# หน่วยที่ 9

## การรับแสงและการใช้แสงของพืชไร่

ใบเป็นอวัยวะส่วนสำคัญของพืชที่ทำหน้าที่รับแสงและสังเคราะห์แสง น้ำหนัก (แห้ง) ของพืชทั้งต้นที่ปรากฏให้เห็นเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการสังเคราะห์แสงทั้งสิ้น การสังเคราะห์แสงขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยและในระหว่างปัจจัยจ่างๆ แสงนับว่าเป็นปัจจัยที่พืชมีประสิทธิภาพในการใช้ได้ต่ำมาก เนื่องจากพืชมีข้อจำกัดในการรับแสงและใช้แสงอยู่หลายประการ เช่น โครงสร้างทรงพุ่มทึบใบบนบังแสงใบล่าง รวมทั้งสภาพแวดล้อมที่ทำให้พืชใช้แสงได้ไม่เต็มที่ เช่น ความชื้นในดินต่ำ อุณหภูมิอากาศไม่เหมาะสม ผลจากการศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าพืชสามารถใช้แสงได้เพียง 10 เปอร์เซ็นต์ จากแสงทั้งหมดที่ส่องลงมายังต้นพืช แต่ถ้าเป็นสภาพไร่นาแท้จริงพืชใช้แสงได้เพียง 2 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ดังนั้นการจัดการด้านการปลูกเพื่อให้พืชมีประสิทธิภาพการรับแสงเพิ่มขึ้นจึงมีความสำคัญเพราะจะส่งผลให้พืชสร้างผลผลิตได้มากขึ้น

การพัฒนาใบและดัชนีพื้นที่ใบและดัชนีพื้นที่ใบ

ในการเพาะปลูกพืชไร่ส่วนใหญ่จะเริ่มด้วยการใช้เมล็ดปลูกเป็นหลัก และหลังจากที่เมล็ดงอกเจริญพ้นผิวดิน และการพัฒนาการทางด้านการเพิ่มพื้นที่ใบจะเพิ่มขึ้นเป็นลำดับตามอายุของพืช และให้พื้นที่ใบสูงสุดเมื่อพืชเจริญถึงระยะออกดอกจากนั้นพื้นที่ใบจะลดลงเป็นลำดับ เนื่องจากการร่วงหล่นหรือแห้งเหี่ยวตายไปตามอายุขัย ในทางพืชไร่เราจะให้ความสนใจหรือให้ความสำคัญของพื้นที่ใบต่อพื้นที่ดิน (ที่พืชนั้นปกคลุมอยู่) มากกว่าการให้ความสำคัญพื้นที่ใบต่อต้น อัตราส่วนพื้นที่ใบต่อพื้นที่ดินนี้เรียกว่าดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index, LAI) ตัวอย่างเช่น ปลูกพืชชนิดหนึ่งด้วยระยะปลูก 50x50 ซม. ซึ่งเท่ากับความหนาแน่น 4 ต้น/ตารางเมตร และสมมุติว่าสุ่มตัวอย่างพืชนั้น 8 ต้น (พื้นที่เก็บตัวอย่าง 2 ตารางเมตร) และเมื่อวัดพื้นที่ใบรวมทั้ง 8 ต้น แล้วได้ 6 ตารางเมตร นั่นแสดงว่ามีดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) เท่ากับ 6 ÷ 2 = 3

การพัฒนาของ LAI เป็นไปในลักษณะเดียวกันกับพื้นที่ใบต่อต้น กล่าวคือ จะเปลี่ยนแปลงไปตามอายุและการเปลี่ยนแปลงนี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะปลูกหรือความหนาแน่นของต้นพืช นอกจากนั้นปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่นๆเช่นความอุดมสมบูรณ์ของดินนับว่ามีผลอย่างยิ่ง

ตัวอย่างในตารางที่ 9.1 เปรียบเทียบการพัฒนา LAI ของถั่วเหลือง 4 พันธุ์ ที่มีอายุและขนาดของทรงพุ่มต่างกันจะเห็นว่าพันธุ์สุโขทัย 1 (สท.1) และ ชม. 60 มี LAI สูงสุดที่ระยะ R5 ส่วนพันธุ์ สจ. 5 และ มช. 001 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีอายุยาวและมีทรงพุ่มใหญ่กว่า 2 พันธุ์แรกมี LAI สูงสุดที่ระยะ R3 และลดลงที่ระยะ R5 ทั้งภายใต้ความหนาแน่น 8 และ 32 ต้นต่อตารางเมตร ที่เป็นเช่นนี้เพราะ พันธุ์ สจ.5 และ มช. 001 มีทรงพุ่มใหญ่กว่าจึงทำให้ใบเบียดบังกันใบล่างถูกใบบนบังแสงทำให้ใบล่างๆ ร่วงหล่นเร็วกว่าปกติ

**ตารางที่ 9.1** ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ที่ระยะการเจริญต่างๆ ของถั่วเหลือง 4 พันธุ์ (มนกฤต์, 2538 อ้างโดย เฉลิมพล, 2542)

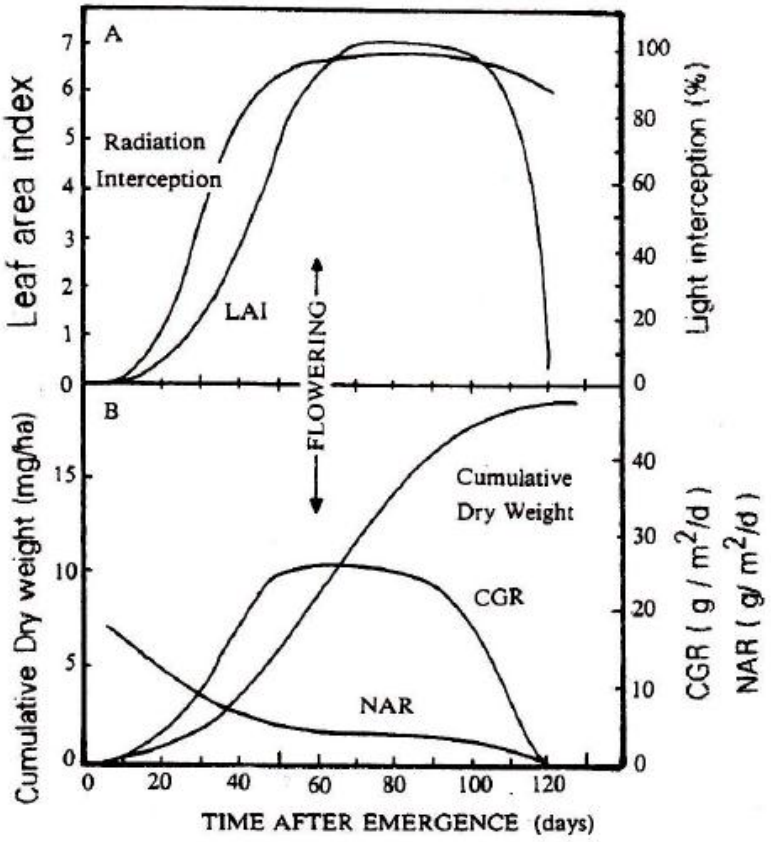
| พันธุ์ | ความหนาแน่น | ระยะการเจริญ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ต้น/ตร.ม. | V6 | R1 | R3 | R5 |
| สท. 1 | 8 | 0.28 | 0.87 | 1.17 | 2.29 |
| | 32 | 1.10 | 2.32 | 2.86 | 4.38 |
| ชม. 60 | 8 | 0.34 | 1.17 | 1.71 | 2.30 |
| | 32 | 1.18 | 2.64 | 4.06 | 4.73 |
| สจ. 5 | 8 | 0.54 | 1.62 | 3.50 | 3.50 |
| | 32 | 1.51 | 3.78 | 5.81 | 4.48 |
| มช. 001 | 8 | 0.64 | 2.57 | 4.15 | 2.87 |
| | 32 | 1.88 | 3.84 | 5.76 | 3.74 |

**ความสัมพันธ์ระหว่าง LAI กับการรับแสง**

การรับแสง (light interception) ของพืชขึ้นอยู่กับ LAI การรับแสงจะเพิ่มขึ้นตาม LAI ที่เพิ่มขึ้น จุดมุ่งหมายของการจัดการเรื่องระยะปลูกหรือความหนาแน่นของต้นปลูกก็เพื่อให้พืชนั้นมี LAI ปกคลุกพื้นที่ดินอย่างสนิทและพอดีกับระยะที่พืชนั้นสิ้นสุดการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ จึงจะทำให้พืชปลูกนั้นสามารถรับแสงที่ส่องลงมาได้ทั้งหมด ดังนั้นการปลูกด้วยระยะปลูกที่ห่างหรือใช้ความหนาแน่นต่ำเกินไปเมื่อการเจริญของพืชถึงระยะสิ้นสุดการเจริญทางลำต้นและใบทรงพุ่มของพืชก็จะยังไม่ประสานชิดกันจะมีช่องว่างระหว่างต้นเกิดขึ้น ในกรณีเช่นนี้ก็จะทำให้แสงบางส่วนที่ส่องลงมาสูญเสียไปกับการเผาผลาญผิวดินโดยเปล่าประโยชน์ เมื่อเป็นเช่นนี้การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชต่อพื้นที่จะไม่สูง แต่ในทางตรงกันข้ามถ้าปลูกด้วยความหนาแน่นที่สูงเกินไป (ปลูกถี่) ทรงพุ่มของพืชแต่ละต้นก็จะเริ่มเกิดการเบียดบังแสงกันตั้งแต่พืชยังไม่สิ้นสุดการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ กรณีนี้ใบจะหนาแน่นเกินไปใบบังแสงกันเองเรียกว่าเฝือใบ ใบล่างแทนที่จะได้สังเคราะห์แสงสร้างอาหาร กลับถูกบังแสงจากใบบนและต้องอาศัยอาหารจากใบบนมาใช้ เมื่อเป็นเช่นนี้การเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตก็ถูกจำกัด ดังนั้นจึงควรใช้ความหนาแน่นในการปลูกพืชที่จะทำให้ได LAI ถึงจุดที่เมาะสมในเวลาที่พืชหยุดการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบพอดี

ในระยะแรกของการเจริญพืชจะมีพื้นที่ใบน้อยพลังงานแสงส่วนใหญ่จึงสูญเสียไปกับการเผาผลาญพื้นที่ดินและอากาศ แสงที่ส่องลงไปยังพื้นดินเหล่านี้สูญเสียไปเปล่าไม่ได้นำมาใช้ในการสังเคราะห์แสงของพืชทั้งยังอาจส่งผลกระทบต่อพืชในทางอ้อม เช่นทำให้อุณหภูมิอากาศและดินรอบต้นพืชสูงขึ้น ทำให้พืชคายน้ำมากขึ้น แต่ในระยะแรกของการเจริญใบพืชมีการบังแสงกันน้อยมาก ใบแต่ละใบได้รับแสงอย่างเต็มที่แต่ประสิทธิภาพการใช้แสงต่อพื้นที่ที่ใช้เพาะปลูกยังต่ำ ต่อมาเมื่อพืชเจริญเติบโตมากขึ้นมีพื้นที่ใบมากขึ้นการบังแสงระหว่างใบพืชทั้งในต้นเดียวกันและระหว่างต้นก็มากขึ้นไปด้วย ดังนั้นการศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืชในระยะนี้ควรเปรียบเทียบกันบนฐานต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ดินที่พืชนั้นขึ้นอยู่ นั่นคือค่า Crop growth rate ไม่ควรเปรียบเทียบต่อต้นในรูปของ Relative growth rate จากที่กล่าวมานี้จะเห็นได้ว่า LAI สามารถใช้เป็นดัชนี

หนึ่งที่บอกถึงความสามารถในการรับแสงและสังเคราะห์แสง ความสัมพันธ์ระหว่าง LAI และเปอร์เซ็นต์การรับแสงแสดงไว้ในภาพที่ 9.1 จากภาพ เมื่อพืชมีการพัฒนา LAI เพิ่มมากขึ้น พืชก็รับแสงได้มากขึ้น ในระยะแรกๆ ของการเจริญเติบโตพืชมีการรับแสงน้อยมากเพราะพืชมีพื้นที่ใบน้อยและการสะสมพื้นที่ใบยังอยู่ระในระยะที่เรียกว่า exponential phase หลังจากพ้นระยะนี้ไปแล้วพืชจะมีการสะสมพื้นที่ใบและรับแสงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และรับแสงสูงสุดเมื่อมีพื้นที่ใบปกคลุมเต็มพื้นที่




**ภาพที่ 9.1** ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) การรับแสง (light interception) และอัตราการเจริญ (CGR, NAR) ของพืชประเภทฤดูเดียว (Gardner *et al*., 1985 อ้างโดย เฉลิมพล, 2542)

พืชจะรับแสงได้สูงสุด (ต่อพื้นที่) เมื่อพืชนั้นมีพื้นที่ใบแผ่ปกคลุมพื้นที่ดินนั้นอย่างสนิท และถึงแม้ว่าพืชจะมีพื้นที่ใบมากไปกว่านี้ก็ไม่ได้รับแสงมากขึ้น และเมื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์การรับแสงโดยใช้เครื่องมือวัดแสงปรากฏว่า จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์การรับแสงสูงสุดเพียงร้อยละ 95 ของแสงที่ส่องลงมาทั้งหมดเท่านั้น ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากมีผลที่เกิดจากการสะท้อนของแสงเมื่อตกกระทบกับใบพืชดังนั้นเมื่อพืชมี LAI รับแสงได้ร้อยละ 95 ในวันแรก (ต่อไปจะเรียกว่า LAI 95) ถือว่า ณ วันนั้นพืชได้รับแสงสูงสุดหรือมี LAI ในระดับที่เหมาะสมถึงแม้จะมี LAI มากไปกว่านี้ก็ไม่ได้รับแสงมากขึ้น แต่กลับเป็นผลเสียกับพืชในด้านการเจริญเติบโต พืชแต่ละชนิดมี LAI 95ไม่เท่ากันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของทรงพุ่ม พืชที่มีทรงพุ่มให้แสงกระจายตัวดี เช่นใบตั้งเรียวเล็ก จะมี

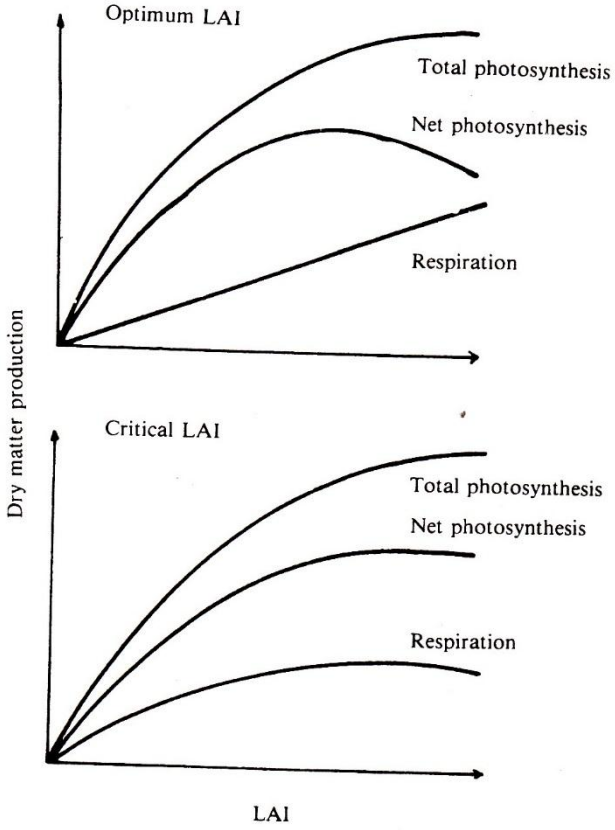
LAI 95 สูง กว่าพืชที่มีใบแผ่กว้างในทางราบ ตัวอย่างเช่น ข้าวโพดหรือข้าวพันธุ์ปรับปรุงมี LAI 95 = 5.0-6.0 ในขณะที่ถั่วเหลืองจะมี LAI 95 = 3.0-3.5

**ความสัมพันธ์ระหว่างLAI กับอัตราการเจริญ**

อัตราการเจริญของพืชอาจอธิบายได้ 2 ลักษณะคือ อัตราการเจริญ (น้ำหนักแห้ง) ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ดิน (crop growth rate, CGR) และอัตราการเจริญต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ใบ (net assimilation rate, NAR) เมล็ดพืชหลังจากงอก LAI จะเพิ่มขึ้นเป็นลำดับตามอายุขัยของพืชเมื่อ LAI เพิ่มขึ้นการรับแสงก็เพิ่มขึ้นส่งผลให้มี CGR เพิ่มเป็นลำดับเช่นกัน แต่ NAR จะลดลง (ภาพที่ 9.1) เป็นเพราะเมื่อพืชมี LAI เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีการบังแสงระหว่างใบมากขึ้น จากผลงานศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่าง LAI กับ CGR ของ Brougham (1956) และ Watsan (1958) อ้างโดย เฉลิมพล (2542) แสดงให้เห็นว่า LAI กับ CGR มีความสัมพันธ์กันใน 2 รูปแบบคือ แบบ critical LAI และ Optimum LAI ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช

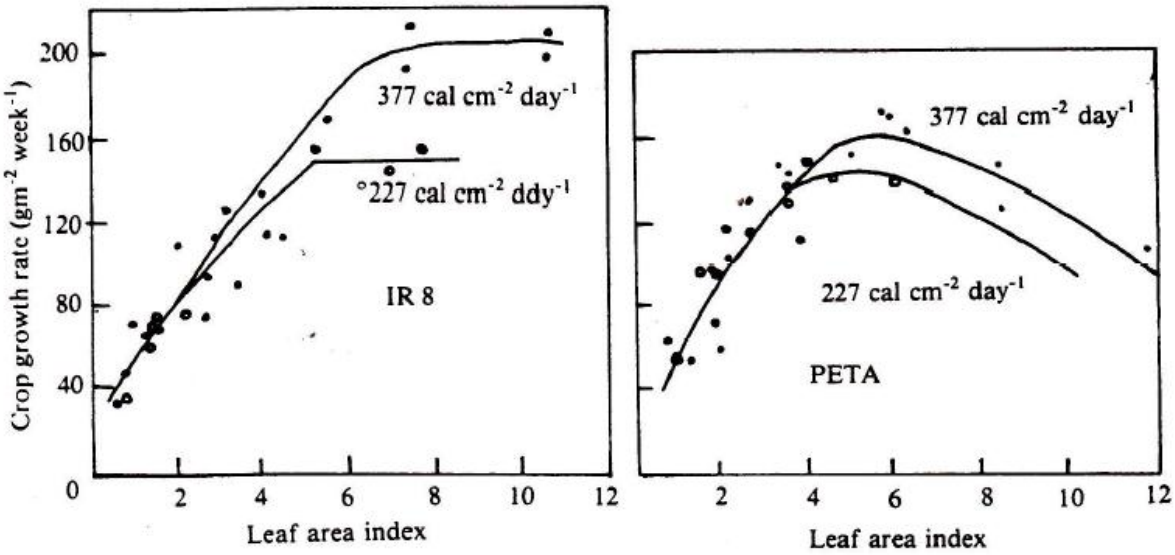
Brougham (1956) ได้ศึกษากับพืชอาหารสัตว์ พบว่า CGR เพิ่มขึ้นตาม LAI ที่เพิ่มขึ้นและถึงจุดสูงสุดเมื่อพืชรับแสงได้ร้อยละ 95 ซึ่งในขณะนั้นพืชมี LAI ประมาณ 5.0 ถึงแม้พืชจะมี LAI มากกว่านี้ CGR ไม่ได้เพิ่มขึ้นและไม่ลดลง Brougham จึงได้ให้ความหมายของความสัมพันธ์หรือการตอบสนองแบบนี้ว่า Critical LAI ต่อมา Watson (1958) ได้ศึกษาในรูปแบบเดียวกันทำกับพืชคนละชนิดโยทำใน Kale (คล้ายคะน้า) และ Sugar beets พบความสัมพันธ์แตกต่างไปจากการทดลองของ Brougham โดยเมื่อพืชมี CGR ถึงจุดสูงสุดแล้ว (LAI ประมาณ 3.5) และ LAI ยังเพิ่มขึ้นอีก CGR จะลดลงและเรียกการตอบสนองแบบนี้ว่า Optimum LAI

มูลเหตุสำคัญที่ทำให้พืชที่การตอบสนองที่แตกต่างกันคือพืชทั้งสองมีอัตราการหายใจแตกต่างกันเมื่อมี LAI สูงกว่า LAI 95 (ภาพที่ 9.2) พืชที่มีการตอบสนองแบบ Critical LAI นั้น อัตราการหายใจไม่ได้เพิ่มขึ้นตาม LAI ที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น Net photosynthesis (Total photosynthesis – respiration) จึงไม่ลดลง แต่ในพืชที่มีการตอบสนองแบบ optimum LAI นั้นอัตราการหายใจยังเพิ่มขึ้นและเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรง จึงส่งผลให้ net photosynthesis ลดลงทั้งนี้เนื่องจากพืชที่มีการตอบสนองแบบ Optimum LAI นั้น ใบบนจะมีการบังแสงใบล่างมาก (แสงส่องถึงใบล่างน้อย) ทำให้ใบล่างมีอัตราการสังเคราะห์แสงต่ำกว่าอัตราการหายใจ ในทางตรงกันข้ามพืชที่มีการตอบสนองแบบ Critical LAI ใบล่างถึงแม้ถูกบังแสงจากใบบนแต่ก็ยังมีเพียงพอที่ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงเท่ากับอัตราการหายใจ ที่เป็นเช่นนี้เพราะพืชทั้งสองมีทรงพุ่มที่เอื้ออำนวนต่อการส่องผ่านของแสงในทรงพุ่มต่างกัน




**ภาพที่ 9.2** ความสมพนธระหวาง LAI กบอตราการหายเจของพชทมการตอบสนองแบบ Optimum LAI และ Critical LAI (Gasdner et al., 1985)

ภาพที่ 9.3 เปรียบเทียบอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งในรูป CGR ระหว่างข้าวพันธุ์ IR8 ซึ่งเป็นพันธุ์ปรับปรุงกับพันธุ์ Peta ซึ่งเป็นพันธุ์พื้นเมือง พันธุ์ IR8 แสดงการตอบสนองแบบ critical LAI กล่าวคือ CGR มิได้มีค่าลดลงถึงแม้ว่าจะมี LAI สูงกว่า LAI ที่เหมาะสมแล้วก็ตาม แต่ในพันธุ์ Peta แสดงการตอบสนองแบบ optimum LAI นั่นคือ CGR ลดลงเป็นลำดับเมื่อ LAI สูงกว่า LAI ที่เหมาะสม จากภาพที่ 5.4 มีข้อน่าสังเกตว่า ข้าวทั้งสองพันธุ์มี LAI ที่ เหมาะสมและ CGR สูงสุดแตกต่างกัน พันธุ์ IR8 จะมีLAI ที่เหมาะสมที่ประมาณ 6.0 ส่วนพันธุ์ Peta มี LAI ที่เหมาะสมประมาณ 4.5 และเมื่อความเข้มของแสงเปลี่ยนค่า LAI ที่เหมาะสมของแต่ละพันธุ์ก็เปลี่ยนไปด้วยโดย เมื่อความเข้มของแสงเพิ่มขึ้นค่า LAI ที่เหมาะสมก็เพิ่มขึ้นตาม




**ภาพที่ 9.3** แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง LAI และอัตราการเจริญของข้าวพันธุ์ IR8 และ Peta ที่พลังงานแสงแตกต่างกัน

**การส่องผ่านและกระจายแสงในทรงพุ่ม**

ตามที่กล่าวมาแล้วแสดงให้เห็นว่า LAI เป็นดัชนีหนึ่งที่บ่งบอกถึงการรับแสงของพืชการรับแสงของพืชจะเพิ่มขึ้นตาม LAI ที่เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม LAI สูงก็มิได้หมายความว่าพืชนั้นรับแสงได้มากเสมอไป อาจจะมีแต่เฉพาะใบบนเท่านั้นที่รับแสงได้เต็มที่ แต่ใบล่างอาจได้รับแสงน้อยหรือไม่ได้รับแสงเลยเพราะถูกใบบนบังแสงกรณีนี้การที่มี LAI เพิ่มขึ้นอาจไม่ทำให้การสังเคราะหแสงสูงขึ้นก็ได้ แต่หากการเพิ่มขึ้นของ LAI ไม่ก่อให้เกิดการบังแสงระหว่างใบพืชมากนัก และการกระจายของแสงในทรงพุ่มดีทุกใบมีโอกาสรับแสง ในกรณีนี้การเพิ่มขึ้นของ LAI จะทำให้พืชมีการสังเคราะห์แสงมากขึ้น

ลักษณะของทรงพุ่มพิจารณาจากองค์ประกอบที่สำคัญคือ การทำมุมของใบ (Leaf angle) รูปร่างของใบ (Leaf shape) การเรียงตัวของใบ (Leaf rotation) และความหนาของใบ การเรียงตัวของใบเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ทรงพุ่มที่มีมุมของใบแคบ (ใบตั้งชัน) แสงจะส่องผ่านได้ดีกว่า ทรงพุ่มที่มีใบแผ่กว้างในแนวนอนจะมีการบังแสงระหว่างใบมากกว่าทำให้การกระจายของแสงในทรงพุ่มไม่ดี รูปร่างใบที่แคบเรียวและไม่ยาวจนเกินไปแสงจะส่องผ่านได้ดีกว่า ใบที่หนาแสงย่อมทะลุผ่านใบได้น้อยกว่าใบที่บาง

**ปัจจัยที่เป็นตัวกำหนด LAI**

นักสรีรวิทยาพืชไร่มีความต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการรับแสงของพืชไร่ให้พืชใช้พลังงานแสงเพื่อกิจกรรมการสังเคราะห์แสงได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ สิ่งหนึ่งที่จะทำได้คือทำให้พืชมี LAI เพิ่มขึ้นเร็วที่สุด และมี LAI 95 สูง ซึ่ง LAI อยู่ภายใต้อิทธิพลของหลายปัจจัยคือ พันธุกรรม ระยะปลูก ความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยเฉพาะไนโตรเจนในดิน ภูมิอากาศ การปฏิบัติดูแลรักษา จากปัจจัยที่กล่าวมานี้ ระยะปลูกและไนโตรเจนในดินนับว่า

เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลมากต่อการสร้าง LAI ของพืช LAI จะเพิ่มขึ้นตามความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นหรือได้รับปุ๋ยมากขึ้น (ในกรณีขาดไนโตรเจน) ดังนั้น การเพิ่ม LAI สามารถทำได้โดยการเพิ่มความหนาแน่นหรือเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนหรือใช้ทั้งสองปัจจัยควบคู่กัน แต่จะใช้ปัจจัยใดมากน้อยแค่ไหนนั้นจะต้องขึ้นอยู่กับอีกปัจจัยหนึ่ง เพราะว่าทั้งสองปัจจัยมีความสัมพันธ์ร่วมกัน เช่น ถ้าดินมีความอุดมสมบูรณ์ของไนโตรเจนต่ำก็ต้องใช้ความหนาแน่นมากขึ้น (ปลูกให้ถี่ขึ้น) หรือถ้าดินมีไนโตรเจนสูงความหนาแน่นก็จะต้องลดลงมิฉะนั้นแล้วพืชจะเกิดการเฝือใบ ถ้ายังฝืนใช้ความหนาแน่นสูง ด้วยเหตุนี้จึงมีคำกล่าวให้ตระหนักเกี่ยวกับเรื่องนี้ว่า ดินเลวให้ปลูกถี่ ดินดีให้ปลูกห่าง ดังนั้นความหนาแน่นหรือระยะปลูกที่เหมาะสมสำหรับพืชใดพืชหนึ่งจะไม่คงที่เสมอไปจะต้องขึ้นอยู่กับไนโตรเจนในดินหรือการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนด้วย ตัวอย่างเช่น ระยะปลูก 25x75 เซนติเมตร สำหรับข้าวโพดอาจจะเหมาะสมสำหรับที่แห่งหนึ่ง แต่อาจจะไม่เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกอื่นที่มีความอุดมสมบูรณ์ของไนโตรเจนสูงหรือต่ำกว่าเป็นต้น นอกจากนี้ระยะปลูกยังขึ้นอยู่กับความชื้นของดินและลักษณะภูมิอากาศอื่นๆ อีกรวมทั้งการทำลายพื้นที่ใบของศัตรูพืชต่างๆ ด้วย

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า การจัดการเรื่องระยะปลูกและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนนำไปสู่การเพิ่มผลผลิต เพราะการจัดการทั้งสองประการดังกล่าวมีผลโดยตรงทำให้ LAI เพิ่มขึ้นการรับแสงและการสังเคราะห์แสงก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย และทำให้ผลผลิตพืชเพิ่มขึ้นในที่สุด

**ข้อพิจารณาในการกำหนดระยะปลูกที่เหมาะสม**

เป้าหมายหลักของการจัดระยะปลูก หรือ ความหนาแน่นของต้นปลูกก็เพื่อให้พืชมีพื้นที่ใบปกคลุมพื้นผิวดินอย่างสมบูรณ์ พร้อมกับที่พืชสิ้นสุดการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบพอดีซึ่งระยะปลูกที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติต่างๆ ของพืชดังต่อไปนี้

<u>1. ขนาดของต้น (ทรงพุ่ม)</u> พื้นที่ใบต่อต้นจะเป็นตัวกำหนดจำนวนต้นปลูกต่อพื้นที่เพื่อการพัฒนา LAI 95 ตัวอย่างเช่น สมมุติว่าข้าวโพดพันธุ์หนึ่งมีพื้นที่ใบต่อต้นสูงสุดเท่ากับ 1.0 ตารางเมตร และพันธุ์นี้มี LAI 95 = 6.0 ดังนั้น จะต้องปลูกข้าวโพดพันธุ์นี้ด้วยความหนาแน่น 6 ต้นต่อตารางเมตร ถึงจะได้ LAI 95 ตามต้องการ แต่อย่างไรก็ต้องตระหนักว่ารูปร่างและการทำมุมของใบยังมีอิทธิพลที่เปลี่ยนแปลง LAI 95 ได้ดังกล่าวมาแล้ว ศักยภาพของพื้นที่ใบต่อต้นขึ้นอยู่กับพันธุกรรม

<u>2. การแตกกอหรือกิ่งก้าน</u> การแตกกอ (tillering) ของพืชตระกูลหญ้าหรือการแตกกิ่งก้าน (branching) ของพืชตระกูลถั่วบางชนิด เป็นลักษณะหนึ่งของการปรับตัวของพืชที่จะเพิ่มพื้นที่ใบต่อต้นให้มากและเร็วเพื่อครอบครองพื้นที่เร็วที่สุด และความหนแน่นนับว่าเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่อลักษณะทั้งสองกล่าวคือทั้งการแตกกอและการแตกกิ่งก้านจะลดลงเมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้นและส่งผลให้พื้นที่ใบต่อต้นลดลง แต่ LAI อาจจะไม่ลดลง ทั้งนี้เพราะพื้นที่ใบต่อต้นที่ลดลงจะถูกชดเชยด้วยพื้นที่ใบจากจำนวนต้นที่เพิ่มขึ้น ด้วยคุณสมบัติที่มีลักษณะยืดหยุ่นเช่นนี้ผลผลิตอาจเปลี่ยนแปลงไปไม่มากนักเมื่อความหนาแน่นเปลี่ยนแปลงไประดับหนึ่ง ในทางตรงกันข้ามพืชที่ไม่มีการแตกกอหรือแตกกิ่งก้านซึ่งเป็นพืชที่มีลำต้นเดี่ยว (single stem) เช่น ข้าวโพด ทั้ง LAI และผลผลิตจะเปลี่ยนแปลงได้ง่ายเมื่อความหนาแน่นเปลี่ยนไป ดังนั้น จึงเห็นได้ว่าถั่ว

เหลืองมีการตอบสนองต่อความหนาแน่นที่เหมาะสมกว้างกว่าข้าวโพด ความหนาแน่นที่เหมาะสมสำหรับข้าวโพดจึงมีช่วงแคบๆ หรือเฉพาะเจาะจงมากกว่าของถั่วเหลือง

3. การหักล้ม (Lodging) การเพิ่มความหนาแน่นมีผลทำให้พืชมีการบังแสงกันมากขึ้นนอกจากส่งผลกระทบต่อการสังเคราะห์แสงและสร้างผลผลิตโดยตรงแล้ว ยังอาจส่งผลต่อความแข็งแรงของลำต้น กล่าวคือพืชที่มีการบังแสงกันมากลำต้นจะอ่อนแอ พืชมีการยืดตัวสูงขึ้นเพื่อแข่งขันกันรับแสงทำให้ลำต้นเล็กเรียวปล้องยาวอ่อนแอ ทำให้หักล้มได้ง่าย และทำให้ผลผลิตเสียหายในที่สุด ดังนั้นการใช้ความหนาแน่นสูงเพื่อเพิ่มผลผลิตจะต้องคำนึงถึงเรื่องนี้ด้วย

4. ศักยภาพของผลผลิต การสร้างจำนวนดอกของพืชบางชนิดจะอ่อนไหวเมื่อเกิดการบังแสงขึ้น เมื่อเป็นเช่นนี้จะส่งผลให้ศักยภาพการสร้างผลผลิตของพืชนั้นลดลงได้อันเป็นผลจากการแบ่งปันส่วนสารสังเคราะห์ ที่จะมาเลี้ยงส่วนที่เจริญเป็นผลผลิตนั้นลดลง

**ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพืชกับความหนาแน่น**

1. การแข่งขัน (Competition):

พืชเมื่อปลูกอยู่ร่วมกันจะมีการแข่งขันการใช้ปัจจัยการเจริญเติบโตเช่น แสง น้ำ ธาตุอาหาร โดยการแข่งขั้นอาจเป็นการแข่งขันระหว่างต้นพืช (Interplant competition) และการแข่งขันภายในพืชต้นเดียวกัน (intraplant competition) หากปลูกด้วยความหนาแน่นต่ำปลูกโดยใช้ระยะปลูกห่างในระยะแรกของการเจริญเติบโตการแข่งขันในทั้งสองลักษณะจะเกิดขึ้นน้อยมาก พืชแต่ละต้นเจริญเติบโตสร้างน้ำหนักแห้งได้เต็มที่ แต่เมื่อพืชเจริญเติบโตทางแพร่ขยายพันธุ์มีการ พืชมีการสร้างดอกผสมเกสรติดเมล็ด เมื่อมีการสะสมน้ำหนักเมล็ดก็ย่อมมีการแก่งแย่งสารอาหารจากส่วนอื่นๆ ของพืชมาสะสมยังเมล็ด แต่ละเมล็ด แต่หสกปลูกด้วยความหนาแน่นสูงจะพบการแข่งขันระหว่างต้นเกิดขึ้นมากและอาจเกิดขึ้นก่อนระยะออกดอก เมื่อเป็นเช่นนี้ผลผลิตก็ลดลงได้เนื่องจากพืชไม่สามารถสร้างดอกและสะสมอาหารให้เมล็ดได้อย่างเต็มที่

2. รูปแบบของการปลูก

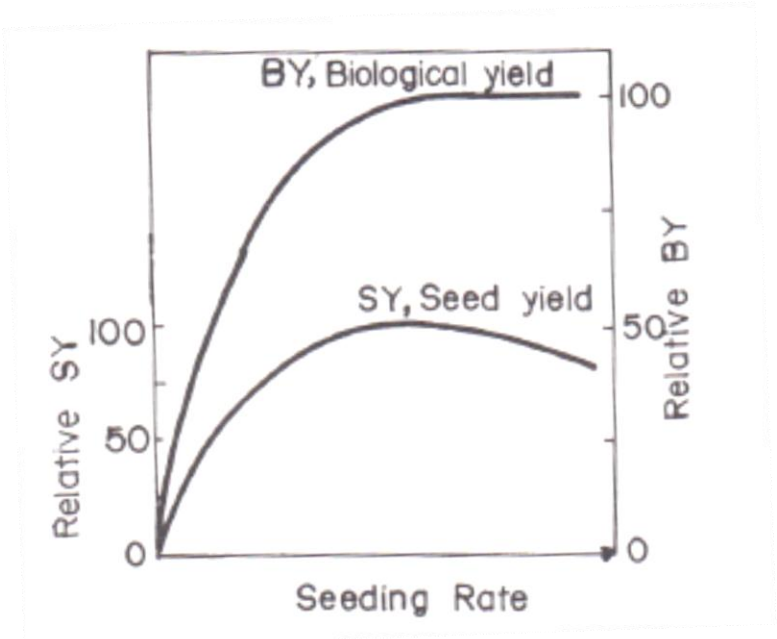
รูปแบบของการปลูกหมายถึงการจัดวิธีปลูกในลักษณะต่างๆ ดังนี้ ความหนาแน่นที่เท่ากันอาจมีรูปแบบการปลูกที่แตกต่างกันได้เช่น การปลูกด้วยระยะปลูก 50 x 50 เซนติเมตร จะให้ความหนาแน่นเท่ากับ 25 x 100 เซนติเมตร รูปแบบทั้งสองอาจให้ LAI ไม่แตกต่างกัน แต่ลักษณะการกระจายของพื้นที่ใบคลุมพื้นที่ดินจะแตกต่างกัน ซึ่งส่งผลให้มีพื้นที่ใบที่จะรับแสงได้แตกต่างกัน การจัดระยะปลูก 25x100 เซนติเมตร ซึ่งระยะระหว่างแถวกว้างแต่ระยะระหว่าต้นในแถวเดียวกันแคบ เช่นนี้แม้ระหว่างแถวใบจะไม่เบียดบังกันแต่ก็มีการเบียดบังกันมากระหว่าต้นในแถวเดียวกัน ซึ่งจะส่งผลให้มีพื้นที่ใบที่รับแสงได้น้อยกว่าการปลูกแบบ 50 x 50 เซนติเมตร

เป้าหมายของการจัดระยะปลูกและรูปแบบการปลูกก็เพื่อให้พืชปลูกมีการกระจายตัวของใบคลุมพื้นที่ดินอย่างสม่ำเสมอ และไม่มีการซ้อนกันหรือบังกันเองมาก เพื่อให้ได้รับแสงที่ส่องลงมาให้มากที่สุด ดังนั้นพืชที่มีลักษณะของทรงพุ่มที่เป็นทรงกลม เช่น ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ข้าวหรือข้าวสาลี ควรมีรูปแบบหรือระยะของการปลูกระหว่างต้นและระหว่างแถวเท่ากัน เรียกว่า equidistance แต่ในทางปฏิบัติมักจะปลูกให้ระยะ

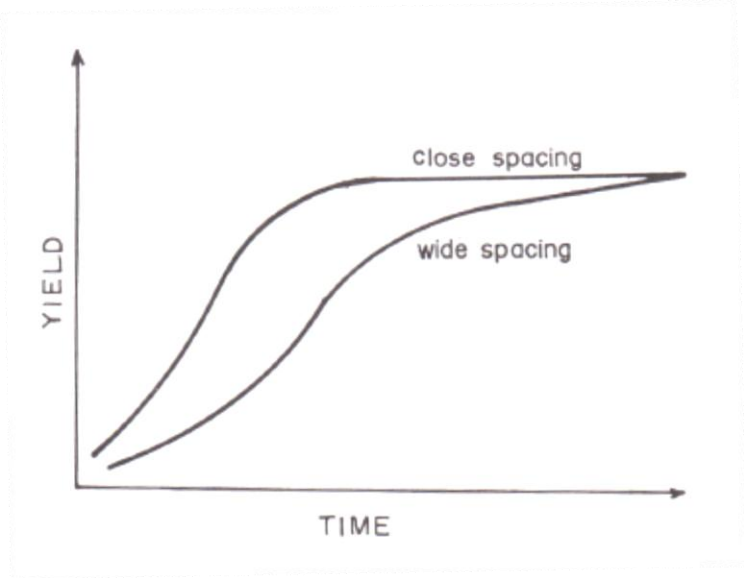
ระหว่างแถวกว้างกว่าระยะระหว่างต้น เพื่อความสะดวกในการทำเขตกรรมไม่ว่าจะเป็นการพูนโคน ดายหญ้า หรือใช้เครื่องมือในการจัดการอื่นๆ

3. ผลผลิต

ผลผลิตทางชีวภาพ (Biological yield) และทางเศรษฐศาสตร์ (Economic yield) มีการตอบสนองต่อความหนาแน่นต่างกัน กล่าวคือ ผลผลิตทั้งสองเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจนถึงระดับความหนาแน่นหนึ่ง แต่เมื่อความหนาแน่นสูงเกินไปผลผลิตทางเศรษฐศาสตร์จะลดลง ในขณะที่ผลผลิตทางชีวภาพยังไม่ลดลง (ภาพที่ 9.4) สาเหตุที่ทำให้ผลผลิตทางเศรษฐศาสตร์ลดลงเมื่อมีความหนาแน่นสูงเกินไปนั้นเนื่องมาจากสารอาหารที่พืชสังเคราะห์ได้จะถูกแบ่งสันปันส่วน หรือถูกลำเลียงไปเลี้ยงส่วนลำต้นและใบ หรือส่วนที่มีการหายใจสูงเนื่องจากการถูกบังแสงมาขึ้น แทนที่จะถูกส่งไปสะสมยังเมล็ด ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการปลูกพืชเพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตในทางเศรษฐศาสตร์จะต้องคำนึงถึงระยะปลูกที่เหมาะสม พืชแต่ละชนิดมีระยะปลูกที่เหมาะสมไม่เท่ากัน แต่ถ้าปลูกเพื่อเก็บเกี่ยวต้นและใบเช่นในกรณีพืชอาหารสัตว์ ถึงแม้จะปลูกด้วยความหนาแน่นสูงไปก็ไม่มีผลกระทบต่อผลผลิต (ภาพที่ 9.5)




**ภาพที่ 9.4** ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปลูก (Seeding rate) กับผลผลิตทางชีวภาพ (BY) และผลผลิตทางเศรษฐศาสตร์ (SY) (Gardner et al., 1985 อ้างโดย เฉลิมพล, 2542)




**ภาพที่ 9.5** ความสัมพันธ์ระหว่างระยะปลูกกับการสะสมน้ำหนักแห้ง (Willium and Joseph, 1971 อ้างโดย เฉลิมพล, 2542)

| | | |
|---|---|---|
| **วิธีการสอนและกิจกรรม** | **บรรยายโดยให้นักศึกษามีส่วนร่วมถามตอบ** | |
| **สื่อการสอน** | **หนังสืออ้างอิง** | **1, 2** |
| | **เอกสารประกอบ** | **เอกสารประกอบการสอน รายวิชา ความสัมพันธ์ระหว่างดินน้ำและพืช** |
| | **วัสดุโสตทัศน์** | **Power point** |
| **งานที่มอบหมาย** | **การบ้าน ตอบคำถามต่อไปนี้**<br>**1. จงบอกความแตกต่าง ของ optimum LAI กับ critical LAI** | |
| **การวัดผล** | **ซัก ถาม-ตอบ**<br>**ข้อสอบ** | |
| **หมายเหตุ** | | |