การตรวจเอกสาร

1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์และพันธุ์ถั่วลิสง

ถั่วลิสง (groundnut หรือ peanut) จัดเป็นพืชตระกูลถั่วอยู่ในตระกูล Leguminosae มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Arachis hypogaea* L. ถั่วลิสงที่ปลูกอยู่ในปัจจุบัน จำแนกได้เป็น 2 ประเภท โดยอาศัยลักษณะทรงต้น, การแตกกิ่งก้าน, อายุเก็บเกี่ยว, จำนวนเมล็ดต่อฝัก, ขนาดฝัก และลักษณะพิเศษบางประการ เช่น การพักตัวของเมล็ด เป็นต้น (Gregory *et al.*, 1951 ; Bunting, 1955,1958 ; Krapovickas and Rigioni, 1960 ; Smartt and Gregory, 1967 ; Krapovickas, 1969 ; Gibbons *et al.*, 1972 อ้างถึงใน Ashley, 1984)

ประเภทที่ 1 คือถั่วลิสงกลุ่มเวอร์จิเนีย (Virginia type) เป็นพวกที่มีการแตกกิ่งแขนงมากกว่า 4 กิ่ง การแตกกิ่งเป็นแบบสลับ (alternate branching) กิ่งแขนงที่แตกออกมามักจะยาวกว่าลำต้นหลัก (main stem) และวางขนานไปตามพื้นดินโดยชูส่วนยอดสูงขึ้น มีทรงพุ่มเป็นแบบแผ่เลื้อย (runner) หรือพุ่มแผ่ (spreading bunch) ที่ลำต้นหลักไม่มีการสร้างตาดอก แต่จะออกดอกเฉพาะกิ่งแขนง โดยที่กิ่งแขนงมีข้อที่มีตาดอก 2 ข้อสลับกับข้อที่จะแตกเป็นกิ่ง 2 ข้อทำให้ลักษณะการติดฝักเป็นแบบกระจาย ใบมีขนาดเล็ก หนา สีเขียวเข้ม มีเมล็ด 1-2 เมล็ดต่อฝัก เปลือกฝักค่อนข้างหนา อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 120-150 วัน เมล็ดมีการพักตัว (สนั่น, 2533) ตัวอย่างถั่วลิสงกลุ่มนี้ที่เป็นพันธุ์ปลูกในประเทศไทย ได้แก่พันธุ์ขอนแก่น 60-3 ซึ่งเจริญเติบโตได้ดีในสภาพความอุดมสมบูรณ์ดินสูง มีความต้องการธาตุแคลเซียมสูงมากกว่า 300 ส่วนในล้านส่วน (ppm.) อายุเก็บเกี่ยว 115-120 วัน ค่อนข้างต้านทานต่อโรคใบจุดและโรคราสนิม (อานนท์และคณะ, 2531)

ประเภทที่ 2 ได้แก่ กลุ่มสแปนิช-วาเลนเซีย (Spanish Valencia type) เป็นพวกที่มีการแตกกิ่งแขนงน้อย ทรงต้นเป็นแบบตั้งตรงหรือเป็นพุ่ม (erect หรือ bunch form) การแตกกิ่งเป็นแบบตามลำดับ (sequential branching) คือแตกกิ่งแขนงออกจากลำต้นหลัก จากนั้นกิ่งแขนงที่แตกออกจากต้นหลักจะไม่แตกแขนงต่อไปอีก หรือถ้ามีก็มีที่ 2-3 ข้อแรก กิ่งแขนงที่แตกออกมาส่วนมากสั้นกว่าลำต้นหลัก ใบมีขนาดใหญ่กว่ากลุ่มเวอร์จิเนีย ใบมีสีเขียวอ่อน มีการสร้างดอกที่ลำต้นหลักและสามารถเกิดดอกได้ทุกข้อติดกันขึ้นไป ดอกที่อยู่ปลายกิ่งมักเป็นหมันไม่สามารถพัฒนาเป็นเข็มได้ ดังนั้น ถั่วลิสงในกลุ่มนี้จึงมีลักษณะการติดฝักเป็นกระจุกที่โคนต้น เมล็ดไม่มีการพักตัว อายุเก็บเกี่ยวสั้นกว่าประมาณ 90-110 วัน ถั่วลิสงประเภทนี้แบ่งได้ 2 กลุ่มพันธุ์ (botanical variety) ได้แก่ กลุ่มพันธุ์ *fastigiata* จัดเป็นพวกวาเลนเซีย

(Valencia) พวกนี้มีจำนวนเมล็ดต่อฝัก 3-4 เมล็ด รูปร่างฝักยาว พันธุ์ที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ พันธุ์สข.38 มีอายุเก็บเกี่ยว 95-100 วัน ที่เมล็ดมีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงเข้ม มีลายที่ฝัก สำหรับกลุ่มพันธุ์ที่ 2 ได้แก่ กลุ่มพันธุ์ *vulgaris* จัดเป็นพวกสแปนิช (Spanish) พวกนี้มีขนาดฝักสั้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก 1-2 เมล็ด ตัวอย่างของถั่วลิสงกลุ่มนี้ได้แก่พันธุ์ไทนาน 9 อายุเก็บเกี่ยว 100-110 วัน มี 2 เมล็ดต่อฝัก เมล็ดไม่มีการพักตัว (สนั่น, 2533 ; อารันต์, 2528)

2. สรีรวิทยาของถั่วลิสง

2.1 ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสง (photosynthetic efficiency)

ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของถั่วลิสงนั้นขึ้นกับพันธุกรรม อาจประเมินประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงได้จากอัตราการสังเคราะห์แสงและความสามารถในการรับแสงของถั่วลิสง ความสามารถในการรับแสงขึ้นกับ พื้นที่ใบ การจัดเรียงใบ มุมใบ ความคงทนของใบ นอกจากนี้สามารถประเมินประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงได้จากอัตราการเจริญเติบโต (crop growth rate) ของถั่วลิสง (Duncan *et al.*, 1978) อิทธิพลของสภาพแวดล้อมอาจทำให้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของถั่วลิสงเปลี่ยนแปลงได้ จากการศึกษาของนักวิจัยหลายท่าน ซึ่งทำในสภาพการทดลองที่เหมาะสม (optimum condition) พบว่า อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุด (maximum apparent photosynthetic rate) อยู่ในช่วงตั้งแต่ 2.1-6.5 กรัมของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง ($gCO_2m^{-2}hr^{-1}$) (Ketring *et al.*, 1982) อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุดที่แตกต่างกันนี้ อาจเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่ทำการทดลองหรือเทคนิคที่ใช้ในการทดลองและที่สำคัญอาจเนื่องจากความแตกต่างทางด้านพันธุกรรม มีตัวอย่างของการทดลองที่สนับสนุนข้อสันนิษฐานดังนี้ Bhagsari and Brown (1976) ได้ศึกษาถั่วลิสง 25 พันธุ์รวมพันธุ์ป่าอีก 6 ชนิด (species) พบว่าถั่วลิสงมีอัตราการสังเคราะห์แสงตั้งแต่ 2.4 ถึง 3.7 $gCO_2m^{-2}hr^{-1}$ พันธุ์ถั่วลิสงที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์แล้วมักมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงกว่าพันธุ์ป่า โดยพันธุ์ Florunner ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ได้รับการรับรองในขณะนั้นมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุด แต่ในอีกการทดลองหนึ่ง กลับพบว่าพันธุ์ Tifton 8 มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงกว่าพันธุ์ Florunner (Bhagsari *et al.*,1976 อ้างถึงใน Ashley, 1984) ในขณะเดียวกัน Pallas and Samish (1974) พบว่าพันธุ์ Tifton 8 มีอัตราการสังเคราะห์แสงต่ำสุด อาจเนื่องจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อมในขณะที่ทำการทดลองแตกต่างกันที่ทำให้ถั่วลิสงพันธุ์เดียวกันมีอัตราการสังเคราะห์แสงแตกต่างกัน (Ketring *et al.*, 1982)

2.1.1 ลักษณะการจัดเรียงตัวของใบ

ถั่วลิสงมีลักษณะการจัดเรียงตัวของใบ มุมใบ และขนาดของใบขึ้นกับพันธุกรรม ลักษณะเหล่านี้จะมีผลต่อความสามารถในการรับแสงซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของถั่วลิสงด้วย จากการศึกษาถึงค่าสัมประสิทธิ์ในการยอมให้แสงส่องผ่านของกลุ่มใบ (light extinction coefficient, canopy k) ซึ่งคำนวณค่านี้โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของความเข้มแสงที่วัดได้ที่ใต้ทรงพุ่มต่อความเข้มแสงที่ตกกระทบที่ระดับเหนือทรงพุ่มกับดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area index) หรือคำนวณได้จากสูตร $\ln(I/I_0) = \exp^{-kLAI}$ (Monsi and Saeki, 1953 อ้างถึงใน Bell *et al.*, 1993a) Bell *et al.* (1993ab) พบว่าพันธุ์ Mani Pintar ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มเวอร์จิเนียมีค่าสัมประสิทธิ์ในการยอมให้แสงส่องผ่านของกลุ่มใบ (canopy k) เท่ากับ 0.69-0.83 มากกว่าพันธุ์ Chico ซึ่งมีค่าดังกล่าวเท่ากับ 0.48-0.57 แสดงว่าพันธุ์ Chico ซึ่งเป็นพันธุ์ที่อยู่ในกลุ่มสแปนิชนี้มีการจัดเรียงใบ มุมใบ และการแตกกิ่งก้านค่อนข้างตั้งตรงทำให้ความเข้มแสงสามารถผ่านลงไปยังใบชั้นล่างๆได้ดีกว่าพันธุ์ Mani Pintar ดังนั้น ถ้าหากว่าถั่วลิสงพันธุ์ Chico มีดัชนีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นได้อีกถั่วลิสงพันธุ์ Chico อาจมีการรับแสงเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของดัชนีพื้นที่ใบและมีค่า critical LAI ที่สูงกว่าพันธุ์ Mani Pintar ส่วนพันธุ์ Mani Pintar นี้มีการจัดเรียงใบ มุมใบ และการแตกกิ่งก้านค่อนข้างนอน จึงทำให้ความเข้มแสงตกกระทบบริเวณใบชั้นบนเป็นส่วนใหญ่และมีความเข้มแสงที่จะส่องผ่านกลุ่มใบไปยังใบชั้นล่างน้อยลง ดังนั้นถั่วลิสงพันธุ์นี้จะมีการรับแสงได้ดีขณะที่ดัชนีพื้นที่ใบน้อย

2.1.2 ความเข้มแสง

การเปลี่ยนแปลงของอัตราการสังเคราะห์แสงของถั่วลิสงมีความสัมพันธ์กับความเข้มแสงที่ถั่วลิสงได้รับ กล่าวคืออัตราการสังเคราะห์แสงของถั่วลิสงเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มแสง ใบถั่วลิสงสามารถสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นได้ที่ระดับความเข้มแสงสูงซึ่งเป็นข้อแตกต่างจากพืชที่มีกระบวนการสังเคราะห์แสงแบบ Calvin cycle (C_3) อื่นๆ ดังผลจากการทดลองของ Pallas and Samish (1974) พบว่าที่ระดับความเข้มแสง 1546 $\mu Em^{-2}sec^{-1}$ (หน่วย E (einstine) เทียบเท่าโมล (mol)) ซึ่งเป็นความเข้มแสงสูงสุดที่ใกล้เคียงกับความเข้มแสงสูงในสภาพธรรมชาติ (full sunlight) การสังเคราะห์แสงของถั่วลิสงใบเดี่ยวยังสามารถเพิ่มขึ้นได้โดยยังไม่ถึงจุดอิ่มตัว (light saturation point) อย่างไรก็ตาม เมื่อได้รับความเข้มแสงมากกว่า 500-700 $\mu Em^{-2}sec^{-1}$ ใบถั่วลิสงยังคงมีการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นต่อไปอีกแต่เพิ่มในอัตราที่ลดลง (Trachtenburg and McCloud, 1976) เช่นเดียวกันในพันธุ์ Florigiant มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (apparent photosynthetic rate) เพิ่มขึ้นตามความเข้มแสงแต่เมื่อได้รับความเข้มแสงถึงระดับ 463 $\mu Em^{-2}sec^{-1}$ หรือ 23 $\mu Em^{-2}day^{-1}$ อัตราการสังเคราะห์แสงเริ่มมีค่าค่อนข้างคงที่ (Cox, 1978)

2.1.3 อัตราการสังเคราะห์แสงของกลุ่มใบถั่วลิสง

การตอบสนองของอัตราการสังเคราะห์แสงของกลุ่มใบถั่วลิสง (canopy) ต่อพลังงานแสงอาทิตย์ (irradiance) มีอัตราเพิ่มขึ้นตามความเข้มแสงเช่นเดียวกันกับใบเดี่ยว และที่ระดับความเข้มแสงสูงอัตราการสังเคราะห์แสงของกลุ่มใบสูงกว่าอัตราการสังเคราะห์แสงของใบเดี่ยว ถั่วลิสงมีจุดอิ่มตัวด้วยแสงเช่นเดียวกับพืช C_3 อื่นๆ ที่จุดอิ่มตัวด้วยแสงนี้อัตราการสังเคราะห์แสงของถั่วลิสงเพิ่มสูงสุดและมีอัตราการสังเคราะห์แสงค่อนข้างคงที่ ถั่วลิสงที่มีอัตราการสังเคราะห์แสงที่อิ่มตัวด้วยแสงของกลุ่มใบที่ระดับความเข้มแสง 1600-1800 $\mu Em^{-2} sec^{-1}$ ซึ่งเป็นระดับความเข้มแสงที่เป็นจุดอิ่มตัวด้วยแสงสูงกว่าในพืชอื่นๆเช่นในถั่วเหลืองและมะเขือเทศมีอัตราการสังเคราะห์แสงที่อิ่มตัวด้วยแสงที่ระดับความเข้มแสงเพียง 250-500 $\mu Em^{-2} sec^{-1}$ (Pallas and Samish, 1974) นอกจากนี้ ระดับความเข้มแสงที่ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงของกลุ่มใบถั่วลิสงเท่ากับอัตราการหายใจหรือความเข้มแสงที่จุดชดเชย (light compensation point) คือที่ระดับความเข้มแสง 500 $\mu Em^{-2} sec^{-1}$ (Ketring *et al.*, 1982)

2.1.4 พื้นที่ใบถั่วลิสง

การเพิ่มพื้นที่ใบของถั่วลิสงเป็นผลให้กลุ่มใบสามารถรับแสงได้มากขึ้น ดังนั้นอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของกลุ่มใบถั่วลิสงจึงเพิ่มขึ้นด้วย ในขณะที่การทำลายของโรคและแมลงทำให้ถั่วลิสงสูญเสียพื้นที่ใบและทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของกลุ่มใบลดลงได้ จากการศึกษาของ Boote *et al.* (1980) อ้างถึงใน Ketring *et al.* (1982) พบว่าในสภาพปกติพันธุ์ Florunner มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิเพิ่มจาก 1 $gCO_2m^{-2}hr^{-1}$ เมื่ออายุ 3 สัปดาห์หลังงอกเป็น 6.5 $gCO_2m^{-2}hr^{-1}$ เมื่ออายุได้ 8 ถึง 9 สัปดาห์ หลังจากนั้นก็จะลดลงเป็น 1 g $CO_2m^{-2}hr^{-1}$ ในเวลา 14-15 สัปดาห์เนื่องจากใบถั่วลิสงแก่ แต่เมื่อใบถั่วลิสงถูกทำลายจากโรคใบจุด 11 และ 56 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ใบทั้งหมด ก็ทำให้อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิของกลุ่มใบลดลงจากเดิม 35 และ 65 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แม้ว่าเป็นการสังเคราะห์แสงที่ความเข้มแสงสูงถึง 1500 $\mu Em^{-2} sec^{-1}$ ก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากถั่วลิสงเป็นโรคอาจทำให้มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น (Boote *et al.*, 1980 อ้างถึงใน Ketring *et al.*, 1982)

2.2 การเจริญเติบโตและพัฒนาการของถั่วลิสง

ถั่วลิสงจัดเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตแบบทอดยอด ลักษณะสำคัญที่พบคือมีการออกดอกไม่พร้อมกัน (indeterminate plant) และมีการเจริญเติบโตในแต่ละช่วงคาบเกี่ยวกันค่อนข้างกว้าง ช่วงการเจริญเติบโตของถั่วลิสงแบ่งเป็น 3 ช่วง ช่วงแรกเป็นการเจริญเติบโตทางลำต้น (vegetative phase) การเจริญเติบโตในช่วงหลังเป็นช่วงการออกดอกซึ่งคาบเกี่ยวกับการ

เจริญทางลำต้นเป็นระยะเวลานาน และในช่วงที่ 3 ถั่วลิสงมีการพัฒนาเข็ม ฝักและสะสมน้ำหนักเมล็ด (reproductive phase) (อภิพรรณ, 2533 ; Reddy, 1988) การศึกษาการเจริญเติบโตของถั่วลิสงในช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น มีรายงานจากหลายการทดลองว่ามีอัตราการเจริญเติบโต (crop growth rate, CGR) สูงสุด 19.6 ± 4.2 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ($g\ m^{-2}\ day^{-1}$) เมื่ออายุ 60-90 วัน ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับพืช C_3 อื่นๆ (King,1971 ; Cahaner and Ashri, 1974 ; Daughtry, 1974 ; Williams *et al.*,1975 ab ; Enyi,1977 ; Duncan *et al.*,1978 ; Young *et al.*,1979 อ้างถึงใน Ketring *et al.*, 1982) สำหรับการศึกษาในประเทศไทยเกี่ยวกับ ค่า CGR ของถั่วลิสงพบว่าแตกต่างกันในแต่ละช่วงวันปลูก ในวันปลูกต้นฤดูฝน (8 พฤษภาคม) ถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 60-3 และ พันธุ์ไทนาน 9 มีค่า CGR 11.2 และ 9.52 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ($g\ m^{-2}\ day^{-1}$) ตามลำดับ แต่ถั่วลิสงที่ปลูกในเดือน กรกฎาคม-กันยายน (ปลายฤดูฝน) มีอัตราการเจริญเติบโตลดลงจากเดิมประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับถั่วลิสงที่ปลูกในช่วงต้นฤดูฝน เนื่องจากการปลูกปลายฤดูฝนในช่วงแรกถั่วลิสงได้รับผลกระทบจากฝนตกชุกทำให้ตั้งตัวได้ช้าและชะงักการเจริญเติบโต นอกจากนี้สภาพความชื้นในบรรยากาศสูงเอื้ออำนวยให้โรคใบจุดระบาดตั้งแต่เริ่มติดฝัก (ทักษิณา และคณะ, 2533)

การสะสมน้ำหนักแห้งของถั่วลิสง เป็นลักษณะหนึ่งที่ใช้เป็นดัชนีบ่งถึงผลผลิตได้ (เฉลิมพล, 2534) การสะสมน้ำหนักแห้งในช่วงแรกของถั่วลิสงเป็นการสะสมน้ำหนักใบและน้ำหนักลำต้นด้วยอัตราที่เท่าๆกัน จนกระทั่งการสะสมน้ำหนักใบมีค่าสูงสุดเมื่อเข้าสู่ระยะการสะสมน้ำหนักฝัก จากนั้นน้ำหนักใบลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการหลุดร่วงของใบซึ่งใบถั่วลิสงจะร่วงมากหรือน้อยขึ้นกับสภาพแวดล้อมและพันธุกรรม ในช่วงการสะสมน้ำหนักฝักใบของถั่วลิสงบางพันธุ์หลุดร่วงได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ใบทั้งหมดในขณะที่น้ำหนักลำต้นค่อนข้างคงที่หรือลดลงไม่มากนัก (Ketring *et al.*, 1982) ในประเทศไทยการระบาดของโรคทางใบ ได้แก่โรคใบจุดสีน้ำตาล (brown leaf spot) โรคใบจุดสีดำ (black leaf spot) และโรคราสนิม (rust) มักเกิดขึ้นในช่วงฤดูฝนซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ใบร่วง ใบถั่วลิสงจะร่วงมากหรือน้อยขึ้นกับความต้านทานต่อโรคของพันธุ์นั้นๆและความรุนแรงของโรคที่ถั่วลิสงได้รับ (ปรีชา, 2532)

โดยทั่วไป ในช่วงแรกถั่วลิสงมีการพัฒนาพื้นที่ใบช้าและในเวลาต่อมาพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น ถั่วลิสงมีดัชนีพื้นที่ใบสูงสุด (leaf area index, LAI) ได้ถึง 5.5 (Ketring *et al.*, 1982) และอาจสูงถึง 7.0 (Duncan *et al.*, 1978) ค่า LAI สูงสุดอยู่ในช่วงแรกถึงช่วงกลางของระยะการสะสมน้ำหนักฝัก (early-to-mid pod filling period) (Williams *et al.*,1975 ab ; Enyi, 1977 ; อ้างถึงใน Ketring *et al.*, 1982) โดยทั่วไปเมื่อถั่วลิสงเพิ่มพื้นที่ใบได้สูงสุดแล้วมักรักษาระดับพื้นที่ใบไว้จนกระทั่งเข้าสู่ระยะสุกแก่ซึ่งแสดงว่าในช่วงนี้ถั่วลิสงสร้างใบใหม่และมีใบหลุด

ร่วงเกือบเท่าๆกัน ถึงแม้ถั่วลิสงมีดัชนีพื้นที่ใบเพิ่มสูงขึ้น แต่ถั่วลิสงมีระดับดัชนีพื้นที่ใบเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้นที่สามารถรับแสงได้สูงสุด นอกจากนั้นเป็นพื้นที่ใบชั้นล่างๆที่อาจจะได้รับแสงน้อยหรือไม่ได้รับแสงเนื่องจากถูกบังใบ งานวิจัยถั่วลิสงในรัฐฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกา รายงานว่าถั่วลิสงมีค่า critical LAI เท่ากับ 3.0 หมายถึง ถั่วลิสงมีดัชนีพื้นที่ใบที่สูงสุดในการรับแสงได้ 95 เปอร์เซ็นต์ (critical leaf area index) ประมาณ 3.0 ซึ่งเป็นค่าดัชนีพื้นที่ใบที่น้อยกว่าดัชนีพื้นที่ใบทั้งหมด (Duncan *et al.*, 1978) ถั่วลิสงต่างพันธุ์และในสภาพแวดล้อมที่ต่างกันอาจมีค่า critical LAI ไม่เท่ากัน (Bell *et al.*,1993) ดังนั้น คาดกันว่าถั่วลิสงที่พัฒนาพื้นที่ใบมากกว่าค่า critical LAI อาจสูญเสียอาหาร (photosynthate) เพื่อรักษาใบและใช้ในการสร้างใบใหม่ซึ่งมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของฝักและผลผลิตได้ (Bell *et al.*, 1993ab) อย่างไรก็ตาม Sutton (1982) อ้างถึงใน Ashley (1984) ได้ทำการทดลองตัดใบถั่วลิสงพันธุ์ Virginia Bunch ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีใบที่หนาแน่นในช่วงก่อนระยะสะสมน้ำหนักฝัก (pod filling period) เสมือนว่าเป็นการลดพื้นที่ใบที่มีมากเกินไป ผลปรากฏว่า การตัดใบไม่ทำให้ผลผลิตถั่วลิสงลดลง ซึ่งแสดงว่าการลดพื้นที่ใบของถั่วลิสงที่มากเกินไปนั้นทำให้ถั่วลิสงสามารถรับแสงและสังเคราะห์แสงได้โดยที่ไม่ต้องแบ่งสรรอาหารที่สร้างขึ้นมาเพื่อไปสร้างใบใหม่และใช้ในการบำรุงรักษาใบ (maintenance)

การเจริญเติบโตในช่วงการเจริญพันธุ์ (reproductive phase) ถั่วลิสงมีอายุการออกดอกแตกต่างตามพันธุ์ ลักษณะการออกดอกทะยอยบานเป็นชุด การบานของดอกชุดแรกเป็นชุดที่มีปริมาณดอกมากและเป็นชุดที่สามารถเจริญเติบโตพัฒนาเป็นฝักได้มากกว่าดอกชุดหลัง เนื่องจากอยู่ใกล้ชิดดินและมีโอกาสรับสารอาหารที่สังเคราะห์ได้ดีกว่าดอกชุดหลัง หลังจากถั่วลิสงเข้าสู่ระยะการสะสมน้ำหนักฝักแล้วจำนวนดอกบานจึงลดลง (อานนท์และคณะ, 2530 ; 2531) อย่างไรก็ตามมักพบว่าจำนวนดอก จำนวนเข็ม ไม่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตถั่วลิสงแต่อย่างใด

ขั้นตอนการพัฒนาฝักถั่วลิสง เริ่มโดยการสร้างฝักให้มีขนาดโตเต็มที่ก่อนจึงบรรจุสารอาหารสู่ฝัก แหล่งผลิตอาหารส่วนใหญ่ได้จากใบที่คลี่บานเต็มที่ (fully expanded leaves) ใบที่อยู่บนกิ่งก้านใด ใบนั้นๆทำหน้าที่ถ่ายเทสารอาหารให้กับฝักที่พัฒนามาจากดอกในข้อที่ต่ำกว่าใบนั้นในกิ่งเดียวกัน (Ashley, 1984) การสะสมน้ำหนักฝักของพันธุ์ไทนาน 9 เริ่มวัดได้เมื่ออายุประมาณ 60-70 วันหลังจากปลูก (ทักษิณาและคณะ, 2533 ; อานนท์และคณะ, 2530) ในช่วงนี้อัตราการสะสมน้ำหนักฝักเพิ่มขึ้นตามอายุของถั่วลิสงและอัตราการเพิ่มของน้ำหนักฝักเพิ่มขึ้นด้วยอัตราที่คงที่ (linear) การสะสมน้ำหนักฝักน้อยหรือมากขึ้นกับพันธุ์และสภาพสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะสภาพภูมิอากาศ (Duncan *et al.*, 1978 ; Bell *et al.*, 1993)

ถั่วลิสงมีการบรรจุสารอาหารที่ได้จากการลำเลียง (translocation) ไปยังฝักเป็นส่วนใหญ่ แต่จากการรายงาน พบว่า ในช่วงท้ายของการสะสมน้ำหนักฝักก่อนที่ใบจะหลุดร่วง (late pod filling period) ถั่วลิสงมีการถ่ายเทสารอาหารจากใบแก่กลับคืนไปสู่ต้นพืชเพื่อการใช้

ประโยชน์ในต้นพืชอีกครั้ง (remobilization) (Bunting and Anderson, 1960 ; Gutstein, 1978 ; William,1979 อ้างถึงใน Ashley,1984) ซึ่งลักษณะเช่นนี้เกิดขึ้นในพืชตระกูลถั่วอื่นๆ เช่นถั่วเหลือง (Egli *et al.*,1974 อ้างถึงใน Duncan *et al.*, 1978) นอกจากนี้ยังมีหลักฐานที่ชี้ว่า เมื่อถั่วลิสงได้รับผลกระทบจากสภาพที่ไม่เหมาะสม (stress condition) เช่น ถั่วลิสงกระทบแล้งหรืออุณหภูมิต่ำเป็นต้น ใบถั่วลิสงอาจหลุดร่วงได้และก่อนที่ใบหลุดร่วง ใบนั้นๆ สามารถถ่ายเทสารอาหารได้มากกว่าใบที่หลุดร่วงไปตามสภาพอายุ (Bell, 1986 ; William *et al.*, 1975 , Santos and Sutton, 1982 , Wright *et al.*, 1991 อ้างถึงใน Ashley,1984) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าใบถั่วลิสงที่ได้รับภาวะไม่เหมาะสมนั้น อายุใบยังน้อยภายในใบยังมีกิจกรรมของกระบวนการสร้างอาหารและมีอาหารสะสมได้มากกว่าใบที่แก่ซึ่งอาหารส่วนใหญ่ได้ใช้ไปเกือบหมดแล้ว ปัจจัยประการหนึ่งที่อาจเกี่ยวข้องในการหลุดร่วงของใบมากน้อย ได้แก่ พันธุกรรม พันธุ์ถั่วลิสงที่จัดอยู่ในกลุ่มสแปนิชและวาเลนเซีย ใบมักหลุดร่วงได้มากกว่าพันธุ์ที่อยู่ในกลุ่มเวอร์จิเนีย (Duncan *et al.*, 1978)

3. ปัจจัยสภาพภูมิอากาศต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วลิสง

สภาพภูมิอากาศในพื้นที่ปลูกถั่วลิสงแหล่งหนึ่งๆมีความแตกต่างตามช่วงวันปลูก สภาพภูมิอากาศ ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝน พลังงานแสง อุณหภูมิ เป็นต้น ดังนั้น การตอบสนองต่อสภาพภูมิอากาศของถั่วลิสง จึงหมายถึง การตอบสนองต่อปัจจัยต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น ในสภาพการปลูกถั่วลิสงโดยที่ปัจจัยเรื่องน้ำไม่ได้เป็นข้อจำกัด เช่น ในเขตชลประทานหรือมีการให้น้ำในเวลาฝนทิ้งช่วง ก็ยังคงมีปัจจัยด้านความเข้มแสง อุณหภูมิและปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยดังกล่าว ที่อาจมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของถั่วลิสง

3.1 อิทธิพลของแสง

แสงส่วนที่เป็นประโยชน์ต่อการสังเคราะห์แสง (photosynthetically active radiation, PAR) เป็นช่วงแสงในช่วงคลื่นประมาณ 400-700 นาโนเมตร (visible light) แสงช่วงคลื่นนี้เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช ส่วนพืชได้รับแสงดังกล่าวในปริมาณมากน้อยขึ้นกับความสามารถในการรับแสงของพืชเอง นอกจากนี้พลังงานแสงที่ตกกระทบพื้นผิวโลก (incident solar radiation) มีการผันแปรตามวันปลูกต่างๆ ในรอบปี เนื่องมาจาก มีความแตกต่างกันของความยาวของวัน, ความหนาของชั้นบรรยากาศ, มุมหรือทิศทางของแสงที่ตกกระทบพื้นโลกและปริมาณอนุภาคต่างๆ ในบรรยากาศเป็นต้น การสังเคราะห์แสงจะมีประสิทธิภาพดีเพียงใด จึงเกี่ยวข้องกับปัจจัยดังกล่าวข้างต้น ควบคู่กับคุณสมบัติของพืช

3.1.1 อิทธิพลของความเข้มแสงต่อถั่วลิสง

ผลกระทบจากความเข้มแสงต่ำ มีต่อผลผลิตมากน้อยขึ้นกับช่วงระยะเวลาที่ได้รับความเข้มแสงที่ลดลงนั้นกับช่วงระยะการเจริญเติบโตที่ได้รับ Hang *et al.* (1984) ได้ศึกษาถั่วลิสงที่ได้รับความเข้มแสงต่ำโดยการบังแสง (shade) 75 เปอร์เซ็นต์ ยาวนาน 7-21 วัน ในช่วงการเจริญพันธุ์ (reproductive phase) แต่ละระยะ สรุปได้ว่า การบังแสงในระยะออกดอกและลงเข็ม (flowering and pegging) ทำให้ถั่วลิสงมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น (vegetative growth) ลดลงมากกว่าการเจริญเติบโตของดอก, เข็มและฝัก (reproductive growth) และผลของการบังแสงในช่วงติดฝักและระยะสุกแก่ (podding and maturity phase) ลดการเจริญเติบโตด้านดอกและฝักมากกว่าการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น นั่นคือทำให้จำนวนดอก, เข็มฝักและพัฒนาการฝักลดลง เมื่อถั่วลิสงอยู่ในสภาพการบังแสงนานถึง 21 วันในช่วงติดฝักหรือระยะสุกแก่ก็ยิ่งเพิ่มผลกระทบต่อจำนวนฝักและเปอร์เซ็นต์กะเทาะทำให้จำนวนฝักและเปอร์เซ็นต์กระเทาะลดลงเช่นเดียวกัน ผลกระทบจากการบังแสงในช่วงออกดอกทำให้การติดดอกลดลงแต่ผลผลิตกลับลดลงไม่มากนัก เนื่องจากถั่วลิสงสามารถออกดอกใหม่มาทดแทนดอกที่หลุดร่วงไป แสดงให้เห็นว่าถั่วลิสงได้รับความเข้มแสงต่ำในช่วงใดก็อาจส่งผลต่อเนื่องทำให้การสร้างอาหารและเคลื่อนย้ายไปสะสมยังแหล่งอาหารสะสม (sink) ในช่วงการเจริญเติบโตเวลานั้นถูกจำกัดได้ ในทำนองเดียวกับงานของ Ketring (1979) พบว่าการเพิ่มความเข้มแสงจาก 300 $\mu Em^{-2} sec^{-1}$ เป็น 500 $\mu Em^{-2} sec^{-1}$ ทำให้จำนวนฝักและผลผลิตเมล็ดของถั่วลิสงพันธุ์ Starr ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มสแปนิชเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลจากการที่ถั่วลิสงมีอัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น การสร้างสารอาหารสะสมได้มากขึ้นและมีการลำเลียงสารอาหารไปสู่อวัยวะสะสมอาหารได้เพิ่มขึ้นในเวลาต่อมา (Bhagsari and Brown, 1976) ส่วน Cox (1978) พบว่า ในช่วงแรกถั่วลิสงพันธุ์ Florigiant มีน้ำหนักต้นและใบเพิ่มขึ้นตามความเข้มแสง โดยอัตราการเพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงไม่เท่ากัน (exponential) หลังจากนั้นเมื่อได้รับความเข้มแสงในระดับสูงนี้ต่อไปอีกถั่วลิสงสะสมน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นตามอายุด้วยอัตราที่คงที่ (linear) ในขณะที่ถั่วลิสงที่ได้รับความเข้มแสงต่ำทำให้ถั่วลิสงมีลำต้นและปล้องยืดยาว ขนาดและพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น อธิบายได้ว่าในสภาพที่ถั่วลิสงถูกบังแสงหรือได้รับพลังงานแสงลดลง ปรากฏการณ์ดังกล่าวอาจทำให้ช่วงแสงมีช่วงคลื่นแสงช่วงอินฟราเรด (infrared) ในสัดส่วนที่สูงกว่าช่วงคลื่นในช่วง 400-700 นาโนเมตร (visible light) (Cheliadinova, 1941 อ้างถึงใน Cox, 1978) ซึ่งกระตุ้นให้ถั่วลิสงสร้างสารเร่งการเจริญเติบโต ได้แก่ Gibberellin ทำให้ถั่วลิสงมีการยืดปล้องและขยายพื้นที่ใบได้ (สัมพันธ์, 2529 ; Ketring,1979) นอกจากนี้ในสภาพความเข้มแสงต่ำอาจทำให้ระยะเวลาในการออกดอกของถั่วลิสงยืดยาวออกไป (Bell *et al.*, 1991)

3.1.2 อิทธิพลของความยาววันหรือช่วงแสง (daylength or photoperiod)

การวิจัยเกี่ยวกับผลของความยาววันที่มีผลต่อถั่วลิสงในอดีต ลงความเห็นว่า ถั่วลิสงเป็นพืชที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสง (day neutral plant) (Smith, 1954) แม้ว่าพืชตระกูลถั่วหลายชนิดที่มีแหล่งกำเนิดในเขตร้อน (tropic) จัดอยู่ในประเภทเป็นพืชที่ไวต่อช่วงแสง (photoperiodism) และเป็นพืชวันยาว (long day plant) (Robert and Summerfield, 1983 อ้างถึงใน Ashley, 1984) ปัจจุบันได้ศึกษาพบว่าความยาววันหรือช่วงแสงมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงความสมดุลระหว่างการเจริญเติบโตทางลำต้นกับการเจริญพันธุ์ของถั่วลิสงมากกว่ามีผลต่อการออกดอก กล่าวคือ ช่วงแสงทำให้สัดส่วนของการสะสมน้ำหนักแห้งในช่วงเวลาทั้งสองเปลี่ยนแปลงได้ กล่าวคือในสภาพช่วงแสง (photoperiod) 16 ชั่วโมงต่อวัน ถั่วลิสงมีการเจริญเติบโตทางลำต้นมากกว่าการเจริญเติบโตทางด้านดอกและฝัก และเมื่อถั่วลิสงได้รับช่วงแสง 8 ชั่วโมงต่อวันพบว่าพื้นที่ใบลดลงเหลือเพียง 1 ใน 3 แต่มีผลผลิตเมล็ดมากกว่าถึง 6 เท่าของช่วงแสง 16 ชั่วโมงต่อวัน (Ketring, 1979 ; Ketring *et al.*, 1982) อย่างไรก็ตาม Bagnall and King (1991) รายงานว่า ความยาววันหรือช่วงแสงมีผลเพียงเล็กน้อยต่อการออกดอกแรกแต่การออกดอกเพิ่มขึ้นได้ เมื่อการเจริญเติบโตของถั่วลิสงหลังการออกดอกอยู่ในสภาพวันสั้น ดังผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ถั่วลิสงที่ได้รับความยาววันหรือช่วงแสง 10 ชั่วโมงมีจำนวนดอกเกือบ 2 เท่าของสภาพช่วงแสง 16 ชั่วโมงแต่ก็ไม่ทำให้น้ำหนักแห้งต่างกัน Bell *et al.* (1991) ได้ให้เหตุผลว่า ถั่วลิสงมีการตอบสนองต่อช่วงวันยาว (long day plant) ในบางการทดลอง โดยถั่วลิสงออกดอกได้เร็วขึ้นนั้น ไม่ใช่อิทธิพลจากช่วงวันยาว แต่เป็นเพราะว่าถั่วลิสงได้รับปริมาณความเข้มแสงสะสมที่เพิ่มขึ้น (cummulative photosynthetically active radiation) ซึ่งเหตุผลดังกล่าวนี้เป็นการชี้ให้เห็นว่า ถั่วลิสงไม่ใช่พืชวันยาว ส่วน Wynne *et al.* (1973) แสดงให้เห็นว่า ช่วงแสงหรือความยาววันไม่มีอิทธิพลต่อการออกดอกของถั่วลิสงในกลุ่มวาเลนเซียและสแปนิช แต่ถั่วลิสงในกลุ่มเวอร์จิเนียออกดอกได้ช้าถ้าอยู่ในสภาพช่วงวันยาว จากที่เสนอมาเห็นได้ว่า บทบาทของช่วงแสงหรือความยาววันที่มีต่อลักษณะการเจริญเติบโตถั่วลิสงนี้ค่อนข้างขัดแย้งในหลายการทดลองอาจเป็นเพราะถั่วลิสงต่างพันธุ์มีการตอบสนองต่อความยาววันหรือช่วงแสงที่แตกต่างกัน

3.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ใบกับการรับแสงของถั่วลิสง

Bell *et al.* (1993a) รายงานว่าถั่วลิสงในกลุ่มเวอร์จิเนียพันธุ์ Mani Pintar มีค่า critical leaf area index 3.0-4.8 ในขณะที่ถั่วลิสงพันธุ์ Chico กลุ่มสแปนิชมีประมาณ 4.5-8.5 ซึ่งความแตกต่างของค่านี้เป็นผลเนื่องจากพันธุกรรมและวันปลูก ถั่วลิสงที่ยังคงมีการพัฒนาพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นต่อไปหลังจากมีค่าดัชนีพื้นที่ใบที่สามารถรับแสงได้สูงสุด (critical leaf area index) อาจเป็นผลเสียเนื่องจากพื้นที่ใบที่เกินค่า critical leaf area index เป็นพื้นที่ใบที่

เกินความจำเป็นและแก่งแย่งสารอาหารที่ไปใช้ในการสร้างเป็นผลผลิตทางเศรษฐกิจ (อภิพรรณ, 2527 ; Bell *et al.*,1993)

3.2. อิทธิพลของอุณหภูมิ

3.2.1 ลักษณะการเจริญเติบโต

อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตทั้งทางด้านลำต้นและการเจริญพันธุ์ ถั่วลิสงต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมแตกต่างกันในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต จากการศึกษาหลายงานพบว่า การตอบสนองของการสังเคราะห์แสงต่ออุณหภูมิ มีลักษณะที่ค่อยๆเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของอุณหภูมิจนกระทั่งใกล้อุณหภูมิเฉลี่ยที่ 30 องศาเซลเซียส (°C) อัตราการสังเคราะห์แสงได้เพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลงจนกระทั่งคงที่ จากนั้นอัตราการสังเคราะห์แสงมีอัตราลดลงเมื่ออุณหภูมิมากกว่า 30°C (parabolic curve) เช่นเดียวกับการสะสมน้ำหนักแห้งของถั่วลิสง Bhagsari and Brown (1976) รายงานไว้เช่นกันว่าถั่วลิสงมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุด (maximum apparent photosynthetic rate) ที่อุณหภูมิ 30°C และพบว่าที่อุณหภูมิ 40 °C และ 10°C อัตรานี้จะลดลง 25 และ 65 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิกลางวัน/กลางคืนที่เหมาะสม (optimum light/dark temperature regimes) สำหรับการเจริญเติบโตทางลำต้น มีรายงานไว้หลากหลายดังนี้ 35/25°C (Ono *et al.*, 1974), 30/20 และ 30/35°C (Fortanier, 1957), 25/25°C (Wood, 1968), 30/26°C (Cox, 1979) อ้างถึงใน Ketring *et al.* (1982) ดังนั้นกล่าวโดยสรุปได้ว่าถั่วลิสงมีอุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 30°C และเมื่อถั่วลิสงมีอายุมากขึ้นการตอบสนองต่ออุณหภูมิจะน้อยลง Cox (1979) รายงานว่าหลังจากถั่วลิสงอายุได้ 28 วันอุณหภูมิที่ 22/18°C หรือ 34/30°C มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตส่วนเหนือดินน้อย และในงานทดลองเดียวกันนี้ถ้านำถั่วลิสงที่ปลูกในสภาพอุณหภูมิปกติ คือ 30/25°C ให้ได้รับอุณหภูมิ 35/22°C พบว่า ถั่วลิสงมีพื้นที่ใบลดลงมากกว่าที่ได้รับอุณหภูมิ 30/22°C ซึ่งสนับสนุนว่าอุณหภูมิประมาณ 30°C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของถั่วลิสง ดังนั้นถ้าถั่วลิสงได้รับอุณหภูมิที่สูงกว่าหรือต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมมากเท่าใดก็ยิ่งมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของถั่วลิสงมากเท่านั้น (Ketring, 1984 ; Ong, 1986)

การเจริญเติบโตของอวัยวะส่วนต่างๆของถั่วลิสงต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมแตกต่างกัน เช่นอุณหภูมิที่ 30°C เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นและใบ ส่วนจำนวนดอกมากที่สุดเมื่อถั่วลิสงเจริญเติบโตที่อุณหภูมิ 20 หรือ 25°C ดังรายงานของ Wood (1968) พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการออกดอกต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของลำต้นและใบ อย่างไรก็ตาม Cox (1979) พบว่าการเจริญเติบโตทางลำต้นและการออกดอกต้องการ

อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ระดับเดียวกัน แต่การสร้างฝักต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ต่ำกว่าการออกดอกซึ่งสอดคล้องกับ Ketring (1986) ที่ได้สรุปผลการวิจัยเกี่ยวกับอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อถั่วลิสงไว้ว่า อุณหภูมิเฉลี่ยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นอยู่ในช่วง 25-30°C และสำหรับการเจริญพันธุ์อยู่ในช่วง 20-25°C หรือต่ำกว่าระดับนี้ นอกจากนี้อุณหภูมิมีความสัมพันธ์กับการให้ผลผลิตของถั่วลิสงในช่วง 31-60 วันซึ่งเป็นช่วงของการออกดอกและการสร้างฝักพบว่ามีสหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับผลผลิต ถั่วลิสงที่ปลูกในสภาพที่มีความแตกต่างระหว่างกลางวันและกลางคืนที่มากกว่า 13°C มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทั้งทางลำต้นและการเจริญพันธุ์ อาจอธิบายได้เช่นเดียวกับการทดลองของ Bell *et al.* (1992) ที่ได้ศึกษาการปลูกถั่วลิสงในประเทศออสเตรเลีย ซึ่งมีสภาพอุณหภูมิกลางคืนต่ำ พบว่า ประสิทธิภาพในการใช้แสง (radiation use efficiency, RUE) ลดลงหลังจากถั่วลิสงได้รับอุณหภูมิกลางคืนต่ำกว่า 10°C เนื่องจากอุณหภูมิต่ำระดับนี้มีผลกระทบต่อการปิดเปิดปากใบ

นอกจากนี้ ถั่วลิสงที่ได้รับอุณหภูมิเฉลี่ยสูงถึง 35°C ทำให้จำนวนเข็มที่พัฒนาอยู่ใต้ดิน (subteranean pegs) ลดลง อุณหภูมิมีผลต่อการพัฒนาการเจริญเติบโตของฝักอย่างไรนั้นยังไม่เป็นที่ชัดเจน (Ketring *et al.*, 1982) ซึ่ง Wood (1968) พบว่า จำนวนเข็มของถั่วลิสงเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิกลางวัน/กลางคืนเป็น 20/25°C, 25/25°C ในขณะที่ Cox (1979) พบว่า จำนวนเข็มสูงสุดเมื่อถั่วลิสงได้รับอุณหภูมิที่ 32/23°C อย่างไรก็ตาม เปอร์เซ็นต์ของเข็มที่สามารถพัฒนาเป็นฝักได้มีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับอุณหภูมิ ดังนั้น ถึงแม้ถั่วลิสงมีจำนวนเข็มมากก็อาจไม่พัฒนาต่อไปถ้าหากอุณหภูมิไม่เหมาะสม (William, 1975a อ้างถึงใน Ketring *et al.*, 1982) นอกจากนี้ อุณหภูมิดินยังมีผลต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ พบว่า การงอกของถั่วลิสงล่าช้าออกไปถ้าอุณหภูมิดินต่ำกว่า 20°C และเมล็ดชะงักการงอกได้เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 12°C (Bolhuis and De Groot, 1959 อ้างถึงใน Cox, 1979)

3.2.2 การเจริญและพัฒนาการของถั่วลิสง

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญต่ออัตราการพัฒนาการเจริญเติบโตของพืช (Cox, 1979 ; Fortanier, 1957 , De Beer, 1963 , อ้างถึงใน Ong, 1986) เมื่อพืชได้รับอุณหภูมิสะสม (thermal time or heat units or accumulated temperature index) ถึงระดับหนึ่งที่ต้องการ พืชนั้นๆจะมีการพัฒนาการเจริญเติบโตจากระยะหนึ่งไปสู่อีกระยะหนึ่งได้ อุณหภูมิสะสมเป็นค่าผลรวมของอุณหภูมิเฉลี่ยแต่ละวันที่เหนือกว่าค่าอุณหภูมิฐาน อุณหภูมิฐานหมายถึงอุณหภูมิที่พืชสามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ (base temperature, Tb) มีหน่วยวัดเป็นองศาวัน (day degrees, °Cd) (เฉลิมพล, 2535 ; Hamlyn, 1983 ; Ketring and Wheless, 1989 ; Monteith, 1975 ; Pening de Vries *et al.*, 1989) ปัจจุบันมีการใช้ข้อมูลอุณหภูมิสะสมมา

ประเมินระยะการพัฒนาการเจริญเติบโตของพืชรวมทั้งถั่วลิสง (Gallagher, 1979, (wheat), Angus *et al.*, 1981, Young *et al.*, 1979 (peanut) อ้างถึงใน Ong, 1986) ผลการวิจัยพบว่าสามารถใช้อุณหภูมิสะสมในการคาดคะเนระยะพัฒนาการเจริญเติบโตของถั่วลิสงได้ แต่ค่าของอุณหภูมิสะสมยังมีความไม่คงตัวในบางการทดลอง เนื่องจากถั่วลิสงต่างพันธุ์และในช่วงระยะการเจริญเติบโตที่ต่างกันมีอุณหภูมิฐาน (base temperature) ที่ต่างกัน ถั่วลิสงในกลุ่มสแปนิชมีอุณหภูมิฐาน (13.6°C) สูงกว่ากลุ่มวาเลนเซีย (12.5°C) และกลุ่มเวอร์จิเนีย (11.4°C) (Bagnall and King, 1991) อย่างไรก็ตาม Bell *et al.*, (1991) รายงานว่า ถั่วลิสงทุกพันธุ์ที่ศึกษามีอุณหภูมิฐานสำหรับการงอกเท่าๆกัน (13.2°C) ส่วนในช่วงการออกดอกถั่วลิสงกลุ่มสแปนิชมีอุณหภูมิฐานไม่แตกต่างจากการงอก แต่ถั่วลิสงในกลุ่มวาเลนเซียและเวอร์จิเนียมีอุณหภูมิฐานต่ำกว่าในช่วงการงอก การเจริญทางลำต้นและการเจริญพันธุ์ของถั่วลิสงกลุ่มเวอร์จิเนียต้องการอุณหภูมิสะสมในการพัฒนาการเจริญแต่ละระยะมากกว่าถั่วลิสงในกลุ่มสแปนิชและวาเลนเซีย (Bagnall and King, 1991 ; Bell *et al.*, 1991 ; Ketring and Wheless, 1989) ทำนองเดียวกัน Ong (1986) ได้รวบรวมผลงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับอิทธิพลของอุณหภูมิสะสมในถั่วลิสง 14 พันธุ์ พบว่ามีค่าอุณหภูมิฐานอยู่ในช่วง 8-11.5°C และอุณหภูมิสะสมสำหรับพันธุ์ Robut 33-1 ในช่วงของการงอก การออกดอกแรกและการติดฝักแรก 56, 538 และ 720 องศาวัน (°Cd) ตามลำดับ (Leong and Ong, 1983; Mohamed, 1984 อ้างถึงใน Ong, 1986) ผลจากการวิจัยของ McCloud *et al.* (1980) อ้างถึงใน Ong (1986) ได้ใช้ค่าอุณหภูมิฐานที่ 10°C ในแบบจำลองเพื่อประเมินระยะการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วลิสง ผลจากการศึกษา พบว่าอุณหภูมิสะสมที่ 2000 องศาวัน (°Cd) โดยมีอุณหภูมิฐาน 10°C สามารถใช้เป็นดัชนีคาดคะเนระยะสุกแก่ของถั่วลิสงได้ (maturity index) อย่างไรก็ตาม Mills (1964) อ้างถึงใน Ong (1986) เสนอว่า การใช้อุณหภูมิสะสมประเมินระยะการเจริญถั่วลิสงในสภาพปลูกที่แห้งแล้ง (drought) หรือเป็นโรคอาจทำให้ผิดพลาดได้เนื่องจากสภาวะดังกล่าวทำให้ถั่วลิสงมีการสุกแก่เร็วขึ้น นอกจากนี้ การใช้อุณหภูมิสะสมมาทำนายระยะการเจริญ (developement stage) หรือคาดคะเนการสุกแก่ของถั่วลิสงได้แต่ไม่สามารถใช้อุณหภูมิสะสมบ่งชี้ถึงระดับผลผลิต (Ketring and Wheless, 1989)

4. การตอบสนองของถั่วลิสงต่อวันปลูกในสภาพการให้น้ำ

สภาพภูมิอากาศที่ผันแปรตามวันปลูกในแหล่งปลูกถั่วลิสงแหล่งหนึ่งๆ ประกอบด้วยปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช และยังมีความสลับซับซ้อนอันเนื่องจากผลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆเหล่านั้นต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช ซึ่งยากจะแยกว่าพืชได้รับอิทธิพลจากปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งเพียงอย่างเดียว

ดังนั้น อิทธิพลของวันปลูกที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วลิสง จึงเป็นผลจากการที่ถั่วลิสงได้รับผลกระทบจากปัจจัยต่างๆรวมกัน อย่างไรก็ตาม หากถั่วลิสงได้รับอิทธิพลของปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งในระดับสูงก็อาจจะไม่สามารถสังเกตได้ว่ามีปัจจัยอื่นๆอีก ที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตถั่วลิสง ดังการทดลองของ Bell (1986) ได้ศึกษาอิทธิพลของช่วงวันปลูกในช่วงเดือนธันวาคมถึงมีนาคมมีความผันแปรของช่วงวันโดยความยาววันลดลง กล่าวคือจากวันปลูกในธันวาคมมี 13 ชั่วโมง 5 นาที เป็น 12 ชั่วโมง 7 นาที ในเดือนมีนาคม อุณหภูมิเฉลี่ยก่อนการออกดอกลดลงจาก 39/23°C เป็น 33/24°C ผลการทดลองพบว่าถั่วลิสงที่ปลูกในช่วงเดือนมีนาคมมีผลผลิตสูงและอายุการเก็บเกี่ยวที่ยาวกว่าในช่วงวันปลูกเดือนธันวาคมแต่อายุการออกดอกแรกไม่แตกต่างกัน เขาสรุปว่าเนื่องจากตลอดระยะการเจริญของถั่วลิสงในวันปลูกเดือนมีนาคมมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยต่ำจึงทำให้มีอายุการเก็บเกี่ยว (133 วัน) ยาวกว่าในวันปลูกเดือนธันวาคม (118 วัน) โดยที่อุณหภูมิสะสมใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ จากการที่การสะสมน้ำหนักแห้งมีความสัมพันธ์กันในทางบวกกับความเข้มแสงสะสม (cumulative interception of incident light) จึงทำให้ถั่วลิสงที่ปลูกในเดือนมีนาคมซึ่งมีอายุยาวขึ้นนี้สามารถสะสมแสงและมีโอกาสสะสมน้ำหนักฝักได้เพิ่มขึ้น แม้ว่าถั่วลิสงใน 2 ช่วงวันปลูกมีอายุเก็บเกี่ยวยาวต่างกันแต่อายุการออกดอกแรกก็ไม่แตกต่างกันเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิของ 2 ช่วงวันปลูกนี้ลดลงไม่มากนัก ส่วนช่วงแสงเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการออกดอกแรกเพียงเล็กน้อยและไม่มีปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างช่วงแสงกับอุณหภูมิ ดังนั้นทั้งอุณหภูมิและช่วงแสงจึงไม่ทำให้อายุการออกดอกของทั้งสองวันปลูกต่างกัน นอกจากนี้การที่ถั่วลิสงในกลุ่มเวอร์จิเนียมีอายุเก็บเกี่ยวที่ยาวกว่ากลุ่มสแปนิชทำให้กลุ่มเวอร์จิเนียมีช่วงเวลาในการสะสมน้ำหนักแห้งในช่วงการเจริญทางลำต้นได้มากกว่าและมีความคงทนของใบ (leaf area duration) ที่ยาวนานกว่า จึงเป็นเหตุให้ถั่วลิสงกลุ่มเวอร์จิเนียมีผลผลิตสูงกว่าใน กลุ่มสแปนิช ทั้งที่ถั่วลิสงในกลุ่มสแปนิชมีลักษณะการจัดเรียงกลุ่มใบที่ยอมให้แสงผ่านได้ดี (Bell *et al.*, 1993a)

การศึกษาช่วงวันปลูกของถั่วลิสงอีกการทดลองหนึ่งของ Bagnall and King (1991) ในประเทศออสเตรเลีย พบว่าช่วงวันปลูกเดือนกุมภาพันธ์และมีนาคมถั่วลิสงมีการรับแสงได้เพียง 75 และ 60 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณแสงสะสมในเดือนธันวาคมและมกราคมตามลำดับ ประกอบกับมีอุณหภูมิต่ำด้วยจึงทำให้การเจริญเติบโตทางลำต้นใน 75 วันหลังงอกของถั่วลิสงที่ปลูกในเดือนกุมภาพันธ์และมีนาคมลดลงแต่มีสัดส่วนของใบต่อลำต้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากอิทธิพลของความเข้มแสงต่ำมีผลต่อการพัฒนาพื้นที่ใบของถั่วลิสงจึงทำให้สัดส่วนของสารอาหารที่จะถ่ายเทไปสู่ฝักมีการแข่งขันกันเจริญเติบโตของใบ จึงพบว่าถั่วลิสงในวันปลูกเดือนมีนาคมมีอัตราการสะสมน้ำหนักฝักและน้ำหนักฝักลดลง จำนวนฝักมีความไวในการตอบสนองต่อวันปลูกมากกว่าผลผลิตฝัก วันปลูกในเดือนมีนาคมจึงมีจำนวนฝักน้อย แต่ลักษณะนี้สามารถชด

เชย (compensate) กับขนาดฝัก จึงพบว่าถั่วลิสงที่ปลูกในเดือนมีนาคมมีเปอร์เซ็นต์กะเทาะและน้ำหนักเมล็ดเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาที่ผ่านมามีผลการวิจัยที่ชี้ให้เห็นว่าอิทธิพลของความเข้มแสง อุณหภูมิ มีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของถั่วลิสง ถั่วลิสงอาจได้รับผลกระทบที่แตกต่างกันไปขึ้นกับความสามารถในการรับแสงของถั่วลิสงหรือสภาวะนั้นๆถั่วลิสงได้รับอุณหภูมิที่ใกล้เคียงอุณหภูมิที่เหมาะสมมากน้อยเพียงใด นอกจากนี้ยังสรุปได้ว่าถั่วลิสงมีการตอบสนองต่อช่วงวันปลูก ถั่วลิสงที่ปลูกในช่วงเวลาปลูกต่างกันให้ผลผลิตต่างกัน ทั้งนี้เพราะว่าภายใต้ช่วงวันปลูกที่แตกต่างกันนั้นมีปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพัฒนาการเจริญเติบโตและผลผลิตได้แก่ ความเข้มแสง อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์เป็นต้น การตอบสนองของถั่วลิสงต่อช่วงวันปลูกนอกจากเป็นผลจากการที่ถั่วลิสงได้รับอิทธิพลโดยตรงจากสภาพภูมิอากาศอากาศที่ผันแปรตามวันปลูกแล้ว สภาพภูมิอากาศที่ไม่เหมาะสมในขณะนั้นอาจจะส่งผลต่อการระบาดของโรคแมลงซึ่งมีผลกระทบต่อผลผลิตถั่วลิสงได้เป็นอย่างมาก ทั้งนี้ขึ้นกับความรุนแรงและช่วงเวลาที่ได้รับซึ่งมีความแตกต่างกันไปในแต่ละปี และแต่ละพื้นที่

ผลจากการศึกษาที่ผ่านมาได้ข้อสรุปว่าภายใต้ช่วงวันปลูกนั้นๆ ถ้าหากถั่วลิสงได้รับผลกระทบในทางลบจากปัจจัยสภาพภูมิอากาศที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตก็อาจจะทำให้ผลผลิตถั่วลิสงลดลง อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยดังกล่าวทำการศึกษาในต่างประเทศซึ่งมีสภาพภูมิอากาศแตกต่างจากประเทศไทยและเป็นการศึกษาในถั่วลิสงที่ต่างพันธุ์กัน ดังนั้นจึงยังขาดข้อมูลเกี่ยวกับการตองสนองของถั่วลิสงในด้านสรีรวิทยาการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตเมื่อถั่วลิสงได้รับความเข้มแสง อุณหภูมิที่ผันแปรภายใต้ช่วงวันปลูกตามฤดูการเพาะปลูกถั่วลิสงในประเทศไทย จึงได้ทำการศึกษาเพื่อที่จะนำข้อมูลและความรู้ความเข้าใจดังกล่าวมาใช้ในการกำหนดช่วงเวลาปลูกที่เหมาะสมหรือจัดการทางด้านเขตกรรมอื่นๆที่เอื้ออำนวยให้ต้นถั่วลิสงได้รับปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตได้ดียิ่งขึ้น