อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดและความสัมพันธ์กับผลผลิตในถั่วเขียว 5 สายพันธุ์ที่ปลูกทดสอบในไร่นาเกษตรกร จังหวัดราชบุรี

Rate and Duration of Dryweight Accumulation in Seed of Five Mungbean Varieties which were Planted in the Farmer Fields and its Relationship to Yield

อภิพรรณ พุกภักดี[1] และ เอกหงวน ชูวิสิฐกุล[2]

Aphiphan Pookpakdi and Ek-nuan Shuwisitkul

ABSTRACT

The dryweight accumulation rate and duration of effective seedfilling period in mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) varieties CES 87, CES 14, Pag-asa, U-Thong 1 and local variety were measured in three successive experiments planted in the farmer fields in Bangpae district of Rachaburi Province. The objective was to evaluate the relationship between growth rate of individual mungbean seed and grain yield.

The result from this study indicated that high yielding varieties of mungbean also had high rate of drymatter accumulation in seed. However, we were not able to demonstrate that relationship between yield and duration of seed filling period existed in mungbean. Positive correlation between rate of seed filling period and yield per plant was found. However, such relationship between rate of seed filling period and seed size was not obtained.

เรื่องย่อ

การศึกษาเกี่ยวกับอัตราและระยะเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดถั่วเขียวพันธุ์ต่างๆ 5 สายพันธุ์ ได้แก่พันธุ์ Pag-asa พันธุ์ CES-87 พันธุ์ CES-14 พันธุ์อู่ทอง 1 และพันธุ์พื้นเมือง ได้กระทำขึ้นในไร่นาเกษตรกรในอำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี วัตถุประสงค์ของการทดลองดังกล่าวเพื่อที่จะศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดกับผลผลิตในถั่วเขียว

ผลของการศึกษาดังกล่าวได้แสดงให้เห็นว่าพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์ใดที่ให้ผลผลิตสูงย่อมจะมีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดที่สูงด้วย อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับระยะการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดถั่วเขียว ในขณะเดียวกันค่าสหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดกับผลผลิตต่อต้นเป็นไปในทางบวก แต่อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดกับขนาดของ

1 ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2 สถาบันจัดการฟาร์ม กรมวิชาการเกษตร

เมล็ดนั้น ไม่พบว่ามีความสัมพันธ์กันแต่ประการใด

คำนำ

ขบวนการสร้างผลผลิตในพืชตระกูลถั่วนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็นสามส่วนย่อย ๆ คือ (1) การสร้างการเจริญเติบโตทางใบซึ่งเป็นช่วงที่พืชสร้างสารประกอบคาร์โบไฮเดรตเพื่อการเจริญเติบโต (2) การสร้างดอก ผัก และเมล็ด ซึ่งเปรียบเสมือนภาชนะที่บรรจุสารประกอบคาร์โบไฮเดรต ซึ่งอวัยวะดังกล่าวก็จะกลายเป็นผลผลิตต่อไป (3) การเคลื่อนย้ายสารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่พืชสร้างขึ้นเข้าสู่เมล็ดและการเพิ่มน้ำหนักแห้งของเมล็ด ในช่วงที่เมล็ดพืชตระกูลถั่วเจริญเติบโต ขบวนการเคลื่อนย้ายสารประกอบคาร์โบไฮเดรตเข้าสู่เมล็ดนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญสองประการ ได้แก่อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ด (rate of seed filling period) และช่วงเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ด (duration of seed filling period) (Egli, 1975)

นักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้ให้ความสนใจและได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับอัตราและช่วงเวลาในการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดในพืชตระกูลถั่วบ้างพอสมควร Hanway and Weber (1971) ได้รายงานถึงการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดถั่วเหลือง 8 พันธุ์ที่ให้ผลผลิตแตกต่างกันว่าถั่วเหลืองพันธุ์ดังกล่าวทั้งสิ้นมีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกัน Egli and Leggett (1978) ได้รายงานว่าพันธุ์และสภาพแวดล้อมในการปลูกในแต่ละปีเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดแตกต่างกันออกไป นอกจากนั้น Egli and Leggett (1978) ยังได้เน้นถึงความสำคัญของช่วงเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งในถั่วเหลืองว่ามีความสำคัญมากกว่าอัตราการสะสมน้ำหนักแห้ง ในการที่จะทำให้ผลผลิตของถั่วเหลืองเปลี่ยนแปลงไป Egli (1975) ได้รายงานว่า อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดถั่วเหลืองมีประมาณ 3.38 ถึง 8.32 มิลิกรัม/เมล็ด/วัน แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดกับผลผลิตแต่อย่างใด

ถั่วเขียวเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งในประเทศไทย ในขณะเดียวกันการเจริญเติบโตของถั่วเขียวก็คล้ายคลึงกับถั่วเหลืองเป็นอย่างมาก (อภิพรรณ, 2522) นอกจากผลผลิตของถั่วเขียวยังอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าถั่วเหลืองเท่านั้น ดังนั้นนักวิชาการจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาถึงผลผลิตและปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตในถั่วเขียวเป็นอย่างยิ่ง อภิพรรณ และเอกหงวน (2525) ได้ชี้ให้เห็นถึงความเหมาะสมของสายพันธุ์ถั่วเขียวจากต่างประเทศบางสายพันธุ์ว่าสามารถที่จะให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ถั่วเขียวที่นิยมปลูกอยู่ในประเทศไทยในสภาพไร่นาเกษตรกร และถั่วเขียวพันธุ์ดังกล่าวนี้มีความเหมาะสมที่จะนำไปปลูกในระบบการปลูกพืช ถั่วเขียว–ข้าว–ถั่วเขียวได้ ดังนั้นการศึกษาถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยการสร้างผลผลิตของถั่วเขียว สำหรับพันธุ์ดังกล่าวเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์พื้นเมืองในประเทศไทยย่อมจะมีประโยชน์และเป็นแนวทางในการปรับปรุงผลผลิตของถั่วเขียวในประเทศไทยให้สูงขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้ เพื่อที่จะศึกษาถึงอัตราและช่วงเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดถั่วเขียว และความสัมพันธ์ของอัตราและช่วงเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดกับผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตในถั่วเขียวสายพันธุ์ต่าง ๆ ในสภาพไร่นาเกษตรกรในภาคกลางของประเทศไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

รายละเอียดของอุปกรณ์และวิธีการของการทดลองดังกล่าวนี้ได้เสนอไว้ในผลงานวิจัยฉบับที่แล้ว (อภิพรรณ และเอกหงวน, 2525) สาระสำคัญของวิธีการศึกษาดังกล่าวได้แก่การปลูกถั่วเขียวพันธุ์ CES 87 พันธุ์ CES 14 พันธุ์ Pag-asa พันธุ์อู่ทอง 1 และพันธุ์พื้นเมืองในไร่นาเกษตรกร อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี ในการทดลอง 3 ครั้ง คือ ในเดือนกรกฎาคม 2523 ในเดือนพฤศจิกายน 2523 และเดือนธันวาคม 2523 โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block มี 3 ซ้ำ การเจริญเติบโตของถั่วเขียวในการทดลองทั้งสามนี้อาศัยน้ำฝนเท่านั้น

อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดกระทำโดยการสุ่มตัวอย่างฝักถั่วเขียวจากจำนวนต้น 3 ต้น ทุกๆ 3 วัน โดยนับเอาวันที่ฝักเริ่มมีเมล็ดขนาดเล็กพอสัมผัสได้เป็นวันที่หนึ่ง แล้วนำตัวอย่างดังกล่าวมาอบในตู้อบ โดยใช้อุณหภูมิ 50°ซ เป็นเวลา 3 วันจึงกระเทาะเมล็ดออกจากตัวอย่างของฝัก นับจำนวนเมล็ดต่อตัวอย่าง และคำนวณหาน้ำหนักเมล็ด (กรัม/100 เมล็ด) น้ำหนักเมล็ดต่อต้นต่อไป การคำนวณหาอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดกระทำโดยพล็อตเส้น linear regression ทาบลงบนกราฟของการเพิ่มน้ำหนักเมล็ดต่อช่วงเวลา ในส่วนของ log phase หรือ effective filling period duration แล้วจึงคำนวณค่าอัตราและช่วงเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดตามวิธีการที่ใช้โดย Daynard, Tanner and Duncan (1971) และ Kaplan and Koller (1974)

เมื่อถั่วเขียวแก่ จึงมีการเก็บเกี่ยว โดยใช้พื้นที่เก็บเกี่ยวเท่ากับ 2×2 ตารางเมตร ก่อนการเก็บเกี่ยวมีการนับฝักและเมล็ดเพื่อหาองค์ประกอบของผลผลิตของถั่วเขียวทั้ง 5 สายพันธุ์ที่ทำการศึกษา

ผลและวิจารณ์

รายละเอียดของผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตถั่วเขียว 5 สายพันธุ์คือ พันธุ์ CES 14 พันธุ์ CES 87 พันธุ์ Pag-asa พันธุ์อู่ทอง 1 และพันธุ์พื้นเมืองได้แสดงไว้ในผลงานวิจัยที่แล้ว (อภิพรรณ และเอกหงวน, 2525) โดยสรุปของการศึกษาเกี่ยวกับผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต พบว่าพันธุ์ Pag-asa และ CES 14 ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ ที่ใช้ในการทดลอง สาเหตุที่พันธุ์ Pag-asa ให้ผลผลิตสูงสุดนั้นเนื่องมาจากพันธุ์ Pag-asa มีจำนวนฝักต่อต้นในปริมาณที่สูงกว่าพันธุ์อื่นๆ ส่วนในพันธุ์ CES 14 นั้น นอกจากจะมีจำนวนฝักสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ นอกจากพันธุ์ Pag-asa แล้ว พันธุ์ CES14 ยังมีจำนวนเมล็ดต่อฝักและน้ำหนักเมล็ดสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ ทั้งสิ้น ค่าเฉลี่ยของเมล็ดต่อฝักและน้ำหนักเมล็ด (กรัม/100 เมล็ด) ของพันธุ์ดังกล่าวเท่ากับ 8.41 และ 6.99 กรัม ตามลำดับ

อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดถั่วเขียว 5 สายพันธุ์ทั้ง 3 การทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของพันธุ์ CES-14 และพันธุ์ Pag-asa มีสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ อีก 3 สายพันธุ์ และพันธุ์ทั้งสองนี้ให้ผลผลิตสูงกว่าอีก 3 สายพันธุ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ด้วย พันธุ์อู่ทอง 1 มีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่ำสุด ส่วนพันธุ์ CES87 ที่มีค่าของอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดเฉลี่ยจากสามการทดลองสูงนั้น เนื่องมาจากมีค่าในการทดลองที่ 3 เท่านั้นที่สูงมาก แต่จากการทดลองที่ 1 และ 2 นั้นมีค่าต่ำ และผลการวิเคราะห์ทางสถิติแตกต่างกันที่การทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 3 เท่านั้น

สำหรับช่วงระยะเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดถั่วเขียว 5 สายพันธุ์ทั้งสามการทดลองนี้จะเห็นได้ว่า ในการทดลองที่ 2 มีช่วง

ตารางที่ 1 อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดถั่วเขียว 5 สายพันธุ์*

ชื่อพันธุ์	อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ด (มิลิกรัม/วัน)			ค่าเฉลี่ยในแต่ละพันธุ์
	การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2	การทดลองที่ 3	
พันธุ์ Pag-asa	3.20[b]	5.40	13.0[ab]	7.20
พันธุ์ CES-14	6.40[a]	5.30	12.6[ab]	8.10
พันธุ์ CES-87	4.10[b]	5.00[a]	15.2	8.10
พันธุ์อู่ทอง 1	3.20[b]	3.70	10.2[c]	5.70
พันธุ์พื้นเมือง	3.00[b]	5.00	10.4[bc]	6.70
ค่าเฉลี่ยในแต่ละการทดลอง	4.00	4.90	12.30	7.10
L.S.D. 0.05	1.90	N.S.	1.80	
0.01	2.70	N.S.	2.60	

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันใน Column เดียวกัน หมายถึงตัวเลขเหล่านี้มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

ตารางที่ 2 ช่วงระยะเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดถั่วเขียว 5 สายพันธุ์*

ชื่อพันธุ์	ช่วงระยะเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ด (วัน)			ค่าเฉลี่ยในแต่ละพันธุ์
	การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2	การทดลองที่ 3	
พันธุ์ Pag-asa	17	25	12	18.00
พันธุ์ CES-14	16	24	19	19.67
พันธุ์ CES-87	16	24	11	17.00
พันธุ์อู่ทอง 1	16	28	20	21.33
พันธุ์พื้นเมือง	17	22	21	20.00
ค่าเฉลี่ยในแต่ละการทดลอง	16.40	24.60	16.60	19.20
L.S.D. 0.05	N.S.	N.S.	4.31	
0.01	N.S.	N.S.	6.28	

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันใน Column เดียวกัน หมายถึงตัวเลขเหล่านี้มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

ระยะเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งสูงที่สุด เนื่องมาจากความชื้นในดินยังมีอยู่เพียงพอกับการเจริญเติบโตของถั่วเขียว (รายละเอียดโปรดดูอภิพรรณ และเอกหงวน, 2525) Hanway and Weber (1971) ได้รายงานถึงอิทธิพลของความชื้นในดินกับช่วงระยะเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งในถั่วเหลืองไว้คล้ายคลึงกับข้อมูลในการทดลองนี้ พันธุ์อู่ทอง 1 มีช่วงระยะเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งยาวนานกว่าพันธุ์ CES-14 และพันธุ์ Pag-asa แต่ผลผลิตกลับต่ำกว่าพันธุ์ทั้งสอง

สำหรับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับช่วงการสะสมน้ำหนักแห้งในการศึกษาดังกล่าวนี้ไม่สามารถชี้ให้เห็นชัดได้ว่ามีความสัมพันธ์กับผลผลิต ซึ่งไม่เหมือนกับการทดลองของถั่วเหลืองหรือข้าวสาลี (Hanway and Weber, 1971; Stroy, 1965) ที่เคยได้ศึกษามาก่อน สาเหตุที่การทดลองนี้ไม่สามารถบ่งชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของช่วงระยะเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดได้เนื่องจากถั่วเขียวเป็นพืชที่มีอายุสั้น ทำให้ช่วงระยาเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดสั้นไปด้วย และการสุ่มตัวอย่างสัปดาห์ละ 2 ครั้ง อาจไม่เพียงพอที่จะจับความสัมพันธ์ของผลผลิตกับช่วงระยะเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดก็ได้ อีกประการหนึ่งถั่วเขียวมีลักษณะของ indeterminate growth อย่างมาก เมื่อเทียบกับถั่วเหลืองซึ่งมีหลายพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตแบบ determinate การสุกแก่ของถั่วเขียวไม่พร้อมกันอย่างชัดเจน การมีช่วงระยะเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดที่ยาวและมีการสุกแก่ของฝักไม่พร้อมกัน ตัวอย่างเช่นในพันธุ์อู่ทอง 1 และพันธุ์พื้นเมืองซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีการสุกแก่ของฝักช้ากว่าพันธุ์อื่น ๆ ก็เป็นสาเหตุอีกประการหนึ่งที่ไม่อาจจะค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างช่วงระยะเวลาการสะสมน้ำหนักในเมล็ดกับผลผลิตของถั่วเขียวด้วยวิธีการทดลองนี้ได้

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเมล็ด (กรัม/100เมล็ด) กับอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ด สำหรับพันธุ์ Pag-asa และ CES14 นั้นมีค่าเท่ากับ -.025 และ 0.260 ตามลำดับ และค่าของ สหสัมพันธ์ดังกล่าวนี้ไม่ถึงระดับที่แตกต่างทางสถิติ ส่วนค่าสหสัมพันธ์ของพันธุ์อื่น ๆ สำหรับน้ำหนักเมล็ดและอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดก็เช่นเดียวกัน คือไม่สูงถึงระดับที่แตกต่างกันทางสถิติ จึงสรุปได้ว่าอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดถั่วเขียวไม่มีความสำคัญกับขนาดของเมล็ดแต่อย่างใด ซึ่ง Egli (1975) ก็ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดกับขนาดของเมล็ดในถั่วเหลืองในการศึกษาของเขาอีกด้วย

เมื่อได้ทดสอบถึงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตต่อต้นกับอัตราและช่วงเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดถั่วเขียวทั้ง 5 สายพันธุ์แล้ว ได้พบว่าอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดถั่วเขียว 4 สายพันธุ์ คือ CES 14 พันธุ์ CES 87 พันธุ์อู่ทอง 1 และพันธุ์พื้นเมือง มีค่าสหสัมพันธ์ในทางบวกกับผลผลิตต่อต้นทั้งสิ้น และค่าสหสัมพันธ์ (r) ของพันธุ์ทั้ง 4 ใน 5 สายพันธุ์อยู่ในระดับที่มีความเชื่อมั่นทางสถิติทั้งสิ้น (ตารางที่ 3) ส่วนช่วงเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดกับผลผลิตเมล็ดต่อต้นนี้ ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทั้งสองแต่ประการใด การทดลองนี้จึงแสดงให้เห็นว่าอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดในช่วงที่เมล็ดเจริญเติบโตนั้น เป็นปัจจัยสำคัญอันหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับความสามารถของพันธุ์ในการให้ผลผลิตภายใต้สภาพแวดล้อมต่าง ๆ อย่างยิ่ง

การที่อัตราของการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดในถั่วเขียวมีความสัมพันธ์กับผลผลิตต่อต้น แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของเมล็ดนั้น น่าจะอธิบายได้ว่า อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดนั้นเกี่ยวพันใกล้ชิดกับความสามารถของใบพืชในการสร้างสารประกอบคาร์บอน ในช่วงที่

ตารางที่ 3 ค่าสหสัมพันธ์ (r) ระหว่างผลผลิตเมล็ดต่อต้น กับอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ด และช่วงระยะเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งในถั่วเขียว 5 สายพันธุ์

ชื่อพันธุ์	อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ด	ช่วงระยะเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ด
พันธุ์ Pag-asa	0.608	0.060
พันธุ์ CES-14	0.877**	−0.336
พันธุ์ CES-87	0.909**	−0.539
พันธุ์อู่ทอง 1	0.894**	−0.079
พันธุ์พันเมือง	0.990**	−0.024
ค่าเฉลี่ย	0.856	−0.184

* มีความสัมพันธ์กัน (r .05)
** มีความสัมพันธ์ยิ่ง (r .01)

พืชสะสมน้ำหนักแห้ง และรวมทั้งการเคลื่อนย้ายของสารประกอบคาร์บอนจากส่วนอื่น ๆ ในพืชเข้าสู่เมล็ดเพื่อกลายมาเป็นผลผลิตต่อไป ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดกับผลผลิตต่อต้นนั้นอาจชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของสภาพแวดล้อมในช่วงการเจริญเติบโตของฝักและเมล็ดถั่วเขียว ซึ่งหากสภาพแวดล้อมดังกล่าวข้างต้นแปรปรวนไป ผลกระทบที่เกิดขึ้นก็ได้แก่ผลผลิตของพืช ซึ่งเป็นผลรวมขององค์ประกอบของผลผลิต มิใช่ว่าผลกระทบของสภาพแวดล้อมจะเกิดขึ้นกับองค์ประกอบของผลผลิตอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่นน้ำหนักเมล็ดเพียงอย่างเดียว

เอกสารอ้างอิง

อภิพรรณ พุกภักดี. 2522 สรีรวิทยาของการผลิตพืชตระกูลถั่ว เอกสารคำสอนวิชาสรีรวิทยาของพืชตระกูลถั่ว กรุงเทพฯ : ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อภิพรรณ พุกภักดี และ เอกหงวน ชูวิสิฐกุล 2525 ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเขียว 5 สายพันธุ์ที่ปลูกทดลองในไร่นาเกษตรกร จังหวัดราชบุรี *วิทยาสารเกษตรศาสตร์* 16 (2) 82–88.

Daynard, T.B., J.W. Tanner and W.G. Duncan. 1971. Duration of grain filling period and its relationship to grain yield in corn. *Crop Sci.* 11 : 45–48.

Egli, D.B. 1975. Rate of accumulation of dryweight in seed of soybean and its relationship to yield. *Can. J. Plant Sci.* 55 : 215–219.

Egli, D.B. and J.E. Leggett. 1973. Dry-matter accumulation pattern in determinate and indeterminate soybean. *Crop Sci.* 13 : 220–222.

Hanway, J.J. and C.R. Weber. 1971. Drymatter accumulation in eight soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties. *Agron. J.* 63 : 227–230.

Kaplan, S.L., and H.R. Koller. 1974. Variation among soybean cultivars in seed growth rate during linear growth of seed. *Crop Sci.* 14: 613–214.

Stroy, V. 1965. Photosynthesis respiration and carbohydrate accumulation in spring wheat in relation to yield. Physiol. *Plant Suppl.* 4 : 1–125.