื้นที่การศึกษา และศึกษาปัจจัยของสภาวะอื่นที่ไม่เหมาะสมควบคู่กันไปด้วย เพื่อที่จะสามารถนำผลการศึกษามาคำนวณหาการสูญเสียในเชิงเศรษฐศาสตร์ได้อย่างแม่นยำ

