บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

ทฤษฎีหรือหลักการว่าด้วย Source และ Sink ในพืช

Venkateswarlu and Visperas (1987) ได้นำเสนอหลักการว่าด้วยความสัมพันธ์ระหว่าง source และ sink ในพืชต่าง ๆ โดยเฉพาะกับพืชไร่ และพืชฤดูเดียวเพื่อนำไปสู่การพัฒนาปรับปรุงผลผลิตของพืช ซึ่งมีสาระสำคัญสรุปได้ดังต่อไปนี้

ความหมายของ source และ sink

Source หมายถึง อวัยวะ หรือ ส่วนของพืชที่ทำหน้าที่สังเคราะห์แสงเพื่อสร้างสารสังเคราะห์ (Photosynthate) ไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของพืชเพื่อการเจริญเติบโต และสร้างผลผลิต ในระยะแรกของการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ อาหารที่สร้างขึ้นจะถูกใช้สำหรับการสร้างอวัยวะต่าง ๆ เช่น ใบ ลำต้น กิ่งก้าน และราก และหากสารอาหารที่ถูกสร้างนั้นมีปริมาณมากและเหลือใช้ พืชก็จะเก็บสารอาหารที่เหลือนั้นไว้ในส่วนต่าง ๆ ของลำต้นและเมื่อพืชมีการเจริญเติบโตเข้าสู่ระยะเจริญพันธุ์ เช่น เริ่มออกดอก ติดฝักและสะสมน้ำหนักเมล็ด สารอาหารที่ถูกสะสมไว้นั้นรวมทั้งสารอาหารที่ถูกสร้างขึ้นมาจากใบในขณะนั้น ก็จะเคลื่อนย้ายไปใช้และสะสมไว้ในเมล็ดเป็นลำดับ

Sink หมายถึง อวัยวะหรือส่วนต่าง ๆ ของพืชที่ใช้หรือเก็บสะสมสารอาหารที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมาจากส่วนที่เป็น source เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต

การจำแนกชนิดของ Source และ Sink ในพืช

ในต้นพืชอาจจำแนกส่วนหรืออวัยวะต่าง ๆ ของต้นได้เป็น source และ sink หลายประเภท บางอวัยวะเป็น source เท่านั้น บางอวัยวะเป็นได้ทั้ง source และ sink และบางอวัยวะ sink ได้เท่านั้น สรุปได้ดังนี้

1. Primary sink หมายถึง sink ที่ทำหน้าที่เก็บสะสมอาหารเป็นลำดับสุดท้าย และจะไม่มีการเคลื่อนย้ายอาหารที่เก็บสะสมไว้นั้นไปที่อื่นอีก และจะถูกเก็บเกี่ยวเป็นผลผลิตต่อไป อวัยวะที่ทำหน้าที่เป็น sink ประเภทนี้ได้แก่ ผล เมล็ด และรวมทั้งอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการผสมพันธุ์

2. Secondary sink พืชบางชนิดจะมีอวัยวะที่ทำหน้าที่ เก็บสะสมสารสังเคราะห์ไว้เพื่อแพร่พันธุ์มากกว่าหนึ่งอวัยวะ เช่น พืชประเภทที่มีลำต้นใต้ดิน (rhizomes) หรือเป็นหัว (tubers)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อวัยวะนี้จะเก็บสะสมอาหารเพื่อการเจริญทางลำต้น และใบจนกระทั่งพืชนั้นเจริญเข้าสู่ระยะการเจริญพันธุ์เป็นเมล็ด หรือผล เพื่อเก็บสะสมสารสังเคราะห์อีกครั้งหนึ่ง

3. Alternative sink หมายถึง sink ที่ทำหน้าที่คล้าย sink หลัก (primary sink) แต่ก็มิได้เป็น sink หลัก จึงถือว่าเป็น sink รอง (alternative sink) เช่นในพืชเส้นใยพวกป่าน ปอ ซึ่งจะมีการพัฒนาเส้นใยขึ้นในลำต้น เส้นใยนั้นถือว่าเป็น sink หลัก ส่วนลำต้น และเมล็ด เป็น sink รอง สำหรับฝ้าย เมล็ด และน้ำมันในเมล็ดถือเป็น sink รอง ส่วนปุยฝ้ายเป็น sink หลัก

4. Additional sink หมายถึง sink ที่มิได้เกิดจากอวัยวะส่วนใดส่วนหนึ่งของพืชโดยตรงแต่เป็นสิ่งมีชวิตที่อาศัยอยู่ร่วมกับพืชนั้นในลักษณะที่เป็นกาฝาก (parasite) ที่มีผลเสียแก่พืชหรืออาศัยซึ่งกันและกันระหว่างพืชกับสิ่งที่มีชีวิตนั้น เช่น ไรโซเบียมของพืชตระกูลถั่ว

5. Metabolic sink หมายถึง sink ที่กำลังมีการเจริญอย่างรวดเร็วเช่นเนื้อเยื่อที่กำลังเจริญเป็นใบ (leaf primodia) เป็นดอก (floral primodia) หรือคัพภะ (embryos) เป็นต้น อาหารจากเซลล์ข้างเคียง และที่อื่นจะถูกส่งลำเลียงไปใช้เลี้ยงที่ metabolic sink เหล่านี้

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า sink นั้นนอกจากจะเป็นแหล่งที่มีความต้องการสารสังเคราะห์มากและยังมีกลไกที่จะดึงสารสังเคราะห์จากแหล่งอื่นมาเลี้ยงตัวเองได้อย่างดีทั้ง ๆ ที่มีผนังเซลล์เป็นสิ่งกีดขวางอยู่ อวัยวะของพืชบางอย่างเป็นได้เฉพาะ source เท่านั้น ได้แก่ เซลล์ที่มีคลอโรฟิลล์ เช่น ใบ แต่ใบอ่อนที่ยังสังเคราะห์ไม่ได้จะเป็น sink เพราะต้องใช้สารสังเคราะห์จาก source อื่นมาใช้เพื่อการเจริญจนกว่าจะสังเคราะห์แสงเองได้ และบางอวัยวะเป็นได้เฉพาะ sink เท่านั้น ได้แก่ หัว ราก ลำต้นใต้ดิน ตาดอก ดอก ผลบางชนิด หรือบางอวัยวะเป็นได้ทั้ง source และ sink ได้แก่ ผลนุ่น ผลมะละกอ ผลมะเขือเทศ กล้วย มะม่วง และองุ่น ซึ่งผลเหล่านี้สามารถสังเคราะห์แสงเองได้ และขณะเดียวกันก็ต้องอาศัยสารอาหารจาก source อื่นด้วย

การวัด source และ sink

ในการวัด source นั้นไม่ควรพิจารณาเฉพาะด้านขนาด หรือปริมาณเท่านั้น ควรพิจารณาถึงทางด้านคุณภาพ หรือการทำกิจกรรม (activity) ของ source นั้นด้วย

ขนาดของ source วัดได้จากส่วนที่มีสีเขียวเป็นส่วนใหญ่ โดยวัดเป็นพื้นที่ เช่น พื้นที่ใบ หรือดัชนีพื้นที่ใบ (พื้นที่ใบต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ดินที่พืชปกคลุมอยู่) เป็นต้น เพราะส่วนเหล่านี้ทำหน้าที่ในการรับแสง และสังเคราะห์แสงให้พืช พืชที่มีพื้นที่ใบมาก ก็ถือว่ามี source ใหญ่ แต่ขนาดของ source ที่เหมาะสมนั้นไม่ควรใหญ่กว่า ดัชนีพื้นที่ใบที่เหมาะสม (Optimum Leaf Area Index ; Optimum LAI) ซึ่งเป็นระยะการเจริญที่พืชมีพื้นที่ใบปกคลุมพื้นที่ดินได้ค่อนข้างสนิท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สามารถรับแสงที่ส่องลงมาได้ทั้งหมด ณ LAI นี้พืชจะมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุด ถึงแม้พืชจะมี LAI สูงกว่านี้อัตราการสังเคราะห์แสงก็ไม่ได้สูงมากขึ้นตามไปด้วย (Brougham, 1956) ดังนั้นดัชนีพื้นที่ใบที่เหมาะสม จึงนับว่าเป็นดัชนีบ่งบอกถึงขนาดของ source ในพืชแต่ละชนิดจะมีดัชนีพื้นที่ใบที่เหมาะสมแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับ โครงสร้างของทรงพุ่มเป็นสำคัญ ทรงพุ่มพืชที่ประกอบด้วยใบแคบ เรียว และมีมุมใบตั้งชันซึ่งเอื้ออำนวยต่อการกระจายของแสงลงในทรงพุ่มจะมีดัชนีพื้นที่ใบที่เหมาะสมสูงกว่าพืชที่มีใบกว้างและมุมใบอยู่ในแนวนอน เช่น ถั่วเหลืองจะมีดัชนีพื้นที่ใบที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 3.5 – 4.0 (Shibles and Weber, 1965) หรือบางครั้งก็อยู่ระหว่างเปรียบเทียบกับ 5.0-6.0 ของข้าวโพดหรือข้าวพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง (Yoshida, 1981)

คุณภาพของ source หมายถึง พิจารณาจากประสิทธิภาพหรือ ความสามารถในการทำหน้าที่หรือกิจกรรมของ source นั้น ๆ เช่น ความคงทนหรือความมีอายุของพื้นที่ใบ (leaf area duration) ที่ทำหน้าที่สังเคราะห์แสง การทำงานของเอ็นไซม์ Rubisco ในปฏิกิริยาสังเคราะห์แสง และการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ (Makino *et al.*, 1983) เป็นต้น

การตรวจวัดขนาดของ sink อาจวัดได้ในรูปของปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน น้ำมัน พลังงาน น้ำหนักสด หรือน้ำหนักแห้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชในพืชหลายชนิดอาจจะวัดในรูปของจำนวน หรือปริมาตรหรือน้ำหนักแต่จำนวนผล หรือจำนวนเมล็ดต่อต้น และต่อพื้นที่ไม่สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งบอกขนาดของ sink ได้ เพราะว่าจำนวนเหล่านั้นอยู่ภายใต้อิทธิพลของขนาดของผลหรือเมล็ด กล่าวคือ เมื่อผลหรือเมล็ดมีขนาดเล็กจำนวนของผลหรือเมล็ดจะมีมาก ในทางกลับกันถ้าผลหรือเมล็ดมีขนาดใหญ่ จำนวนของผลหรือเมล็ดนั้นจะมีน้อย ดังนั้นจำนวนของผลหรือเมล็ดจะใช้เป็นดัชนีเปรียบเทียบขนาดของ sink ได้ดีในกรณีที่พืชนั้นได้รับดูแลที่เหมือนกัน แต่อย่างไรก็ตามการวัดทั้งจำนวน และน้ำหนักจะช่วยให้การประเมินขนาดของ sink ได้ดียิ่งขึ้น

ขนาดของ sink เป็นผลรวมที่เกิดขึ้นจาก ความจุของ sink (sink capacity) และ การทำกิจกรรมหรือความเข้มข้นของ sink (sink activity หรือ intensity) ความจุของ sink หมายถึงพื้นที่ของ sink ที่จะรองรับสารอาหารที่สังเคราะห์จาก source ไว้ได้ ในพวกธัญพืชหรือพวกถั่วความจุของ sink ขึ้นอยู่กับ จำนวน และขนาดของเมล็ด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ องค์ประกอบของผลผลิตนั่นเองดังสมการ

ความจุของ sink = จำนวนรวงหรือฝักต่อพื้นที่ X จำนวนเมล็ดต่อรวงหรือต่อฝัก X น้ำหนักเมล็ด

สำหรับไม้ผลความจุของ sink ก็คือ จำนวนผลต่อต้น หรือต่อพื้นที่ดังสมการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ความจุของ sink = จำนวนผลต่อต้น X น้ำหนักของแต่ละผล

ส่วนกิจกรรมหรือความเข้มข้นของ sink หมายถึง ความสามารถของ sink ในการดึงดูดหรือนำสารอาหารที่ถูกสังเคราะห์จาก source มาสะสมโดยผ่านทางกระบวนการลำเลียงสารอาหาร ในระหว่างการเจริญพันธุ์ของพืชหลังจากการผสมเกสรแล้ว ผลหรือเมล็ดที่ยังอ่อนอยู่จะมีความจุน้อย แต่มีความสามารถสูงในการดึงดูดสารอาหาร และความสามารถนั้นจะลดลงตามอายุการเจริญ หรือสุกแก่ ซึ่งมีความจุมากขึ้น

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ Source และ Sink

ขนาดและคุณภาพของ source และ sink อยู่ภายใต้อิทธิพลของ พันธุกรรมและสภาพแวดล้อม โดย source จะมีความไวหรืออ่อนไหวต่อการเขตกรรมและธาตุอาหาร (ความอุดมสมบูรณ์ของดิน) เมื่อสภาพแวดล้อมหรือปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งไม่เหมาะสมในระหว่างการเจริญเติบโตและการทำงานของ source ก็จะส่งผลกระทบทำให้ขนาดและคุณภาพของ source ลดลง และไม่สมดุลกับขนาดของ sink จากการศึกษาในถั่วเหลืองเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่าง source กับผลผลิต แสดงให้เห็นว่า ถ้า source หรือพื้นที่ใบที่กำลังสังเคราะห์แสง ได้รับผลกระทบในขณะที่พืชกำลังอยู่ในระยะเจริญทางการเจริญพันธุ์ พบว่า ผลผลิตจะได้รับผลกระทบมากมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับที่เกิดขึ้นในระยะการเจริญทางลำต้นและใบ (Jiang and Egle, 1993) และ Board and Harville (1993) ยังพบอีกว่า ถ้า source ได้รับผลกระทบ ในขณะที่เจริญอยู่ในระยะ R_1-R_5 ผลผลิตจะได้รับผลกระทบที่ลดลงมากกว่าที่เกิดขึ้นในระยะ R_6-R_7 ซึ่งการที่ผลผลิตลดลงเป็นผลมาจากมีจำนวนฝักลดลง โดยทั่วไปในระหว่างการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองจะพบว่ามีดอกและฝักหลุดร่วงเป็นจำนวนมาก การหลุดร่วงของดอกและฝักดังกล่าวอาจ ตั้งสมมุติฐานได้หลายทาง เช่น ระบบการเคลื่อนย้ายสารสังเคราะห์ หรือ โรคและแมลง แต่ที่น่าเป็นไปได้มาก คือ source มีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์สารอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการของ sink หรืออีกนัยหนึ่งคือ source มีขนาดไม่สมดุล (เล็กกว่า) กับ sink ดังนั้นถ้ามีการปรับปรุง sourceให้สามารถสังเคราะห์สารอาหารได้เพียงพอกับความต้องการของดอกและฝัก ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ sink พัฒนาต่อไปจนครบวงจรก็จะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในพืชหลายชนิด แสดงให้เห็นว่า source จะเป็นตัวจำกัดมากกว่า sink (Chlares-Edwards, 1984) เช่น ข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่พบว่า source เป็นตัวจำกัดผลผลิต เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูง โดยข้าวมีการเพิ่มขนาดของพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น จนเกิดการเฟือใบ จนทำให้พื้นที่ใบที่เพิ่มขึ้นไม่มีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสง และหักล้มง่าย จึงทำให้ไม่สามารถเพิ่มผลผลิตขึ้นได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

(Yoshida, 1981) หรืออีกนัยหนึ่งคือ source ที่เพิ่มขึ้นไม่มีคุณภาพ ดังนั้นจึงมีการปรับปรุงคุณภาพของ source ดังกล่าวให้ดีขึ้น ด้วยการปรับปรุงโครงสร้างของทรงพุ่มให้เอื้ออำนวยต่อการสังเคราะห์แสงให้ดีขึ้นก็จะช่วยให้ผลผลิตในข้าวเพิ่มขึ้น

ความสัมพันธ์ระหว่าง source และ sink ในพืช

Venkateswarlu and Visperas (1987) ได้กล่าวว่า พืชที่จะให้ผลผลิตสูงได้นั้นจะต้องมี source และ sink ที่ใหญ่ และควรมีขนาดที่ได้สมดุลกัน ในขณะเดียวกันพืชก็จะต้องมีประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายอาหารจาก source ไปยัง sink ดีด้วย ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่าง source และ sink ในพืชสามารถแบ่งได้หลายลักษณะ คือ source มีขนาดใหญ่กว่า sink หรือ sink มีขนาดใหญ่กว่า source หรือ source และ sink มีขนาดที่ได้สมดุลกัน โดยความสมดุลระหว่าง source และ sink เปรียบได้กับ อุปสงค์และอุปทาน ในทางเศรษฐศาสตร์ กล่าวคือ อัตราหรือกำลังการผลิต (ของโรงงาน) จะขึ้นอยู่กับอัตราหรือกำลังซื้อของผู้บริโภค ถ้าโรงงานมีขนาดใหญ่มีกำลังผลิตสูง (source ใหญ่) แต่ผู้บริโภคมีกำลังซื้อน้อย (sink เล็ก) กรณีนี้อัตราการผลิตจะถูกจำกัดโดยอัตราซื้อ เมื่อเป็นเช่นนี้ขนาดของโรงงานที่ใหญ่เกินไปนั้นก็เป็นการสูญเปล่า กลับตรงกันข้ามถ้าผู้บริโภคมีกำลังซื้อมาก แต่โรงงานมีขนาดเล็ก ในกรณีเช่นนี้อัตราการซื้อถูกจำกัดโดยอัตราการผลิต จากตัวอย่างดังกล่าวชี้ให้เห็นความไม่สมดุลระหว่างผู้ผลิตกับผู้ซื้อ หรืออีกกรณีหนึ่งที่เราต้องการสร้างภาชนะสำหรับเก็บน้ำ ปริมาตรของภาชนะหรือถัง จะต้องมีขนาดได้พอดีกับปริมาตรของน้ำที่จะบรรจุ ถ้าภาชนะใหญ่เกินไป (เปรียบได้กับพืชมี sink ใหญ่) ก็เป็นการสูญเปล่า แต่ถ้าสร้างภาชนะเล็กเกินไป (เปรียบได้กับพืชมี sink เล็กเกินไป) ก็ไม่สามารถรับน้ำไว้ได้หมด นั้นหมายความว่าถ้าเป็นพืชผลผลิตก็จะถูกจำกัดโดย sink หรือ source ดังนั้นพืชควรมี source และ sink ทีได้สมดุลกัน แต่อย่างไรก็ตามในบางกรณีถึงแม้ว่าภาชนะที่เก็บน้ำนั้นมีขนาดใหญ่ และได้ขนาดพอดีกับปริมาตรน้ำก็ตาม ภาชนะนั้นอาจจะไม่มีน้ำเต็มความจุได้ ถ้าเกิดติดขัดหรือมีปัญหาในระบบถ่ายเทหรือระบบท่อที่เชื่อมต่อระหว่างภาชนะกับน้ำ เช่นท่ออุดตัน หรือแตกร้าว ซึ่งระบบท่อน้ำนี้ก็เปรียบได้กับระบบการลำเลียง ถ่ายเทสารสังเคราะห์จาก source ไปยัง sink ผ่าน phloem นั่นเอง จากตัวอย่างที่กล่าวมาพอที่จะชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ และบทบาทระหว่าง source และ sink ต่อการสร้างสารผลผลิตของพืช ดังนั้นพืชจะมีผลผลิตสูงได้นั้นพืชจะต้องมี source และ sink ขนาดใหญ่ และมีขนาดที่เท่าเทียมกัน ด้วยเหตุนี้ในการเพาะปลูกเราจึงมีการบำรุงดูแล และจัดการต่าง ๆ เพื่อให้พืชมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบที่ดี และสมบูรณ์ เพื่อให้พืชมี source ใหญ่เพียงพอหรือพร้อมที่จะผลิตสารสังเคราะห์ให้เพียงพอสำหรับ sink เมื่อพืชเจริญเข้าสู่ระยะเจริญ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พันธุ์ บ่อยครั้งที่เราเห็นว่า พืชพวกถั่วเมืองร้อนรวมทั้ง ถั่วเหลือง มีดอก และฝักมาก แต่ฝักนั้นจะมีเมล็ดไม่เต็ม หรือไม่สมบูรณ์ทั้งหมด และอาจมีดอก และฝักบางส่วนร่วงหล่นก่อนหน้านั้น ก็อาจเป็นได้ว่าพืชนั้นมีขนาดของ sink ใหญ่เกินกว่าขนาดของ source ที่จะสังเคราะห์อาหารได้พอสำหรับทุกฝัก หรือทุกเมล็ด (Huff and Dubing,1980) จากเหตุผลดังกล่าวนักวิชาการส่วนหนึ่ง จึงมุ่งที่จะปรับปรุงผลผลิตพืชโดยการปรับปรุงขนาด รวมทั้งคุณภาพของ source และ sink

Murthy and Murthy (1983) ได้วิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ระหว่าง source และ sink ในข้าว พบว่า เมื่อทำการเพิ่มขนาดของ source ด้วยการเพิ่มความหนาแน่นหรือเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนมีผลทำให้ข้าวสร้าง spikelets มากขึ้น แต่เมล็ดที่สมบูรณ์ในรวงนั้นไม่ได้เพิ่มขึ้น สาเหตุของการลีบของเมล็ดอาจ เนื่องมาจากเรื่องการผสมเกสร หรือ พื้นที่ใบ (source) นั้นสังเคราะห์สารอาหารไม่เพียงพอกับจำนวน spikelets (sink) หรือมีปัญหาเกี่ยวกับระบบการเคลื่อนย้ายสารสังเคราะห์จาก source ไปยัง sink

Source ของถั่วเหลือง

เมื่อพิจารณาถึง source ของถั่วเหลือง ซึ่งทำหน้าที่สังเคราะห์แสง หรือสร้างสารสังเคราะห์เพื่อใช้ในการสร้างฝักและเมล็ด หรือผลผลิตนั้น ควรจะพิจารณาจากทั้งขนาด (Source size) และคุณภาพ (Source quality หรือ activity) ดังนี้

ขนาดของ Source วัดได้จากส่วนที่มีสีเขียวส่วนใหญ่ คือ พื้นที่ใบ หรือดัชนีพื้นที่ใบ เพราะส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการรับแสง และสังเคราะห์แสงเป็นสำคัญ โดยพืชที่จะมีการสังเคราะห์แสงมากจะต้องมีดัชนีพื้นที่ใบมากด้วย ซึ่งการรับแสงของพืชก็จะเพิ่มตามดัชนีพื้นที่ใบที่เพิ่มขึ้น และพืชจะมีการรับแสงได้สูงสุดเมื่อพืชมีดัชนีพื้นที่ใบปกคลุมพื้นที่ดินอย่างสนิท และพอดีกับที่พืชสิ้นสุดการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ทำให้พืชนั้นสามารถรับแสงที่ส่องลงมาได้ถึง 95 % (Brougham, 1956) และมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด ซึ่งเรียกว่าเป็น ดัชนีพื้นที่ใบที่เหมาะสม (optimum LAI) และถ้าหากพืชนั้นจะมีดัชนีพื้นที่ใบสูงกว่านี้ก็ไม่สามารถรับแสงเพิ่มขึ้นได้ กลับทำให้เกิดการบดบังแสงภายในทรงพุ่ม จนเป็นผลเสียต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ Shibles and Weber (1965) ได้ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้กับถั่วเหลืองที่ใช้ปลูกกันทั่วไป พบว่ามีดัชนีพื้นที่ใบที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 3.5 - 4.0

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อขนาดของ source

พันธุกรรม เป็นปัจจัยที่กำหนดศักยภาพของขนาด และคุณภาพของ source ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของถั่วเหลือง จากรายงานของ ชาญชัย (2540)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ชี้ให้เห็นว่า ใบถั่วเหลืองที่มีรูปร่างเล็กและสั้นจะมีมุมใบตั้งชัน กว่าใบที่มีรูปร่างใหญ่และยาว เนื่องจากใบที่มีรูปร่างใหญ่และยาวจะมีลักษณะโค้งลง จึงทำให้มุมใบขนานกับพื้นดินมากกว่า นอกจากนี้ใบที่มีลักษณะใบที่เล็กและสั้นจะมีการกระจายตัวของใบที่ดีกว่า จึงส่งผลให้แสงได้มีโอกาสกระจายตัวลงสู่ใบที่อยู่ชั้นล่างได้ดีทำให้ใบมีประสิทธิภาพในการใช้แสงได้ดีขึ้น นอกจากนี้ Tanaka (1980) ได้ทำการทดสอบถึงโครงสร้างของทรงพุ่มให้มีมุมใบที่ขนานกับพื้นดิน โดยวิธีการกำหนดหรือจัดการ พบว่ามีอัตราของการสังเคราะห์แสงที่ต่ำและอัตราการสังเคราะห์ก็มิได้เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของดัชนีพื้นที่ใบ ขณะที่ทรงพุ่มที่มีใบแคบและมุมใบตั้งชัน กลับมีอัตราของการสังเคราะห์แสงที่สูงขึ้นตามการเพิ่มของดัชนีพื้นที่ใบ ซึ่งการมีอัตราของการสังเคราะห์แสงที่สูงขึ้นทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นด้วย

ความหนาแน่น เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่กำหนดขนาดของ source ให้มีขนาดที่ใหญ่ และเหมาะสมได้อย่างรวดเร็วที่สุด ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืชอย่างมาก โดยเฉพาะในระยะแรกของการเจริญเติบโต ถั่วเหลืองจะมีพื้นที่ใบในการรับแสงน้อย หรือมี source ขนาดเล็ก พลังงานแสงส่วนใหญ่จึงสูญเสียไปกับการเผาผลาญพื้นดิน ดังนั้นการเพิ่มความหนาแน่นของต้นปลูก จึงเป็นวิธีหนึ่งในการเร่งและเพิ่มพื้นที่ใบของถั่วเหลือง ให้ถึงระดับที่เหมาะสมได้เร็ว ดังงานวิจัยของ Shibles and Weber (1966) ที่ทำการทดลองถึงอิทธิพลของความกว้างของแถวและระยะระหว่างต้นที่มีต่อพื้นที่ใบและรับแสงในถั่วเหลือง พบว่า การปลูกด้วยระยะปลูก 5 X12 นิ้ว หรือ 10 X6 นิ้ว มีการสร้างดัชนีพื้นที่ใบถึงระดับที่เหมาะสมเร็วกว่าระยะปลูก 3 X 20 นิ้ว หรือ 1.5 X 40 นิ้ว และให้ผลผลิตสูงสุด คือ 126 และ 132 ส่วนผลผลิตของความกว้างของแถวระยะอื่น ๆ คือ 115 และ 100 ตามลำดับ

ไพศาล และ คณะ (2525) ได้ทำการทดลองกับถั่วเหลืองพันธุ์ต่าง ๆในช่วงเดือนกรกฎาคม ที่มหาวิทยาลัยขอนแก่น สรุปผลการทดลองว่า ในสภาพของดินที่มีความอุดมสมบูรณ์น้อย มีอินทรีย์วัตถุน้อย ถ้าใช้ระยะระหว่างแถว 50 ซม. ปรากฏว่าถั่วเหลืองมีดัชนีพื้นที่ใบไม่มากพอที่ปกคลุมช่องว่างระหว่างแถว แต่เมื่อลดระยะปลูกระหว่างแถวจาก 50 ซม. เป็น 30 ซม.ทำให้ผลผลิตเพิ่มจาก 240 กก./ไร่ เป็น 330 กก./ไร่ แสดงว่า การลดระยะแถว เท่ากับเป็นการเพิ่มดัชนีพื้นที่ใบ (source) ให้ได้รับแสงมากขึ้นจนส่งผลทำให้ได้ผลผลิตดังกล่าวเพิ่มขึ้น

Pookpakdi (1977) ได้ทำการทดสอบการตอบสนองของถั่วเหลืองในลักษณะต่าง ๆเมื่อปลูกในระดับความหนาแน่นต่างกัน ตั้งแต่ 7,500 ถึง 607,355 ต้นต่อเฮกตาร์ พบว่าผลผลิต น้ำหนักแห้งทั้งหมด และดัชนีพื้นที่ใบ จะเพิ่มขึ้นตามอัตราปลูกที่สูงขึ้น แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าดัชนีพื้นที่ใบยังสูงขึ้นแม้จะใช้อัตราปลูกสูงถึง 607,355 ต้นต่อเฮกตาร์ก็ตาม แสดงให้เห็นว่า สามารถเพิ่มดัชนี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

พื้นที่ใบได้อีกหากเพิ่มอัตราปลูกให้สูงขึ้น แต่ดัชนีพื้นที่ใบที่ให้ผลผลิตสูงสุดนั้นอยู่ประมาณ 3.5 ซึ่งถ้าหากค่าดัชนีพื้นที่ใบสูงกว่านี้ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจะน้อยมาก

ความเครียดน้ำ (Water stress) ในถั่วเหลืองเป็นปัจจัยจำกัดการเพิ่มพื้นที่ใบ (ขนาดของ source) เมื่อถั่วเหลืองขาดน้ำจะลดอัตราการขยายตัวของพื้นที่ใบ เพื่อลดการสูญเสียน้ำโดยขบวนการคายน้ำ ทำให้มีการใช้น้ำน้อยลง จึงส่งผลให้ขบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างสารสังเคราะห์ลดลง ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลือง (Pandey *et al*., 1987) นอกจากนี้การขาดน้ำยังมีผลต่อขบวนการเคลื่อนย้ายสารสังเคราะห์จาก source ไปยัง sink โดยทำให้อัตราการเคลื่อนย้ายช้าลง ทำให้เกิดการคั่งของสารสังเคราะห์ในใบเป็นผลกระทบให้ การสังเคราะห์แสงของใบลดลง (Doss *et al*., 1974) นอกจากนี้ Johnson *et al*. (1974) ได้ศึกษาผลของการขาดน้ำที่มีต่อการทำงานของเอ็นไซม์ในพืชตระกูลถั่ว ซึ่งพบว่าการทำงานของเอ็นไซม์ RuDP carboxylase จะมีประสิทธิภาพลดลงไป จึงทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดต่ำลงไปด้วย Zeigler and Puckridge (1995) พบว่ากลไกทางสรีรวิทยาของพืชที่จะมีความทนทานต่อสภาวะขาดน้ำได้ดีนั้น ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ระดับความรุนแรง ความยาวนานของการขาดน้ำ ส่วนปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวพืชเองนั้นขึ้นอยู่กับ ระบบรากพืช จำนวนรากพืช ความลึกของระบบราก การแตกหรือขยายของราก

เมื่อถั่วเหลืองเกิดน้ำท่วมขังในระยะสะสมน้ำหนักเมล็ดจะส่งผลกระทบให้ผลผลิตลดลง 13 % เนื่องจากน้ำหนักเมล็ดลดลง 21 % เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพไม่มีน้ำท่วมขัง (Herrera Zandstra, 1979) Stanley *et al*. (1980) รายงานว่า สายพันธุ์ถั่วเหลืองที่เจริญเติบโตในสภาพที่มีระดับน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 45 ซม. และ 90 ซม. เป็นเวลา 7 วัน ในช่วงก่อนและหลังออกดอก มีความสูงของต้น ความลึกราก และผลผลิตลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพที่ไม่มีระดับน้ำใต้ดิน เนื่องจากส่วนของรากที่ถูกน้ำขังจะหยุดการเจริญเติบโตทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลงโดยเฉพาะช่วงระยะสะสมน้ำหนักเมล็ดได้รับผลกระทบมากที่สุด ทำให้ผลผลิตลดลงค่อนข้างมาก

ความอุดมสมบูรณ์ของดิน เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการกำหนดขนาดของ source และผลผลิตให้เป็นไปตามศักยภาพของพันธุ์ โดยดินที่มีระดับธาตุอาหารพืชอย่างเพียงพอ มีความร่วนซุย และมีความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชได้ในยามที่ต้องการ ซึ่งเกี่ยวข้องกับสภาพความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมด้วย เนื่องจากดินที่มีสภาพความเป็นกรดก่อให้เกิดความเป็นพิษของแร่ธาตุบางชนิด เช่น Al, Mn เมื่อดินมี PH ต่ำกว่า 5 ขณะเดียวกันมีผลให้ขาดธาตุอาหารบางอย่าง เช่น Ca, Mg, P, Mo ซึ่งทั้งหมดนี้มีผลต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองให้ลดลงทั้งสิ้น (Foy, 1984) นอกจากนี้ความเป็นพิษของอลูมิเนียมยังมีผลให้การเจริญเติบโตของรากถั่วเหลืองลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่งผลต่อความสามารถในการดูดน้ำและแร่ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตนอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระยะในระยะแรกของการเจริญเติบโต จะทำให้พื้นมีพื้นที่ใบที่ถึงระดับ ที่เหมาะสมได้อย่างรวดเร็วขึ้น ส่งผลให้มีช่วงเวลาในการสารสังเคราะห์แสงได้ยาวนานขึ้น นอกจากนี้ไนโตรเจนยังมีบทบาทสำคัญในการชลอการเสื่อมของประสิทธิภาพของเอ็นไซม์ เพื่อชลอการหลุดร่วงของใบอีกด้วย ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึง source จะต้องพิจารณาทั้งปริมาณ (ขนาดของดัชนีพื้นที่ใบที่เหมาะสม) และคุณภาพ (ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง) (Mosca and Bona, 1994)

โรคและแมลง ก็เป็นสาเหตุทำลาย หรือทำให้พื้นที่ใบหรือ source เสียหายได้ และส่งผลกระทบต่อผลผลิตได้ แต่ผลผลิตจะได้รับผลกระทบแค่ไหนนั้นขึ้นอยู่กับ ปริมาณของพื้นที่ใบที่ถูกทำลาย ระยะการเจริญของพืชที่ถูกแมลงและโรคเข้าทำลายพื้นที่ใบ รวมทั้งระยะเวลาของแมลงที่เข้าทำลาย (Kogan and Turnipseed, 1980) Thomas *et al*. (1978) รายงานว่า ถั่วเหลืองที่ source ถูกเข้าทำลายตั้งแต่ ระยะเริ่มติดฝัก (R_3) จนถึงระยะเมล็ดเต็มฝัก (R_6) ทำให้ได้ผลผลิตที่แตกต่างกัน และช่วงที่ได้รับผลกระทบจากการลดขนาด source มากที่สุด คือ R_4 และ R_5

คุณภาพของ source ในถั่วเหลือง คือ พื้นที่ใบที่มีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสง เพื่อสร้างสารสังเคราะห์ส่งไปยัง Sink ตลอดอายุการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตที่สูงของถั่วเหลือง ซึ่งคุณภาพของ Source มีหลายลักษณะด้วยกัน ที่ถูกนำมาประเมินคุณภาพ โดยลักษณะเหล่านั้นจะเกี่ยวข้องกับกิจกรรมการสังเคราะห์แสงของใบพืชทั้งสิ้น และปัจจัยที่ควบคุมคุณภาพของ source ก็ขึ้นอยู่กับพันธุกรรม สภาพแวดล้อมและการจัดการ ลักษณะทรงพุ่ม(canopy structure) ความมีอายุของพื้นที่ใบ (leaf area duration ; LAD) ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบถั่วเหลือง ปริมาณและประสิทธิภาพการทำงานของเอ็นไซม์ Rubisco

ลักษณะโครงสร้างของทรงพุ่มที่มีต่อคุณภาพของ source

Curtis *et al*. (1969) พบว่า พันธุ์พืชที่ให้ผลผลิตสูงมักจะเป็นพันธุ์ที่มีการส่องผ่าน หรือการกระจายของแสงในทรงพุ่มได้ดี ทำให้พื้นที่ใบรับแสงได้มากขึ้น จึงส่งผลให้มีการสังเคราะห์แสงสูงขึ้น และพืชต่างชนิดกันก็จะมีการกระจายของแสงในทรงพุ่มต่างกัน (Larcher, 1980) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะรูปร่างของใบ การเรียงตัวของใบและมุมของแสงดวงอาทิตย์ที่ส่องลงมา ในแง่คุณภาพของ source ในถั่วเหลืองด้านการรับแสงไว้ในทรงพุ่มนั้น จะมีความแตกต่างกันในแต่ละชั้นของใบ โดยใบที่อยู่ชั้นบนสุดจะรับแสงมากที่สุด และการรับแสงของใบชั้นล่าง ๆ ก็จะลดหลั่นลงมา ดังนั้นจึงสามารถเพิ่มผลผลิตพืชได้โดยการคัดเลือกพันธุ์ที่มีมุมใบที่เอื้ออำนวยต่อการส่อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ผ่านของแสงไปยังใบชั้นล่าง ๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pendleton (1968) ที่แสดงถึงการรับแสงในตำแหน่งต่าง ๆ ของใบพืช เมื่อทำมุม 0 และ 85 องศากับแนวราบ พบว่า พืชนั้นรับแสงได้ร้อยละ 100 และ 9 ตามลำดับ หรือมีแสงส่องผ่านได้ร้อยละ 0 และ 91 ตามลำดับ นั่นแสดงว่า ถ้าพืชมีพื้นที่ใบน้อยควรมีมุมใบกว้าง แต่ถ้ามีมุมใบแคบควรมีพื้นที่ใบมาก เพื่อใช้ในการรับแสงที่ส่องลงมาไว้ได้ทั้งหมด

ความมีอายุของพื้นที่ใบ คือ ความสามารถของใบพืชที่จะทำการสังเคราะห์แสงเป็นระยะเวลานาน ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากโดยเฉพาะในระยะการสะสมน้ำหนักเมล็ด เพราะจะทำให้พืชนั้นมีระยะเวลาในการสะสมน้ำหนักเมล็ดได้ยาวนาน โดยทั่วไปเมื่อใบถั่วเหลืองเริ่มมีการเสื่อมตามอายุใบ อัตราการสังเคราะห์แสงก็จะเริ่มลดลง อันเป็นผลมาจากการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ และไนโตรเจนเป็นสำคัญ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสง (Jiang *et al*., 1993) ดังนั้นถ้าใบพืชได้รับไนโตรเจนอย่างเพียงพอกจะทำให้ความมีอายุของใบยาวนานขึ้น ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมและการจัดการ เช่น อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์แสง การขาดไนโตรเจน (Boon Long *et al*., 1983) หรือสภาวะการขาดน้ำ (Sionit and Kramer, 1977) นับว่ามีอิทธอพลหรือผลกระทบต่อความมีอายุของใบและประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสง

ปริมาณและประสิทธิภาพการทำงานของเอ็นไซม์ Rubisco

Rubisco (Ribulose -1, 5 – bisphosphate carboxylase / oxygenase) เป็นเอ็นไซม์ตัวแรกที่ใช้ในปฏิกริยาตรึง CO_2 ในกระบวนการสังเคราะห์แสงของถั่วเหลืองหรือพืช C_3 อื่น ๆ การสังเคราะห์แสงจะขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพของเอ็นไซม์ ในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติแล้วระดับของโปรตีนชนิดนี้ สามารถเป็นปัจจัยจำกัด อัตราการสังเคราะห์แสง ตลอดอายุของใบก็ว่าได้ ในการเพิ่มประสิทธิภาพของเอ็นไซม์ rubisco น่าจะมาจากปริมาณของโปรตีน ซึ่งมีมากกว่า 65% ของโปรตีนในใบทั้งหมด (Makino *et al*., 1983) มีงานวิจัยบางส่วนที่กล่าว ยังเป็นเอ็นไซม์ที่ชักนำให้เกิดการเสื่อมอายุในพืช ซึ่งเป็นไปตามบทบาทของ rubisco ที่เป็นตัวสำคัญในการสังเคราะห์แสงและการสะสมโปรตีนในใบพืช ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการสร้างผลผลิตในพืช จากพืชหลายชนิดพบว่ากิจกรรมของ rubisco มีความสัมพันธ์กับการมีผลผลิตที่สูง และกิจกรรมของ rubisco จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของมันนั่นเอง (Jerome *et al*.,1984) โดยความหลากหลายทางพันธุกรรม มีผลต่อปริมาณของ rubisco ในธัญพืชหลายชนิด ซึ่งใช้เป็นลักษณะในการคัดเลือกพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การตอบสนองของถั่วเหลืองต่อการลดขนาดของ source

โดยทั่วไปดัชนีพื้นที่ใบของถั่วเหลืองที่เหมาะสม อยู่ระหว่าง 3.5 – 4.0 เมื่อถั่วเหลืองมีระยะ R_2 ถึง R_4 (full bloom to full pod) ซึ่งดัชนีพื้นที่ใบระดับนี้ มีผลเกี่ยวข้องต่อการมีศักยภาพการสร้างผลผลิตอย่างมาก (maximum potential yield) (Westgate, 1999) แต่เมื่อดัชนีพื้นที่ใบถูกลดขนาดลงให้ต่ำกว่าระดับพื้นที่ใบที่เหมาะสม ในปริมาณที่แตกต่างกัน ย่อมมีผลกระทบต่อผลผลิต จากงานวิจัย Klubertanz *et al.* (1996) พบว่า ถั่วเหลืองที่มีดัชนีพื้นที่ใบ 4.5 เมื่อถูกลดขนาดของ source ลงไป 15% จะยังคงมีดัชนีพื้นที่ใบ 3.83 ซึ่งในระดับนี้พบว่า ถั่วเหลืองยังคงมีความสามารถในการสร้างผลผลิตได้เต็มตามศักยภาพของพันธุ์อยู่ แต่เมื่อทำการลดขนาดของดัชนีพื้นที่ใบต่อไป 15% ของดัชนีพื้นที่ใบที่มีอยู่ 3.83 ทำให้เหลือดัชนีพื้นที่ใบอยู่ในระดับ 2.98 ยิ่งทำให้ผลผลิตลดลง

Board and Tan (1995) พบว่าการสูญเสียพื้นที่ใบของถั่วเหลือง ส่งผลต่อการรับแสงของพื้นที่ใบ ทำให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของพืชลดลง และสูญเสียใบที่ใช้ในการสะสมสารอาหาร หรือทำให้ระยะเวลาการสะสมน้ำหนักเมล็ดสั้นลง ผลสุดท้ายคือ การนำไปสู่ผลผลิตที่ลดลง Thomas *et al.* (1978) กล่าวว่าหาก source ได้รับการลดขนาดตั้งแต่ระยะ R_3 (เริ่มติดฝัก) ถึงระยะ R_6 (เมล็ดเต็มฝัก) หรือ R_7 (ระยสุกแก่) ทำให้ผลผลิตลดลงแตกต่างกัน Fehr *et al.* (1977) กล่าวว่า ผลผลิตลดลงมากที่สุดเมื่อพื้นที่ใบถูกทำลายในระยะ R_4 และ R_5 (ระยะเริ่มติดเมล็ดและสะสมเมล็ด) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Turnipseed (1972) ที่พบว่าการตัดใบออกเพียง 17 % ของจำนวนใบทั้งหมดในทุกระยะการเจริญเติบโต และตัดใบออก 33 %ในระยะติดดอก จะไม่ทำให้ผลผลิตแตกต่างกันทางสถิติ แต่ถ้าตัดใบออก 67 % ในระยะเริ่มสะสมน้ำหนักเมล็ด ผลผลิตลดลงมากที่สุด Kalton *et al.* (1945) ได้รายงานถึงการตัดใบถั่วเหลืองออกในปริมาณ 10, 25, 50, 75 และ100 % ในระหว่างการเจริญเติบโต 2 ระยะ คือ ระยะก่อนออกดอกและระยะเริ่มติดฝัก พบว่า การตัดใบออก 10 -75 % ในระยะก่อนออกดอก ผลผลิตจะลดลงเพียงเล็กน้อย ถ้าหากตัดใบออก 100 %ในระยะเริ่มติดฝัก ผลผลิตจะลดลง 22 % นอกจากนี้ Neill (1954) ยังพบว่า ผลผลิตของถั่วเหลืองจะลดมากที่สุด เมื่อทำการตัดใบในระยะเริ่มติดเมล็ด แต่ถ้าเมล็ดเจริญเติบโตเต็มที่แล้วแม้จะต้องสูญเสียใบผลผลิตก็ลดลงไม่มาก

การตอบสนองของ source เมื่อถูกลดขนาด ขึ้นอยู่กับ ลักษณะประจำพันธุ์ เช่น ลักษณะการเจริญเติบโต ความมีอายุของใบหรือการเสื่อมของใบที่ช้า ความสามารถในการผลิตใบใหม่ขึ้นมาหลังการสูญเสียพื้นที่ใบ รูปร่างของใบ การจัดเรียงตัวของใบ ตำแหน่งใบที่กระจายอยู่ในทรงพุ่ม จากการศึกษาของ Haile *et al.* (1998) ที่ได้สังเกต ถั่วเหลืองสายพันธุ์ Clark ในเรือนกระจก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

พบว่า มีจำนวนใบต่อต้นที่เท่ากันในระยะ R2 แต่ สายพันธุ์ที่มีใบกว้างมีดัชนีพื้นที่ใบ ที่มากกว่าสายพันธุ์ที่มีใบแคบ แต่รับแสงได้น้อยกว่า เนื่องจากสายพันธุ์ที่มีใบแคบเอื้ออำนวยต่อการส่องผ่านของแสงลงไปยังใบส่วนล่างได้ดี และช่วยให้ใบแก่ได้รับแสงด้วย ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้ใบส่วนล่างมีการสังเคราะห์แสงได้ดีมากขึ้น Haile *et al.* (1998) พบว่า สายพันธุ์ที่มีใบแคบมีความทนทานต่อการสูญเสียพื้นที่ใบมากกว่าสายพันธุ์ที่มีใบกว้างเพราะความสามารถในการส่องผ่านของแสงภายในทรงพุ่มที่มากกว่านั่นเอง

ความมีอายุของใบที่ยาวนานหรือการเสื่อมของใบที่ช้า อาจถูกปรับปรุงได้โดยการเพิ่มการส่องผ่านของแสงภายในทรงพุ่มสู่ใบส่วนล่าง เพื่อเพิ่มการสังเคราะห์แสงให้มากขึ้น (Klubertanz *et al.*, 1996) เนื่องจากพันธุ์ถั่วเหลืองที่ใช้ปลูกมีลักษณะนิสัยการเจริญ (growth habit) แตกต่างกันตั้งแต่ไม่ทอดยอดจนถึงทอดยอด จึงส่งผลถึงความแตกต่างกันในความสามารถในการสร้างใบใหม่ขึ้นชดเชยหรือทดแทน เมื่อมีการสูญเสียพื้นที่ใบเดิมเกิดขึ้น Fehr *et al.* (1977) รายงานว่า ถั่วเหลืองสายพันธุ์ที่ไม่ทอดยอด เมื่อถูกลดพื้นที่ใบ 100 % เมื่ออยู่ระยะ R2-R7 มีความสามารถในการชดเชยพื้นที่ใบน้อยกว่าพันธุ์ที่ทอดยอด เนื่องจาก การตอบสนองของถั่วเหลืองแบบทอดยอดในช่วงการเจริญเติบโตทางแพร่พันธุ์ยังมีการชดเชยพื้นที่ใบที่สูญเสียไปได้ ในทางตรงกันข้าม Kogan and Turnipseed (1980) พบว่าความแตกต่างของลักษณะการเจริญเติบโต มีผลต่อการทนทานของการสูญเสียใบที่ไม่ต่างกันเลยหากได้รับการลดขนาดของ source ในระดับที่รุนแรง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved