การตรวจเอกสาร

แสงกับการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช

แสงนับว่ามีบทบาทที่สำคัญยิ่ง ต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของพืช โดยผ่านทางขบวนการสังเคราะห์แสง เพราะการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช เป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการสังเคราะห์แสง และการเคลื่อนย้ายอาหารไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช ในระดับต้นพืชแล้วแสงมีอิทธิพลต่อพืชทั้งทางด้านรูปพรรณสัณฐาน และขบวนการทางสรีรวิทยาของพืช เช่นยับยั้งการยืดตัวของเซล การเจริญของใบ การสร้างเนื้อเยื่อ การโค้งงอของ plumule hook การสร้างคลอโรฟิล (จินดา, 2524) และขบวนการเมตาโบลิซึ่มของไนโตรเจน (Miflin, 1980) เป็นต้น ซึ่งผลกระทบดังกล่าวจะส่งผลถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการสังเคราะห์แสงในที่สุด นอกจากนี้แสงยังมีบทบาทสำคัญต่อการงอกของเมล็ด รูปร่างลักษณะของพืช การออกดอกและการสุกแก่ของพืชอีกด้วย

ถ้าไม่มีปัจจัยอื่นใดเป็นตัวจำกัด การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช จะขึ้นอยู่กับปัจจัยเรื่องแสง ดังสมการ :-

$$Ye = Q \times i \times Ec \times p \quad \text{(Lawn and Williams, 1986)}$$

โดย Ye คือ ผลผลิตพืชในเชิงเศรษฐศาสตร์

Q คือ ปริมาณแสงสะสมทั้งหมดที่ส่องมายังพืช

i คือ สัดส่วนของแสงที่พืชรับไว้

Ec คือ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นน้ำหนักแห้ง และ

p คือ ประสิทธิภาพการถ่ายเทผลที่ได้จากการสังเคราะห์แสงไปยังส่วนที่เป็นผลผลิต

บทบาทของแสงที่มีต่อพืชอาจพิจารณาในสองประการหลักดังต่อไปนี้ :-

1. ปริมาณหรือความเข้มของแสง (Light intensity)

ปริมาณแสงที่ส่งมายังพื้นดินหรือต้นพืชจะผันแปรแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยเช่น มุมส่องสว่างของดวงอาทิตย์ ฤดูกาล ละติจูด ความลาดเทของพื้นที่ แสงที่ส่องมานั้นประกอบด้วยแสงที่มีความยาวช่วงคลื่น (wave length) ต่างกันมากมาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แสงที่เป็นประโยชน์ต่อการสังเคราะห์แสงอยู่ระหว่าง 0.4-0.7 ไมครอน ซึ่งมีอยู่ประมาณ 44% ของแสงทั้งหมด ส่วนแสงที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า 0.4 ไมครอน เรียกว่าแสงคลื่นสั้นหรือแสงอุลตร้า แสงชนิดนี้ไม่มีความสำคัญต่อการเจริญของพืชยกเว้นพืชชั้นต่ำบางชนิด แสงอุลตร้านี้มีอยู่ประมาณ 4% ของแสงทั้งหมด สำหรับแสงที่ให้คลื่นแสงที่ยาวกว่า 0.7 ไมครอน เรียกว่า แสงคลื่นยาว หรือแสงอินฟราเรด มีอยู่ประมาณ 52% และมีอิทธิพลต่อฮอร์โมนที่ทำหน้าที่ควบคุมการงอกและการออกดอกของพืช ปริมาณแสงที่พืชใช้ไปในการสังเคราะห์แสงนั้น นับว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณที่ส่องมายังต้นพืชทั้งหมด พืชไม่สามารถที่จะเก็บสะสมพลังงานแสงไว้ใช้ทีหลังได้ (Good and Bell, 1980) การสังเคราะห์แสงจะเกิดขึ้นเมื่อพืชเริ่มได้รับแสง และการสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้น เมื่อพืชได้รับแสงมากขึ้น ที่ความเข้มของแสงระดับหนึ่ง อัตราการสังเคราะห์แสงจะต่ำกว่าอัตราการหายใจ ในกรณีเช่นนี้พืชจะสูญเสียน้ำหนัก และถ้าเกิดเป็นเวลานานต่อเนื่องกันพืชจะตายในที่สุด เมื่อความเข้มของแสงเพิ่มขึ้นจนทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงเท่ากับการหายใจ เรียกความเข้มของแสง ณ จุดนี้ว่า จุดชดเชยการผลิต (Light compensation point) ที่จุดความเข้มของแสงนี้พืชไม่มีการสะสมน้ำหนักแห้งทั้งนี้เพราะว่า การสร้างเท่ากับการใช้ การสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มของแสง แต่การเพิ่มการสังเคราะห์แสงก็มีขีดจำกัด กล่าวคือเมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้นถึงจุด ๆ หนึ่งแล้ว การสังเคราะห์แสงก็จะไม่เพิ่มอีกต่อไป ถึงแม้ความเข้มของแสงจะเพิ่มขึ้นอีกก็ตาม ความเข้มของแสง ณ จุดนี้เรียกว่า จุดอิ่มตัวด้วยแสง (Light saturation point)

Curtis et al (1969) ได้ทำการศึกษากับถั่วเหลือง 36 พันธุ์ พบว่าจุดชดเชยการผลิตอยู่ที่ความเข้มแสงประมาณ 430 Wm^{-2} ภายใต้สภาพที่มี CO_2 400 ppm Levitt (1980) ให้ความเห็นว่า การที่พืชมีจุดชดเชยการผลิตที่ความเข้มแสงต่ำได้นั้นอาจเนื่องมาจากพืชมีอัตราสังเคราะห์แสงสูงแม้มีความเข้มแสงต่ำ หรืออาจเนื่องมาจากพืชมีอัตราการหายใจต่ำ หรือทั้งสองประการดังกล่าวร่วมกัน จุดอิ่มตัวด้วยแสงนั้นจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช พืชประเภท C_4 จะมีจุดอิ่มตัวด้วยแสงสูงกว่าพืชประเภท C_3 (Chartier et al, 1977) สำหรับถั่วเหลือง Sakamoto and Shaw (1976 b.) รายงานว่าใบของถั่วเหลืองในระยะออกดอก จะรับแสงและถึงจุดอิ่มตัวที่ความเข้มแสง 645-688 Wm^{-2} และลดลงเหลือประมาณ 591 Wm^{-2} ในระยะการสร้างฝักและติดเมล็ด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และความเข้มแสงที่จุดอิ่มตัวนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อปลูกด้วยระยะระหว่างแถวที่กว้างขึ้น (Whigham, 1983) ใบพืชที่อยู่เดี่ยว ๆ จะมีจุดอิ่มตัวด้วยแสงต่ำกว่าพืชที่อยู่เป็นกลุ่ม Chang(1971) กล่าวว่าพืชที่มีดัชนีพื้นที่ใบสูง ๆ อาจอิ่มตัวด้วยความเข้มแสงมากกว่า1505 Wm^{-2} อย่างไรก็ตามมิใช่ว่าการอิ่มตัวด้วยแสงจะเกิดขึ้นเสมอ เกี่ยวกับเรื่องนี้ Egli et al (1970) ได้รายงานว่า ในสภาพไร่นา ไม่พบว่าถั่วเหลืองมีการอิ่มตัวด้วยแสงเลย Miflin (1980) ได้ชี้ให้เห็นว่า ในช่วงตอนกลางวัน การสังเคราะห์แสง จะไม่ถูกจำกัดด้วยแสงแต่จะถูกจำกัดด้วย CO_2 มากกว่า นอกจากนี้การสังเคราะห์แสงยังอาจถูกจำกัดโดยอุณหภูมิ หรือทั้ง CO_2 และอุณหภูมิร่วมกัน ดังมีรายงาน (Gaastra 1959 อ้างโดย Williams and Joseph 1973) จากผลการศึกษากับใบประเภทแดงชนิดหนึ่งว่า ไม่ว่าจะอยู่ภายใต้สภาพที่มีอุณหภูมิต่ำหรือสูง แต่ได้รับ CO_2 ในระดับความเข้มข้นปกติ การสังเคราะห์แสงจะถูกจำกัดโดยพลังงานแสงถ้าพืชได้รับแสงน้อย แต่เมื่อเพิ่มแสงจนถึงจุดหนึ่ง การสังเคราะห์แสงก็มิได้เพิ่มขึ้นอีกจนกว่าจะเพิ่มความเข้มข้น CO_2 ให้มากขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 20°ซ เป็น 30°ซ ปรากฏว่าพืชมีอัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น แสดงว่าการสังเคราะห์แสงถูกจำกัดโดยอุณหภูมิด้วย เมื่อมีการเพิ่มความเข้มของแสงหรือพืชได้รับปริมาณแสงเพิ่มมากขึ้น Egli et al (1970) ก็ได้รายงานผลในทำนองเดียวกันนี้ว่า การเพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสงเมื่อเพิ่มความเข้มของแสงภายใต้สภาพที่มี CO_2 200 ppm จะมีน้อยกว่าที่ 300 ppm และ Woodward and Sheehy (1983) รายงานว่า พืช C_4 เช่นข้าวโพดจะเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตได้มากกว่าพืช C_3 เช่นถั่วเหลืองเมื่อเพิ่มความเข้มของแสงขึ้น

เนื่องจากแสงมีบทบาทสำคัญ ต่อขบวนการต่าง ๆ ในการเจริญเติบโตของพืช ทำให้พืชมีการตอบสนองต่อความเข้มของแสงในระดับต่าง ๆ เช่นในระดับอวัยวะพืชนั้นพบว่าจะมีผลทำให้โครงสร้างของลำต้นเปลี่ยนแปลงไปถ้ามีความเข้มแสงเพิ่มขึ้น พืชจะมีลำต้นหนา การเจริญของเนื้อเยื่อดีขึ้น พื้นที่ใบลดลง ใบหนาขึ้น ปล้องสั้นลง (โดยเฉพาะแสงสีแดงในสภาพความเข้มของแสงต่ำ หรือแสงสีน้ำเงินในสภาพความเข้มแสงสูง) มีการแตกแขนงเพิ่มขึ้น ช่องว่างระหว่างเซลล์ลดลง ผนังเซลและ cuticle หนาขึ้น ปากใบเล็กลง และมีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น (จินดา, 2524) ความเข้มแสงนี้ก็มีอิทธิพลต่อการออกดอกของพืชได้เช่นกันกล่าวคือ ถ้าความเข้มแสงเพิ่มขึ้น จะทำให้เกิดตาดอกมากขึ้น ออกดอกเร็วขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพราะเป็นผลจากการสะสมปริมาณอาหารในลำต้นที่เริ่วขึ้นนั่นเอง สำหรับอิทธิพลของความเข้มแสงที่มีต่อการเจริญของรากนั้นพบว่า การเจริญของรากจะลดลงเมื่อความเข้มแสงลดลง เกี่ยวกับเรื่องนี้ Eckardt (1965) ได้ทดลองกับกล้าสน พบว่าหากปริมาณแสงลดลงจนต่ำกว่า 30% ของปริมาณแสงทั้งหมด ซึ่งมีค่าประมาณ 28 kg cal/cm² น้ำหนักรากของกล้าสนจะลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ค่าอัตราส่วนระหว่างต้น/รากสูงขึ้น

Johnson et al (1969) รายงานว่า ต้นถั่วเหลืองที่ได้รับแสงมากกว่าปกติจะให้จำนวนกิ่ง จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝักรวมทั้งเปอร์เซนต์น้ำมันมากขึ้น แต่ขนาดเมล็ดและเปอร์เซนต์โปรตีนจะลดลง จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าแสงมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตพืชเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นหากมีหนทางใดที่จะทำให้พืชได้รับและใช้ประโยชน์จากแสงได้มากขึ้น ย่อมจะเป็นผลดีแก่พืช เช่นการให้หลอดไฟกำเนิดแสง การใช้วัตถุสะท้อนแสงรับแสงแล้วให้สะท้อนกลับเข้าไปในทรงพุ่มเป็นต้น ดังการทดลองการเพิ่มแสงในระหว่างแถวของถั่วเหลือง จะสามารถเพิ่มผลิตผลในส่วนล่าง, กลางและบนของทรงพุ่มได้ถึง 30, 20 และ 2% ตามลำดับ (Johnson et al, 1969) มีข้อที่น่าสังเกตว่า เมื่อความเข้มแสงเพิ่มสูงขึ้น ประสิทธิภาพการใช้แสงจะลดลง เพราะมีแรงต้านทานต่อการไหลซึมผ่านของ CO_2 จากบรรยากาศสู่คลอโรพลาสเพิ่มขึ้น (Chang, 1971) และปฏิกริยาของเอนไซม์ลดลง (Good and Bell, 1980) สำหรับประสิทธิภาพการใช้แสงของพืชนั้น สามารถวัดได้จากปริมาณแสงที่ถูกใช้ไปในการเปลี่ยน CO_2 หนึ่งหน่วยให้เป็นคาร์โบไฮเดรท ซึ่งจะมีค่าแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช Charles-Edward (1972) รายงานว่า ประสิทธิภาพการใช้แสงของข้าว มีค่าเท่ากับ 4.2 µg/J ข้าวโพด = 3.4 มันฝรั่ง = 3.1 หานตะวัน = 2.6 ฝ้าย = 2.5 ถั่วโคลเวอร์ = 1.6 และถั่วเหลือง = 1.3 จะเห็นได้ว่าถั่วเหลืองนั้นมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับพืชอื่นที่สำคัญหลายชนิด

ผลในทางตรงข้ามจะเกิดขึ้น ถ้าความเข้มของแสงลดลง กล่าวคือเมื่อความเข้มแสงน้อยจะมีผลทำให้การเจริญทางลำต้นและใบรวมทั้งการแตกกิ่งก้าน และการเจริญของรากลดลงส่งผลให้ผลผลิตลดต่ำลงในที่สุด (Williams and Joseph, 1973) เช่น หญ้าที่ถูกบังแสงจะมีการเจริญลดลง หรืออ้อยผลผลิตจะลดลงประมาณครึ่งหนึ่ง ถ้าความเข้มแสงลดลงไป 50% (Chang, 1971) สำหรับถั่วเขียวที่ถูกบังแสง Muchow and

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Charles-Edwards (1982) พบว่าจะให้จำนวนฝักน้อยกว่าปกติถึง 68% แต่การบังแสงในระยะสั้นสุด การออกดอกจะไม่มีผลกระทบต่อผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต แต่กลับมีแนวโน้มที่จะให้ค่าดัชนีการเก็บเกี่ยว (Harvest index) สูงขึ้น การลดความเข้มแสงในพืชอาจให้ผลต่างกันออกไปตามชนิดของพืช เช่นในข้าวบาร์เลย์ Evan (1975) พบว่าการบังแสงจะไม่มีผลต่อการสะสมอาหารในเมล็ด แต่จะมีผลมากกับข้าวสาลี สำหรับถั่วเหลือง Lawn and Williams (1986) รายงานว่า ถ้าลดความเข้มแสงลง 50% จากปกติ ผลผลิตจะลดลงถึง 30% เพราะความเข้มแสงที่ต่ำจะส่งเสริมให้เกิดการร่วงของฝัก และทำให้ได้น้ำหนักเมล็ดน้อย การร่วงของดอกและฝักอ่อนอาจเป็นผลจากประสิทธิภาพ การสังเคราะห์แสงในช่วงสร้างเมล็ด, ความไม่สมดุลย์ของฮอร์โมนหรือการขาดแสง (อภิพรรณ, 2523)

2. ความยาววัน (Light duration or Daylength)

ความยาววันมีอิทธิพลต่อการออกดอกของพืชบางชนิด การออกดอกของพืชบางชนิดจะขึ้นอยู่กับความยาววัน ถ้าความยาววันสั้นหรือยาวกว่าจุดวิกฤต (Critical daylength) พืชนั้นจะไม่ออกดอกหรือออกดอกช้า พืชแต่ละชนิดมี critical day-length แตกต่างกัน สำหรับถั่วเหลืองนั้น กล่าวได้ว่าเป็นพืชวันสั้น และจะออกดอกตามปกติเมื่อความยาวของวันสั้นกว่าจุดวิกฤต ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ การออกดอกจะล่าช้าไปหากความยาววันยาวกว่าจุดวิกฤต การออกดอกล่าช้าอาจมีข้อดีบ้างคือ ทำให้พืชมีเวลานานขึ้นสำหรับการสร้างน้ำหนักแห้ง ซึ่งอาจจะส่งผลให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นได้ แต่ถ้าการออกดอกล่าช้าเกินไปก็กลับเป็นข้อเสีย ทำให้พืชมีลำต้นสูง ไม่แข็งแรง หักล้มได้ง่าย หากพบสภาพเย็นจัดหรือแล้งมาก (Whigham 1983, อภิพรรณ 2523) มีผู้รายงานว่าอัตราการสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความยาวของวัน เมื่อมีสภาพของปัจจัยต่าง ๆ คงที่ ในวันที่ยาวพืชจะมีโอกาสได้รับแสงเพื่อเกิดการสังเคราะห์แสงได้นานขึ้น อันจะเป็นผลทำให้เกิดการเจริญเติบโตได้เร็วขึ้น (พันทวี, 2529) นอกจากนี้ความยาววันยังมีอิทธิพลต่อระยะเวลาสุกแก่อีกด้วย กล่าวคือถ้าความยาววัน หลังออกดอกสั้นกว่าปกติ ถั่วเหลืองจะสุกแก่เร็วขึ้นเป็นผลทำให้ระยะเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดน้อยลง และจะทำให้ผลผลิตลดลง กลไกที่ทำให้พืชวันสั้น (short day plant) หรือพืชวันยาว (long day plant) ออกดอกก็คือ phytochrom pigment

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พื้นที่ใบกับการเจริญของพืช

ใบทำหน้าที่เป็นพื้นที่รับแสงและดูดซึม CO_2 เพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง (Brown, 1984) การสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้นตามพื้นที่ใบที่เพิ่มขึ้นถ้าไม่มีปัจจัยในการสังเคราะห์แสงใดเป็นตัวจำกัด ผลลัพธ์จากการสังเคราะห์แสงจะก่อให้เกิดการสะสมน้ำหนักแห้งหรือการเจริญของพืช แต่อย่างไรก็ตาม พืชจะมีการสะสมน้ำหนักแห้งได้ก็ต่อเมื่อพืชมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงกว่าอัตราการหายใจ การพัฒนาพื้นที่ใบของพืชจะเริ่มขึ้นหลังจากที่พืชงอก และพื้นที่ใบจะเพิ่มขึ้นเป็นลำดับตามอายุของพืช จนถึงจุดสูงสุดจากนั้นจะเริ่มลดลง เนื่องจากการร่วงหล่นของใบ อันเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของพืชตามธรรมชาติ ซึ่งอายุการร่วงหล่น หรือการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยานี้อยู่ภายใต้อิทธิพลของหลายปัจจัย เช่น ภูมิอากาศ แร่ธาตุอาหารและอื่น ๆ (Biscoe and Gallangher, 1977) การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ใบนับตั้งแต่งอกจนถึงพืชแก่นั้น อาจแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะด้วยกัน คือ

1) ระยะการขยายตัวของใบ ระยะนี้พื้นที่ใบจะเพิ่มขึ้นตามอายุพืช
2) ระยะที่พืชมีพื้นที่ใบค่อนข้างคงที่ ระยะนี้พืชจะมีการสร้างใบใหม่สมดุลกับใบเก่าที่ร่วงหล่นไป
3) ระยะใบแก่ เป็นระยะที่พื้นที่ใบค่อย ๆ ลดลง และจะลดลงอย่างรวดเร็วในเวลาต่อมา

ผลจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ใบตลอดอายุของพืช จะส่งผลให้การรับแสงหรืออีกนัยหนึ่ง การสังเคราะห์แสงของพืชเปลี่ยนแปลงไปตามพื้นที่ใบด้วย

1. ดัชนีพื้นที่ใบกับการสังเคราะห์แสง

ดัชนีพื้นที่ใบ หมายถึงสัดส่วนของพื้นที่ใบ ต่อหน่วยพื้นที่ดินที่พืชนั้นขึ้นปกคลุมอยู่ ดังได้กล่าวมาแล้วว่า พื้นที่ใบหรืออีกนัยหนึ่ง ดัชนีพื้นที่ใบจะเปลี่ยนแปลงไปตามอายุของพืช เมื่อดัชนีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น อัตราการสังเคราะห์แสงต่อพื้นที่ดินจะเพิ่มขึ้น และเมื่อดัชนีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นถึงจุดหนึ่ง อัตราการสังเคราะห์แสงอาจจะลดลงหรือคงที่ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พืช พืชที่มีอัตราการสังเคราะห์แสงลดลงหลังจากถึงจุดสูงสุดแล้ว เรียกพืชประเภทนี้ว่าเป็นพืชที่มี Optimum Leaf Area Index ตัวอย่างของพืชประเภทนี้ได้แก่ ข้าวโพด ส่วนพืชที่ยังมีอัตราการสังเคราะห์แสงคงที่ไประยะหนึ่งหลังจากถึงจุดสูงสุดแล้ว ถึงแม้ว่า LAI จะเพิ่มขึ้นไปอีกก็ตาม เรียกพืชประเภทนี้ว่าเป็นพืชที่มี Critical LAI เช่นถั่วเหลืองเป็นต้น การตอบสนองต่อการเพิ่มขึ้นของดัชนีพื้นที่ใบของพืชสองประเภทนี้เริ่มมีความแตกต่างกันตรงจุด Optimum LAI สาเหตุที่ก่อให้เกิดความแตกต่างกันขึ้นนั้นเป็นผลมาจากเรื่องของความแตกต่างกันในอัตราการหายใจเป็นสำคัญ กล่าวคือ พืชประเภทที่มี Optimum LAI นั้น อัตราการหายใจเพิ่มขึ้นตามดัชนีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลง ส่วนพืชประเภทที่มี Critical LAI นั้น พบว่าอัตราการหายใจมิได้สูงตามไปด้วย ถึงแม้ว่า LAI จะเพิ่มขึ้นจากจุด Optimum ก็ตาม อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของพืชประเภทนี้จึงไม่ลดลงหลังจากที่มีดัชนีพื้นที่ใบเกินค่า Optimum LAI แล้ว ณ จุดที่พืชมี Optimum LAI นั้น พืชจะรับแสงได้สูงสุดคือประมาณ 95% (Halley, 1982)

ค่าดัชนีพื้นที่ใบที่เหมาะสม จะแตกต่างกันไปตามชนิดพืช สภาพแวดล้อม ฤดูกาล และความเข้มของแสง (Hunt, 1978) ลักษณะรูปร่างและการจัดเรียงตัวของใบเป็นมูลเหตุสำคัญที่ทำให้พืชมี Optimum LAI แตกต่างกัน พืชที่มีใบเรียวเล็ก ค่อนข้างตั้งชัน และการจัดเรียงตัวของใบกระจายอย่างสม่ำเสมอยอมให้แสงผ่านได้ดีย่อมจะมีค่า Optimum LAI สูงกว่าพืชที่มีลักษณะตรงข้ามกับที่กล่าวมา ดังนั้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจึงมี Optimum LAI สูงกว่าพืชใบเลี้ยงคู่

ในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ใบที่เหมาะสมกับความเข้มของแสงนั้น พบว่าจะผันแปรไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือเมื่อมีความเข้มแสงเพิ่มสูงขึ้น ค่าดัชนีพื้นที่ใบที่เหมาะสมก็จะสูงขึ้นด้วย Whigham (1983) ได้รายงานว่า ภายใต้สภาพที่มีความเข้มของแสงสูง ถั่วเหลืองจะให้อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุด เมื่อมีค่าดัชนีพื้นที่ใบประมาณ 5-6 แต่จะลดลงเหลือประมาณ 3-5 ภายใต้สภาพที่มีความเข้มของแสงต่ำ แสดงว่าดัชนีพื้นที่ใบที่เหมาะสมก็ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงด้วย การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบที่เหมาะสมสำหรับพืชชนิดใด ๆ ต้องคำนึงถึงเรื่องคุณสมบัติในการยอมให้แสงส่องผ่านในทรงพุ่มด้วย ในทางปฏิบัติ การที่จะควบคุมกำหนดให้พืชมีค่าดัชนีพื้นที่ใบที่แน่นอนหรือคงที่นั้นเป็นไปได้ยากมาก เพราะดัชนีพื้นที่ใบอยู่ภายใต้อิทธิพลของหลายปัจจัยตามที่กล่าวมา แต่การจัดการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เรื่องการปลูก เช่นการเลือกฤดูปลูก ระยะปลูก และการให้ปุ๋ย ให้น้ำ ก็เป็นแนวทางที่จะทำให้สามารถคาดคะเนถึงขนาดพื้นที่ใบพืชได้ว่าจะมีมากน้อยอย่างไร ดังเช่นมีรายงานว่าสามารถเพิ่มดัชนีพื้นที่ใบของแกลดิโอลัสได้ถึง 27 โดยการปลูกด้วยความหนาแน่น 688 ต้น/ตารางเมตร (Hunt, 1978) เมื่อพืชมีดัชนีพื้นที่ใบใกล้เคียงกับค่าดัชนีพื้นที่ใบที่เหมาะสมแล้วนั้น อัตราการเจริญเติบโตจะยังคงขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสง ภูมิอากาศและการเคลื่อนย้ายอาหารอีกด้วย พืชที่ให้ผลผลิตสูงจะต้องรักษาดัชนีพื้นที่ใบให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมเป็นระยะเวลานานในช่วงที่สามารถรับแสงได้สูงสุดในฤดูปลูก ซึ่งจะเป็นผลดีต่อการสังเคราะห์แสง

ในถั่วเหลืองไม่พบว่ามีการกำหนดค่า Optimum LAI แต่อย่างใดแต่จะกำหนดเป็น Critical LAI แทน (Shibles and Weber, 1965) ในถั่วใบกว้างทั่ว ๆ ไป Critical LAI จะมีค่าประมาณ 3-3.5 และอาจถึง 5 ได้ในถั่วมะแฮะ (Lawn and Williams, 1986) สำหรับถั่วเหลือง อภิพรรณ (2523) รายงานว่ามี Critical LAI เท่ากับ 3.2 ซึ่งดัชนีพื้นที่ใบค่านี้สามารถรับแสงได้ถึง 95% ด้วย (Shibles and Weber, 1965)

พืชประเภทที่มี Optimum LAI นั้น หากมีการพัฒนาพื้นที่ใบเพิ่มต่อไปจากจุด Optimum จะมีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลงเป็นลำดับจนในที่สุดจะมีการสังเคราะห์แสงสุทธิเท่ากับศูนย์ หมายความว่าพืชมีการสังเคราะห์แสงเท่ากับการหายใจ ณ จุดนี้ถือว่าพืชมีดัชนีพื้นที่ใบสูงสุด (Maximum LAI) ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช วิธีการปลูก และปัจจัยอื่น ๆ เช่นกัน ในถั่วเหลืองที่มีการเจริญแบบไม่หอดยอด (determinate plants) ดัชนีพื้นที่ใบสูงสุดจะเกิดขึ้นในระยะใกล้ออกดอก แต่สำหรับถั่วเหลืองชนิดหอดยอด (indeterminate plants) จะเกิดขึ้นในระยะใกล้สิ้นสุดของการออกดอก Sakamoto and Shaw (1967 b.) กล่าวว่า แม้ถั่วเหลืองยังมีการเพิ่มพื้นที่ใบขึ้นในช่วงออกดอกถึงติดฝักแต่การสังเคราะห์แสงมิได้เพิ่มอย่างเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นที่ใบนั้น แสดงว่าพื้นที่ใบที่มีอยู่ในช่วงระยะการเจริญดังกล่าวมิได้ช่วยส่งเสริมในการสะสมน้ำหนักแห้งเพื่อผลผลิตทุกใบ เกี่ยวกับเรื่องนี้ Johnson et al (1969) รายงานว่า อัตราการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจของใบในตำแหน่งต่าง ๆ ของต้นจะไม่เท่ากัน โดยจะลดลงเป็นลำดับจากใบบนถึงใบล่าง โดยที่ใบชั้นล่าง และชั้นกลางมีการสังเคราะห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แสงประมาณ 13 และ 60% ของใบชั้นบนเท่านั้น ทั้งนี้เป็นเพราะความเข้มของแสงที่ใบชั้นล่างของต้นหรือหรงพุ่มมีน้อยกว่าเนื่องจากเกิดการบังแสงของใบที่อยู่เหนือกว่า และจากผลการทดลองของ Wolf and Blaser (1971) พบว่าการหายใจของใบพืชไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับดัชนีพื้นที่ใบ และใบที่แผ่ขยายเต็มที่ของอัลฟัลฟ่าภายใต้สภาพที่มีความเข้มแสงต่ำนั้นสามารถเลี้ยงตัวเองได้โดยไม่ต้องอาศัยอาหารจากใบอื่นแต่อย่างใด รายงานนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของอภิพรรณ (2523) ที่ทำการศึกษาในถั่วเหลืองพบว่าใบล่างของหรงพุ่มที่เจริญเติบโตหรือแผ่ขยายเต็มที่แล้วจะไม่ดึงอาหารจากใบอื่นไปใช้เลย นอกจากใบที่เป็นโรคและไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้เองเท่านั้น และหากใบล่างนี้ถูกตัดออกไป ปริมาณการเคลื่อนย้ายอาหารจากใบบนลงสู่รากจะเพิ่มขึ้นกว่าเดิม การเคลื่อนย้ายอาหารจะเกิดขึ้นเมื่ออวัยวะพืชต้องการอาหารไปใช้เท่านั้น

2. ดัชนีพื้นที่ใบกับการรับแสง

มีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงกับพื้นที่ใบโดย พืชที่มีการสังเคราะห์แสงดีจะสามารถรับแสงได้สูงต่อหน่วยพื้นที่ดินที่พืชนั้นขึ้นปกคลุมอยู่ แม้พลังงานแสงที่ส่งจากดวงอาทิตย์ ณ ตำแหน่งที่อยู่เหนือชั้นบรรยากาศของโลกมีค่าค่อนข้างคงที่ คือประมาณ 1380 Wm^{-2} (สิทธิพร, 2529) แต่พลังงานแสงที่ถูกส่งมาถึงพื้นผิวโลกหรือต้นพืชอาจมีความแตกต่างกันมากได้ ทั้งนี้เนื่องจากความผันแปรของสภาพภูมิอากาศของโลกที่จะก่อให้เกิดการบดบังหรือดูดซับแสงไว้และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณแสงในรอบปี ก็ยังมีความแตกต่างกันมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับฤดูกาล แต่อย่างไรก็ตามพลังงานแสงที่ส่องมายังผิวโลกโดยเฉลี่ยแล้วไม่มีความผันแปรมากในแต่ละปี เมื่อเป็นเช่นนี้ความแตกต่างของผลผลิตพืชที่เกิดขึ้นจึงเนื่องมาจากสาเหตุหรือปัจจัยอื่น Monteith (1981) ได้ชี้ให้เห็นว่าความแตกต่างของผลผลิตในแต่ละปีนั้นไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณแสงมากนักและให้ข้อคิดเห็นว่าความแตกต่างของผลผลิตไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณแสงที่ส่องมายังต้นพืชแต่จะขึ้นอยู่กับ ความสามารถของพืชที่จะรับแสงไว้เป็นประการสำคัญ เกี่ยวกับเรื่องนี้ Luxmoore et al (1971) พบว่าการรับแสงของพื้นที่ใบมิได้มีความสัมพันธ์แบบเป็นเส้นตรงกับปริมาณแสงที่ส่องมายังต้นพืช Shibles and Weber (1965) และ Muchow and Charles-Edward (1982) ก็ได้รายงานผลใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทำนองเดียวกันนี้

ตลอดระยะการเจริญของพืชนับตั้งแต่งอกจนถึงระยะที่พืชมีพื้นที่ใบปกคลุมพื้นดินเต็มที่ พืชจะมีการรับหรือใช้ประโยชน์แสงเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ในระยะแรกที่พืชมีพื้นที่ใบน้อย ปริมาณแสงที่รับไว้ได้จะมีน้อยและจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในระยะต่อมา เมื่อถึงระยะที่พืชมีพื้นที่ใบมากพอควร จะทำให้พืชรับแสงได้สูงสุด การเพิ่มพื้นที่ใบสูงเกินกว่าจุดที่พืชรับแสงได้เต็มที่จะทำให้เกิดการบังซึ่งกันและกัน (mutual shading) มากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง Goudriaan (1977) ได้กล่าวว่าในขณะที่พืชมีดัชนีพื้นที่ใบน้อย ใบทุกใบจะได้รับแสงเต็มที่ไม่มีการบังซึ่งกันและกันเลย จากการศึกษาของ Monteith (1981) สรุปได้ว่าพืชโดยทั่ว ๆ ไป ถ้ามีดัชนีพื้นที่ใบประมาณ 4-5 จะรับแสงได้มากกว่า 80% แต่อย่างไรก็ตาม Brown (1984) ได้ชี้ให้เห็นว่าพื้นที่ใบที่ใช้ในการรับแสงในปริมาณเดียวกัน จะแตกต่างกันไปตามชนิดของใบพืช พืชที่ใบค่อนข้างตั้งชันนั้นจำเป็นต้องใช้ดัชนีพื้นที่ใบถึง 5 จึงสามารถรับแสงได้ประมาณ 95% ในขณะที่พืชที่มีใบค่อนข้างแผ่ราบจะใช้ดัชนีพื้นที่ใบเพียงประมาณ 3 เท่านั้น ในการรับแสงในปริมาณที่เท่ากันนี้ Loomis and Williams (1969) และ Chang (1971) รายงานว่าหากพืชพัฒนาพื้นที่ใบได้ไม่ถึงค่า Optimum LAI แล้ว พลังงานแสงส่วนหนึ่งจะสูญเปล่า พืชจะให้ผลผลิตไม่เต็มที่ อย่างก็ตาม การรับแสงของพืชจะไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับดัชนีพื้นที่ใบ ยกเว้นในระยะแรกของการเจริญเติบโตเท่านั้น (Monteith, 1981) การที่พื้นที่ใบของพืชจะรับแสงได้ดีมากน้อยแค่ไหนนั้น มิได้ขึ้นอยู่กับปริมาณพื้นที่ใบเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับรูปร่างและการเรียงตัวของใบ นอกจากนี้ทิศทางของแถวปลูกก็มีส่วนด้วยเช่นกัน (Charles-Edward and Thorpe, 1976) เนื่องจากอัตราการสะสมน้ำหนักแห้ง มีความสัมพันธ์โดยตรงกับเปอร์เซนต์การรับแสง ดังนั้น ผลผลิตพืชจึงมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับปริมาณพื้นที่ใบ ถ้ามีแสงมากกว่าจุดชดเชย (Shaw and Weber, 1967) นอกจากนี้ผลผลิตยังมีความสัมพันธ์กับ leaf area duration ด้วยซึ่งหมายถึง ผลรวมของพื้นที่ใบตลอดระยะการเจริญ (Meesorn-iem, 1979) โดยเฉพาะในช่วงหลังออกดอก (Halley, 1982)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การกระจายของแสงในทรงพุ่ม (Light distribution in canopy)

ลักษณะทรงพุ่มของพืชขึ้นอยู่กับโครงสร้างของต้น และการจัดเรียงตัวของใบและกิ่งก้าน ลักษณะทรงพุ่มที่แตกต่างกัน อาจมีผลต่อความสามารถในการให้ผลผลิตที่แตกต่างกันได้ (Halley, 1982) ทรงพุ่มที่แตกต่างกันนั้นนอกจากจะมีผลต่อการกระจายตัวของแสงภายในทรงพุ่มแล้ว ยังมีอิทธิพลต่อการไหลเวียนของอากาศและสภาพภูมิอากาศโดยรอบต้นพืชด้วย (Loomis and Williams, 1969)

Idso (1970) ได้จำแนกลักษณะของทรงพุ่มพืชออกเป็น 3 ประเภท ด้วยกัน คือ :-

1) Planophile เป็นลักษณะของพืชที่มีมุมใบอยู่ในแนวนอน เช่น ยาสูบ แตงกวา ถั่วเหลือง

2) Erectophile เป็นลักษณะพืชที่มีใบตั้งตรง ทำมุมกับแนวนอนมาก ๆ เช่นพืชตระกูลหญ้า และ

3) Plagiophile เป็นลักษณะสำหรับพืชที่มีใบทำมุมต่าง ๆ กระจายอย่างสม่ำเสมอ เช่นข้าวโพด

การส่องผ่านและการกระจายของแสงภายในทรงพุ่ม นับว่ามีบทบาทสำคัญต่อการสังเคราะห์แสงและผลผลิตของพืชโดยทั่ว ๆ ไปพบว่าพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงมักจะเป็นพันธุ์ที่มีการส่องผ่านหรือมีการกระจายแสงในทรงพุ่มดี การกระจายแสงที่ดีนั้นเอง จะมีผลทำให้ใบพืชหรือพื้นที่ใบรับแสงได้ทั่วถึงมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้มีการสังเคราะห์แสงมากขึ้นด้วย (Shaw and Weber 1967, Curtis et al 1969) การกระจายของแสงในทรงพุ่มของพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน (Larcher, 1980) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะรูปร่างของใบ การเรียงตัวของใบ และมุมส่องแสงของดวงอาทิตย์ ใบแต่ละชั้นในทรงพุ่มของพืชจะมีการรับแสงไว้ไม่เท่ากัน ใบที่อยู่ชั้นบนสุดจะรับแสงมากที่สุด และการรับแสงของใบชั้นล่าง ๆ ก็จะลดหลั่นลงไปตามกฎของเบียร์ (Beer's law) ดังนี้ :-

$$I = Io\ e^{-KL}$$

I คือ ปริมาณแสงในทรงพุ่ม ณ ตำแหน่งที่ต้องการวัด

Io คือ ปริมาณแสงเหนือทรงพุ่ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

K คือ สัมประสิทธิ์การส่องผ่านของแสง (Extinction coefficient)

L คือ ดัชนีพื้นที่ใบ และ

e คือ ฐานของล็อก (Base of Natural Logarithme)

จากสมการจะเห็นได้ว่า การส่องผ่านของแสงขึ้นอยู่กับ L และ K ถ้าแสงสามารถส่องผ่านไปยังชั้นล่าง ๆ ของทรงพุ่มได้ไม่ดี K จะมีค่าสูง ในทางตรงข้ามถ้าแสงส่องผ่านไปยังใบชั้นล่างได้ดี K จะมีค่าต่ำ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะรูปร่างของใบพืช เช่น มุมใบ ขนาดของใบ คุณสมบัติการสะท้อนและดูดกลืนแสงของใบและการจัดเรียงตัวของใบในทรงพุ่ม Brown (1984) รายงานว่าใบพืชที่ทำมุม 30, 45, 60 และ 85 องศากับแนวราบ จะให้ค่า K เท่ากับ 1.5, 1, 0.6 และ 0.1 ตามลำดับ และการส่องผ่านของแสงไปยังใบชั้นล่าง ๆ ได้ดีจะเป็นประโยชน์มากสำหรับพืชที่มีดัชนีพื้นที่ใบสูง ๆ (Williams and Joseph, 1973) ในสภาพที่ความเข้มแสงคงที่นั้น ความสัมพันธ์ระหว่างการสังเคราะห์แสงกับดัชนีพื้นที่ใบ จะผันแปรไปตามค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าว Luxmoore et al (1971) ทำการทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านของแสงในทรงพุ่มถั่วเหลืองพบว่าค่า K แตกต่างกันไปตามตำแหน่งของต้นโดยใบชั้นบนและกลางมีค่า K เท่ากับ 1.4 และ 0.35-0.82 ตามลำดับ และใบชั้นล่างจะมีค่าสูงกว่านี้เล็กน้อย Monteith (1969) ได้สร้างแบบจำลองของทรงพุ่มถั่วเหลืองเพื่อศึกษาการกระจายของแสงพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านมีค่าประมาณ 0.45 ส่วนนักวิจัยอื่น เช่น Sakamoto and Shaw (1967 a.) และ Singh et al (1968) รายงานว่าถั่วเหลืองมีค่า K ค่อนข้างสูง แสดงว่าถั่วเหลืองมีใบที่ค่อนข้างแผ่ราบ หรือนัยหนึ่งมีการกระจายของแสงในทรงพุ่มไม่ดีนัก

การจัดเรียงตัวของกิ่งก้านและใบที่แตกต่างกัน ทำให้พืชมีการรับแสงและให้ผลผลิตแตกต่างกันไป ในพืชบางชนิดอาจมีการเคลื่อนไหวใบตลอดทั้งวัน เพื่อให้รับแสงได้เต็มที่ (Brown, 1984) และมุมใบจะเปลี่ยนแปลงไปถ้าพืชได้รับความเข้มแสงเพิ่มมากขึ้น ปริมาณแสงที่ส่องมาส่วนใหญ่ จะถูกรับไว้โดยใบที่อยู่ส่วนบนและด้านข้างของทรงพุ่ม (Sakamoto and Shaw 1967 a., Singh et al 1968) สำหรับประสิทธิภาพการรับแสงของใบพืชนั้นพบว่าภายใต้สภาพที่มีแสงเต็มที่ พืชที่มีใบตั้งตรงจะมีประสิทธิภาพในการรับแสงหรือใช้แสงต่อพื้นที่สูงกว่าใบที่แผ่ราบถึง 4.5 เท่า เกี่ยวกับเรื่องนี้ Brown (1984)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ได้กล่าวว่า บนพื้นที่ที่ปกคลุมเท่ากันถ้าใบพืชนั้นค่อนข้างตั้งชัน หรือทำมุม 85° จากแนวนอน จะสามารถใช้ใบเรียงซ้อนกันได้ถึง 10 ใบ ในขณะที่ใบวางตัวตามแนวนอนหรือแผ่ราบจะใช้เพียงใบเดียวเท่านั้น ทั้งนี้เพราะการบังซึ่งกันและกันในใบที่ตั้งตรงมีน้อยกว่าใบที่แผ่ราบ อย่างไรก็ตามถ้าพืชมีดัชนีพื้นที่ใบน้อย ใบที่แผ่ราบจะรับแสง และมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงกว่าใบที่ตั้งตรง โดยเฉพาะเมื่อคิดต่อหน่วยพื้นที่ใบ (Williams and Joseph 1973, Halley 1982, Brown 1984) ดังนั้นใบที่แผ่ราบจึงมีประโยชน์มากในช่วงแรกของการเจริญเติบโต ส่วนใบที่ตั้งตรงจะทำให้พลังงานแสงสูญเสียไปมากในช่วงระยะเวลาดังกล่าว ลักษณะที่จะทำให้พืชมีความสามารถในการสะสมน้ำหนักแห้งได้สูงนั้น ใบพืชควรจะแผ่ราบในช่วงแรกของระยะการเจริญเติบโตและตั้งตรงในระยะหลังของการเจริญ ซึ่งทรงพุ่มจะเบียดชิดกันแล้ว (Monteith 1981, Halley 1982) อัตราการสังเคราะห์แสงของทรงพุ่มที่มีค่า K ต่ำ ๆ (ประมาณ 0.3) จะขึ้นอยู่กับความเข้มของแสง ซึ่งจะสามารถเพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสงขึ้นได้หากมีความเข้มแสงเพิ่มมากขึ้น หากค่า K ของทรงพุ่มสูง (ประมาณ 0.9) อัตราการสังเคราะห์แสงจะค่อนข้างคงที่คล้ายอิ่มตัวด้วยแสง ดังนั้นจึงสามารถเพิ่มผลผลิตพืชได้โดยการคัดเลือกพันธุ์ที่มีมุมใบที่จะเอื้ออำนวยต่อการส่องผ่านของแสงไปยังใบชั้นล่าง ๆ เพื่อให้ใบดังกล่าวได้รับแสงมากกว่าจุดชดเชยการผลิต ซึ่งจะช่วยส่งเสริมในการเพิ่มผลผลิตจากการใช้แสงได้เต็มที่แทนที่จะลดผลผลิตถ้าใบส่วนนั้นได้รับแสงต่ำกว่าจุดชดเชย

<u>ความหนาแน่นของต้นปลูกกับการเจริญและผลผลิต</u>

อัตราปลูกหรือความหนาแน่นของต้นปลูกมีอิทธิพลหรือบทบาทต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของพืชอันเป็นผลมาจากการแข่งขันในปัจจัยเพื่อการเจริญต่าง ๆ เช่น มีการแข่งขันหรือแก่งแย่งในเรื่องความชื้น แร่ธาตุอาหาร และแสงเป็นต้น ซึ่งผลสุดท้ายพืชจะแสดงให้เห็นในลักษณะต่าง ๆ กัน หลายประการเช่น การสะสมน้ำหนักแห้ง การพัฒนาพื้นที่ใบ ความสูง การหักล้ม และองค์ประกอบของผลผลิต สำหรับในเรื่องของการแก่งแย่งเพื่อแสงนั้น ความหนาแน่นของต้นปลูกจะเป็นตัวกำหนดการกระจายแสงภายในต้นและระหว่างต้น ซึ่งจะส่งผลถึงประสิทธิภาพของการรับและใช้แสงของพื้นที่ใบ โดยทั่วไปการรับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แสงจะเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาแน่นของต้นปลูกเพิ่มขึ้น อันเป็นผลมาจากพืชมีพื้นที่ใบมากขึ้น การแก่งแย่งในปัจจัยแสงของพืชที่ปลูกอยู่เดี่ยว ๆ จะแตกต่างไปจากที่อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม เพราะในกรณีหลังนี้ การแก่งแย่งแสงนอกจากจะเกิดขึ้นภายในต้นแล้วยังเกิดขึ้นในระหว่างต้นอีกด้วย การแก่งแย่งจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ ขนาด รูปร่าง ตำแหน่ง การเรียงตัว และชั้นของใบ (เฉลิมพล, 2526) การแข่งขันเพื่อแสงหรือการแก่งแย่งในปัจจัยเพื่อการเจริญอื่น ๆ จะเกิดขึ้นเมื่อพืชเริ่มโตแล้ว ในขณะที่พืชยังเล็กหรือยังเจริญไม่เต็มที่จะมีพื้นที่ใบน้อยและไม่บังซึ่งกันและกัน ทำให้ไม่เกิดการแก่งแย่งดังกล่าว และการแก่งแย่งภายในต้นและระหว่างต้นจะลดลงถ้าพืชได้รับแสงมากขึ้น ซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกันกับการแก่งแย่งในปัจจัย ความชื้น แร่ธาตุอาหาร และอื่น ๆ

ความหนาแน่นต้นปลูกที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง และที่สำคัญได้แก่ สภาพแวดล้อมและต้นพืชเอง เช่นลักษณะทรงพุ่ม การแตกกอหรือแขนง การหักล้มเป็นต้น Muchow and Charles-Edward (1982) รายงานถึงอัตราปลูกที่เหมาะสมสำหรับถั่วเขียวว่า เป็นอัตราที่สามารถทำให้ถั่วเขียวรับแสงได้เต็มที่ในช่วงติดฝักโดยจะต้องหลีกเลี่ยงการเฝือใบ ความหนาแน่นต้นปลูกที่ต่างกัน มีผลทำให้ระยะเวลาที่พืชได้รับแสงสูงสุดแตกต่างกัน ถ้าความหนาแน่นต้นปลูกต่ำ พืชต้องใช้เวลามากกว่าในการพัฒนาพื้นที่ใบหรือทรงพุ่มให้ชิดกันและรับแสงได้สูงสุด การเพิ่มอัตราปลูกให้มีความหนาแน่นมากขึ้นจะทำให้พืชมีการรับแสงในช่วงต้นของการเจริญเติบโตได้ดีขึ้นซึ่งจะเป็นประโยชน์มาก ดังนั้นจึงสามารถเพิ่มผลผลิตน้ำหนักแห้งของพืชที่มีใบตั้งตรงได้โดยการเพิ่มอัตราการปลูก และผลผลิตเมล็ดจะเพิ่มขึ้น ตามอัตราปลูกไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะถึงจุดที่อัตราปลูกนั้นให้การรับแสงได้อย่างสมบูรณ์หรือสูงสุด มีข้อที่ควรตระหนักอยู่ว่า ความหนาแน่นของต้นปลูกมิได้ขึ้นอยู่กับอัตราเมล็ดที่ใช้ปลูกเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับการจัดการเรื่องวิธีการปลูก เช่นการกำหนดระยะปลูกระหว่างต้น ระหว่างแถว และจำนวนต้นต่อหลุม เกี่ยวกับเรื่องนี้ Duncan (1986) ได้ชี้ให้เห็นว่าความหนาแน่นต้นปลูกที่เท่ากัน แต่ปลูกด้วยระยะระหว่างแถวแตกต่างกัน อาจทำให้ผลผลิตต่อพื้นที่แตกต่างกันได้

เยาวลักษณ์ (2518) ได้ศึกษาอิทธิพลของ microclimate ที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพของถั่วเหลือง โดยใช้ระยะระหว่างต้นต่าง ๆ กันพบว่า อัตราส่วนของแสงระหว่างใต้ทรงพุ่มกับเหนือทรงพุ่ม (transmission ratio) จะไม่มีความ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แตกต่างกันเฉพาะในระยะแรกของการเจริญเติบโตเท่านั้น เมื่อปลูกถั่วเหลืองด้วยระยะระหว่างต้นแคบลงจะมีผลทำให้ค่า transmission ratio คังกล่าวลดลง

อิทธิพลของอัตราปลูกต่อการสร้างและสะสมน้ำหนักแห้งในถั่วเหลืองนั้นพบว่า การใช้อัตราปลูกต่ำจะทำให้ลำต้นมีขนาดใหญ่ขึ้น แต่มีน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่น้อยเมื่อความหนาแน่นของต้นปลูกเพิ่มขึ้น ดัชนีพื้นที่ใบจะเพิ่มขึ้น จำนวนต้นล้มก็มีมากขึ้น แต่ก็ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วย (Buttery 1969 อ้างโดยเอ็จ 2521) จำนวนกิ่งก้านของถั่วเหลืองจะมีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับจำนวนต้นต่อพื้นที่ ส่วนอิทธิพลของอัตราปลูกต่อองค์ประกอบผลผลิตนั้นพบว่า จำนวนฝักต่อต้นจะผันแปรได้ง่ายที่สุด การปลูกถั่วเหลืองโดยใช้จำนวนต้นต่อพื้นที่ต่ำจะทำให้ได้จำนวนฝัก/ต้นเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกัน จำนวนเมล็ด/ฝักและน้ำหนัก 100 เมล็ด จะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ในขณะที่อัตราปลูกเปลี่ยนแปลงไป (อภิพรรณ, 2523) ผลผลิตของถั่วเหลืองจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราปลูกจาก 75,000 ต้นต่อเฮกตาร์เป็น 607,355 ต้นต่อเฮกตาร์ (Pook pakdi 1977 อ้างโดย วีระชัย 2528) เยาวลักษณ์ และคณะ (2526) ได้ศึกษาหาระยะปลูกที่เหมาะสมของถั่วเหลืองสายพันธุ์ 7016 พบว่า การปลูกโดยใช้ระยะระหว่างแถว 25 ซม. สายพันธุ์นี้จะให้ผลผลิตสูงกว่าที่ระยะระหว่างแถว 50 ซม. ไม่ว่าจะปลูกแบบเป็นหลุมหรือโรยเป็นแถว โดยใช้อัตราปลูก 2-6 ต้น/หลุม หรือ 10-30 ต้นต่อเมตร แต่สำหรับพันธุ์ 16-4 แล้วพบว่า การปลูกโดยใช้ระยะระหว่างแถว 25 ซม. และปลูก 6 ต้น/หลุม หรือ 30 ต้น/เมตร จะให้ผลผลิตสูง ส่วนถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 5 ในสภาพไร่ควรปลูกให้มีจำนวนต้น 4 ต้น/หลุม หรือ 20 ต้น/เมตร (วิธีโรยเป็นแถว) หรือ 64,000 ต้น/ไร่ การปลูกแบบโรยเป็นแถวจะให้ผลผลิตสูงกว่าปลูกแบบเป็นหลุมเล็กน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรทของใบพืช

ตามที่กล่าวมาแล้วว่า ใบเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของพืช ที่ทำการสังเคราะห์แสงหรือผลิตคาร์โบไฮเดรท เพื่อการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต แต่อย่างไรก็ตามใบพืชเอง ในบางขณะก็เป็นแหล่งใช้คาร์โบไฮเดรทจากใบอื่น นั่นคือในใบพืชใบเดียวกันนั้นเป็นทั้งแหล่งผลิตและรับคาร์โบไฮเดรท หรือที่เรียกว่าเป็นทั้ง Source และ Sink (Evan.

1975) ดังจะเห็นได้ว่าใบในขณะที่ยังอ่อนอยู่ หรือใบที่ถูกบังแสงมากเกินไปมีความต้องการอาหารจากใบอื่นมาเลี้ยงตัว Chang (1971) และ Weil and Ohlrogge (1976) กล่าวว่าหากใบล่างสุดของทรงพุ่มของพืชได้รับแสงต่ำกว่าจุดชดเชย หมายความว่าใบนั้นจะมีการสังเคราะห์แสงต่ำกว่าการหายใจซึ่ง Sakamoto and Shaw (1967 b.) เสนอไว้ว่ามีความเข้มแสงประมาณ 1,000 - 1,500 แรงเทียน ในกรณีเช่นนี้ใบนั้นมีความต้องการอาหารจากใบอื่นมาสนับสนุนหรือเลี้ยงตัว โดยการเคลื่อนย้ายจากใบบนโดยเฉพาะเมื่อใบล่างแก่และใบที่ได้รับแสงน้อยกว่าจุดชดเชยจะดำรงชีวิตอยู่ได้ในช่วงเวลาหนึ่งจนกว่าจะสูญเสียน้ำหนักแห้งไปประมาณ 1/3 ถึง 2/3 ของน้ำหนักแห้งของมัน สำหรับการเคลื่อนย้ายสารอาหารในถั่วเหลืองนั้น Gent (1982) ได้ทำการทดลองกับถั่วเหลืองที่ถูกทำให้มีลักษณะทรงต้นเป็นรูปตัว Y ที่กิ่งหนึ่งมีพื้นที่ใบเป็น 3 เท่าของอีกกิ่งหนึ่งแล้วรายงานว่า มีการเคลื่อนย้ายอาหารจากใบบนกิ่งที่มีการเด็ดฝักไปยังฝักบนกิ่งที่มีการเด็ดใบออก แต่อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อหน่วยพื้นที่ใบกับอัตราการเจริญเติบโตของฝักนั้น ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใดแม้มีการเด็ดใบหรือฝักออก โดยธรรมชาติแล้วถั่วเหลืองเป็นพืชที่สร้างใบเป็นจำนวนมากเกินความจำเป็นทำให้ทรงพุ่มมีความหนาแน่นมาก Evan (1975) ได้รายงานว่าสามารถตัดใบถั่วเหลืองออกได้ถึง 2 ใน 3 โดยไม่กระทบต่อผลผลิต ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเทคนิควิธีการตัดด้วย เพราะเมื่อมีการตัดใบออก ใบที่เหลืออยู่อาจรับแสง และทำการสังเคราะห์แสงได้อย่างเพียงพอหรือเพิ่มอัตราการเคลื่อนย้ายอาหาร หรืออัตราการสังเคราะห์แสงในใบที่เหลืออยู่เพิ่มขึ้นชดเชยกับใบที่ถูกตัดออกไป (Hansen, 1977) แต่จากการทดลองของ Egli and Leggett (1976) พบว่าเมื่อเด็ดใบถั่วเหลืองออก 66% แม้จะไม่มีผลต่อจำนวนฝักแต่ก็ทำให้ผลผลิตลดลงได้ เพราะมีแนวโน้มที่จะให้จำนวนเมล็ดต่อต้นน้อยและขนาดเมล็ดเล็กลง ส่วนสุพรรณ (2518) รายงานว่า ในระยะที่ถั่วเหลืองออกดอก การเด็ดใบออกเป็นปริมาณ 75 ถึง 100% เท่านั้นที่ทำให้ผลผลิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved