ตรวจเอกสาร

ผลของระยะเวลาปลูกต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

การผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในเขตภาคเหนือตอนบนของไทย นิยมปลูกตามหลังการทำนาข้าว โดยมีระยะปลูกในราวกลางเดือนธันวาคมถึงกลางเดือนมกราคมของทุกปี และมีช่วงการเก็บเกี่ยวราวเดือนเมษายนอันเป็นช่วงที่มีสภาพแห้งแล้งและอุณหภูมิสูง ซึ่งในสภาพดังกล่าวจะส่งผลให้ผลผลิตมีคุณภาพลดลง (Hsiao, 1973; Begg and Turner, 1976; Levitt, 1980; Gregg, 1981; Whitam, 1984) จึงกล่าวได้ว่าระยะเวลาปลูกมีผลต่อผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง เพราะส่งผลให้ช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตและช่วงการพัฒนาเมล็ด ได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมจากการที่มีระยะเวลาปลูกเร็วหรือล่าไปจากระยะเวลาปลูกตามปกติ

ผลของระยะเวลาปลูกต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิต

จากการศึกษาถึงผลของระยะเวลาปลูกหรือวันปลูก ต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของถั่วเหลือง พบว่า ผลผลิตจะลดลงเมื่อทำการปลูกถั่วเหลืองเร็วกว่าวันปลูกตามปกติ หรือเรียกว่ามีวันปลูกเร็ว (early planting date) (Green *et al.*, 1965) และปลูกหลังวันปลูกตามปกติ หรือเรียกว่ามีวันปลูกล่า (late planting date) (Anderson and Vasilas, 1985; Pfeiffer and Pilcher, 1987; Raymer and Bernard, 1988a; Settimi and Board, 1988) แต่การลดลงของผลผลิตจะขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม อาทิ อายุเก็บเกี่ยว (Green *et al.*, 1965), วันออกดอก (Pfeiffer and Pilcher, 1987), ความยาวแสง (George, 1961), อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์บรรยากาศในช่วงสุกแก่ (Green *et al.*, 1965; TeKrony *et al.*, 1980) เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Smith *et al.* (1961 อ้างโดย Green *et al.*, 1965) รายงานถึงความสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกและอายุเก็บเกี่ยวของถั่วเหลืองว่า ในถั่วเหลืองพันธุ์เบาที่มีวันปลูกเร็วกว่าช่วงเวลาปลูกตามปกติ จะให้เมล็ดพันธุ์คุณภาพต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองที่ปลูกในช่วงวันปลูกล่า ส่วนในถั่วเหลืองพันธุ์หนักที่ปลูกเร็วกว่าเวลาปลูกตามปกติ จะได้รับผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองพันธุ์เบา แต่มีแนวโน้มว่า จะให้เมล็ดที่มีคุณภาพลดลงมากขึ้นหากมีระยะเวลาปลูกล่าออกไปมากขึ้น George (1961) รายงานว่า วันปลูกจะส่งผลกระทบต่อผลผลิตของถั่วเหลืองพันธุ์หนักและพันธุ์ปานกลาง มากกว่าถั่วเหลืองพันธุ์เบาและพันธุ์หนักมาก นอกจากนี้ยังได้รายงานเพิ่มเติมอีกว่าถั่วเหลืองที่มีวันปลูกล่ามากๆ ระยะเวลาของการเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบถึงระยะออกดอก (V stage-R_1) ของพันธุ์หนักจะลดลงมากกว่าพันธุ์เบา ในขณะที่ระยะเวลาการเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะช่วงออกดอกถึงระยะสุกแก่ (R_1-R_7) ของถั่วเหลืองพันธุ์เบาจะลดลงมากกว่าพันธุ์หนัก และถั่วเหลืองพันธุ์เบาที่มีวันปลูกล่าจะมีวันสุกแก่ยาวออกไปอีกจากเดิมมากขึ้นเมื่อเทียบกับพันธุ์หนัก (Osler and Cartter, 1954) ทว่า Torrie and Briggs (1955 อ้างโดย George, 1961) รายงานว่า วันสุกแก่ของถั่วเหลืองที่ปลูกในวันปลูกล่าทั้งพันธุ์หนักและพันธุ์เบาจะไม่มีความแตกต่างกัน

Anderson and Vasilas (1985) ได้ทดลองปลูกถั่วเหลืองพันธุ์หนัก (William 79) และพันธุ์เบา (Corsoy 79) ในวันปลูกปกติและวันปลูกล่า พบว่าวันปลูกปลูกล่าจะส่งผลให้ผลผลิตของทั้ง 2 พันธุ์ลดลง โดยถั่วเหลืองพันธุ์หนักจะลดลงมากกว่าพันธุ์เบา ซึ่งการลดลงของผลผลิตเกิดจากจำนวนเมล็ดลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าถั่วเหลืองที่มีวันปลูกล่าจะมีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งในระยะการเจริญ V_e-R_1 เพิ่มมากขึ้น แต่อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งจะลดลงในระยะ R_1-R_5 และในระยะ R_5-R_7 อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งมีแนวโน้มคงที่หรือลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองที่ปลูกในช่วงเวลาปกติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกและถั่วเหลืองที่มีวันออกดอกที่แตกต่างกันแต่มีวันสุกแก่ที่พร้อมกันต่อการสร้างผลผลิต Pfeiffer and Pilcher (1987) รายงานว่า ถั่วเหลืองทุกพันธุ์ไม่ว่าจะมีวันออกดอกเร็วหรือช้า ถ้ามีวันปลูกล่าออกไปจากวันปลูกปกติ จะส่งผลให้ผลผลิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับผลผลิตของถั่วเหลืองที่มีวันปลูกปกติ ทว่าการลดลงของผลผลิตนี้มีข้อสังเกต คือ ถั่วเหลืองพันธุ์ที่มีวันออกดอกช้าจะมีการลดลงของผลผลิตน้อยกว่าพันธุ์ที่มีวันออกดอกเร็วกว่า

นอกจากนี้ยังพบอีกว่า การเจริญเติบโตของถั่วเหลืองมีความสัมพันธ์กับวันปลูกและความยาวของวัน โดยวันปลูกจะส่งผลให้ถั่วเหลืองได้รับผลของความยาววันที่แตกต่างกัน โดยปกติแล้วถั่วเหลืองทุกพันธุ์จะสามารถออกดอกได้ในช่วงความยาวแสงตั้งแต่ 8 ถึง 10 ชั่วโมง (Borthwick and Parker, 1939) และจากรายงานของ Garner and Allard (1930) ถึงผลของความยาววันที่แตกต่างกันเนื่องจากมีวันปลูกที่ต่างกัน ต่อการสร้างผลผลิตและการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง ที่ปลูกในแถบตะวันตกเฉียงใต้ของอเมริกา โดยรายงานว่าในวันปลูกปกติถั่วเหลืองทุกพันธุ์จะมีเวลาในการออกดอกได้ 25 วัน ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวมีความยาววันเป็น 9-12 ชั่วโมง แต่ถ้าถั่วเหลืองปลูกในวันปลูกล่าของเดือนเมษายน ซึ่งทำให้ช่วงออกดอกของถั่วเหลืองจะมีความยาววันมากกว่า 12 ชั่วโมง ส่งผลให้ถั่วเหลืองไม่มีการออกดอกทำให้มีระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบเพิ่มขึ้น และจะยิ่งเพิ่มมากขึ้นในถั่วเหลืองพันธุ์หนัก แต่ถ้าถั่วเหลืองปลูกในวันปลูกที่ล่าออกไปอีก คือ ตั้งแต่ต้นเดือนพฤษภาคม พบว่า ถั่วเหลืองพันธุ์หนักจะมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบลดลงมากกว่าถั่วเหลืองพันธุ์เบา จนกระทั่งถึงวันปลูกในเดือนสิงหาคม พบว่าถั่วเหลืองทุกพันธุ์จะมีวันออกดอกที่ใกล้เคียงกันอีกครั้ง จึงอาจกล่าวได้ว่า ช่วงความยาวแสงถือเป็นตัวแปรหลักที่จะส่งผลต่อวันสุกแก่ของถั่วเหลือง และตัวแปรที่รองลงมา คือ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Camper and Smith, 1958; Hartwig, 1954) เช่นเดียวกับรายงานของ Board and Hall (1984 อ้างโดย Settimi and Board, 1988) ที่รายงานว่า ปัจจัยที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่งผลให้ผลผลิตของถั่วเหลือง ที่มีวันปลูกล่าไปจากระยะเวลาปลูกที่เหมาะสมต้องลดลง คือ ผลของวันสั้นซึ่งจะชักนำให้ถั่วเหลืองออกดอกเร็วขึ้น ดังนั้นการเจริญเติบโตทางลำต้นหลักและกิ่งจึงหยุดชะงักลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการทดลองอื่นๆ ที่รายงานว่า ความสูงของต้นถั่วเหลืองจะลดลงเมื่อมีวันปลูกที่ล่าออกไป (Garner and Allard, 1930; Osler and Cartter, 1954; Raymer and Bernard, 1988b) Settimi and Board (1988) รายงานเพิ่มเติมว่า การลดลงของผลผลิตของถั่วเหลืองที่มีวันปลูกล่าออกไปจากวันปลูกที่เหมาะสม เป็นผลเนื่องจากการลดลงของจำนวนกิ่งในถั่วเหลือง และยังรายงานเพิ่มอีกว่า การเกิดกิ่งของถั่วเหลืองที่มีวันปลูกล่า จะเกิดบริเวณส่วนกลางและบนของลำต้นหลัก ขณะที่ถั่วเหลืองที่มีวันปลูกปกติ กิ่งจะเกิดมากบริเวณส่วนล่างและกลางของลำต้นหลัก ซึ่งสาเหตุเนื่องมาจากความยาวของช่วงแสง นอกจากนี้ ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาของกิ่งมิได้มีเฉพาะระยะเวลาปลูกเท่านั้น ยังมีปัจจัยด้านความหนาแน่นและวิธีการจัดการอีกด้วย (Herbert and Litchfield, 1982)

Parvez *et al.* (1989) ได้ศึกษา ผลของวันปลูก ระยะปลูกและจำนวนประชากรของถั่วเหลือง ต่อการรับแสงและการสร้างผลผลิตของถั่วเหลืองพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตแบบทอดยอด (indeterminate-type) และไม่ทอดยอด (determinate-type) โดยทำการทดลองปลูกถั่วเหลืองทั้ง 2 พันธุ์ ในวันปลูกปกติและวันปลูกล่า และมีระยะปลูกแบบกี่และห่าง พบว่า การรับแสง ค่า LAI ค่า CGR และผลผลิตของถั่วเหลืองพันธุ์ไม่ทอดยอดจะมีค่าสูงกว่าในถั่วเหลืองพันธุ์ทอดยอด และได้ปฏิเสธสมมุติฐานที่ว่า ลักษณะการเจริญเติบโตแบบทอดยอดหรือไม่ทอดยอด จะตอบสนองต่อลักษณะของโครงสร้างที่แตกต่างกัน อันเป็นผลมาจากวันปลูก จำนวนประชากรและระยะปลูก ว่าไม่เป็นความจริง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่า วันปลูกจะมีผลต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของถั่วเหลือง โดยเฉพาะอย่างยิ่งวันปลูกที่เร็วหรือล่าออกไปจากระยะเวลา

ปลูกที่เหมาะสมซึ่งจะส่งผลให้ถั่วเหลืองเจริญอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม อาทิ ความยาวของวันที่ยาวกว่าปกติจะชะลอการออกดอกของถั่วเหลือง หรือความยาววันที่สั้นจะเร่งให้ถั่วเหลืองออกดอกเร็วขึ้น จึงมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบน้อยผิดปกติไป เป็นต้น ซึ่งผลกระทบจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมนี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะทางพันธุกรรมของถั่วเหลือง เช่น อายุเก็บเกี่ยว อายุออกดอก และขึ้นกับการจัดการและความหนาแน่นของประชากรถั่วเหลืองอีกด้วย

ผลของระยะเวลาปลูกต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

ผลของวันปลูกที่มีต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองโดยเฉพาะอย่างยิ่งในวันปลูกที่ไม่เหมาะสม คือเร็วหรือล่าจากระยะเวลาปลูกตามปกติ โดยจะส่งผลให้ถั่วเหลืองมีช่วงการเจริญเติบโตหรือการสุกแก่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม อาทิ สภาพแห้งแล้งขาดแคลนน้ำและมีอุณหภูมิสูง (Green *et al.*, 1965; Harris *et al.*, 1965; TeKrony *et al.*, 1980) สภาพที่มีอุณหภูมิต่ำมากๆ (Saliba *et al.*, 1982) หรือได้รับน้ำเนื่องจากถั่วเหลืองมีช่วงสุกแก่ในช่วงต้นฤดูฝน (อรรณพ, 2532)

Green *et al.* (1965) รายงานว่าคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ปลูกในช่วงวันปลูกเร็ว จะมีช่วงการสุกแก่ภายใต้สภาพแห้งแล้งและอุณหภูมิสูง ทำให้เมล็ดพันธุ์ที่ได้มีคุณภาพความงอกต่ำทั้งในสภาพแปลงและห้องปฏิบัติการ ขณะที่การปลูกถั่วเหลืองในวันปลูกล่า จะมีช่วงสุกแก่หลังจากสภาพแห้งแล้งและอุณหภูมิสูงได้สิ้นสุดลง ซึ่งจะให้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพความงอกที่สูงทั้งในสภาพแปลงและห้องปฏิบัติการ เช่นเดียวกับผลการทดลองของ Feaster (1942); Harris *et al.* (1965); TeKrony *et al.* (1980) ที่รายงานว่า ช่วงสุกแก่ของเมล็ดถั่วเหลืองหากได้รับอุณหภูมิสูงและสภาพแห้งแล้งจะได้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพต่ำ หรือการนำเมล็ดถั่วเหลืองที่เก็บเกี่ยวไปทำการลดความชื้นด้วยอุณหภูมิที่สูงจะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ทำให้เมล็ดพันธุ์ที่ได้มีคุณภาพต่ำกว่าเมล็ดที่ลดความชื้นด้วยอุณหภูมิที่ต่ำกว่า (Adam *et al.* 1983) นอกจากนี้ Green *et al.* (1965) ได้รายงานเพิ่มเติมว่า เมล็ดถั่วเหลืองที่ได้จากช่วงเวลาปลูกเร็ว จะมีปริมาณของเมล็ดที่มีใบเลี้ยงสีเขียว (green cotyledon) และเมล็ดที่มีเปลือกย่น (wrinked seedcoat) มาก อีกทั้งคุณภาพความงอกของเมล็ดทั้งสองชนิดจะต่ำทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและแปลงทดลอง เนื่องจากช่วงสุกแก่ของเมล็ดเกิดขึ้นภายใต้สภาพแห้งแล้งขาดน้ำและอุณหภูมิสูง เช่นเดียวกับรายงานของ Costa (1979) ที่รายงานว่า สภาพอุณหภูมิที่สูงในระยะสุดท้ายของการสุกแก่ของเมล็ด เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดเมล็ดเขียวในถั่วเหลือง มีผลให้คุณภาพของเมล็ดถั่วเหลืองต่ำลง ขณะที่ Hartwig (1954) รายงานว่า ถั่วเหลืองที่มีวันปลูกล่ามักจะให้เมล็ดพันธุ์คุณภาพสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในถั่วเหลืองพันธุ์ปรับปรุง

วันปลูกจะส่งผลกระทบน้อยในด้านคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในถั่วเหลืองพันธุ์หนัก แต่มีแนวโน้มที่จะให้เมล็ดพันธุ์คุณภาพต่ำถ้ามีวันปลูกที่ล่าออกไปจากเวลาปกติมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีรายงานเพิ่มเติมอีกว่า เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ได้จากการปลูกล่าจะมีขนาดเมล็ดเล็กกว่าเมล็ดที่ได้จากการปลูกเร็ว (Smith *et al.*, 1961 อ้างโดย Green *et al.*,1965) จากผลการวิจัยร่วมกันระหว่าง U.S. Regional Soybean Laboratory and the Agronomy Department of Iowa และ Purdue Agricultural Experiment Station (Weiss *et al.*, 1952 อ้างโดย Green *et al.*, 1965) รายงานว่าขนาดของเมล็ดถั่วเหลืองจะไม่ขึ้นกับวันปลูก ยกเว้นถั่วเหลืองพันธุ์หนักขนาดเมล็ดจะลดลงเมื่อมีวันปลูกล่าออกไป ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Osler and Cartter (1954)

ลักษณะหรือระยะเวลาการสุกแก่ของถั่วเหลืองแต่ละพันธุ์ จะมีผลต่อคุณภาพความงอกของเมล็ดและอัตราการเข้าทำลายของเชื้อรา TeKrony *et al.* (1984) ได้ทำการทดสอบคุณภาพความงอก ความแข็งแรง และอัตราการเข้าทำลายของเชื้อรา ใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ถั่วเหลืองพันธุ์หนัก พันธุ์ปานกลางและพันธุ์เบา ที่มีช่วงวันปลูกต่างๆ พบว่า คุณภาพความแข็งแรงของเมล็ดจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อวันเก็บเกี่ยวล่าออกไป ส่วนในถั่วเหลืองพันธุ์เบาและพันธุ์ปานกลางที่มีวันปลูกล่าจะส่งผลให้วันเก็บเกี่ยวล่าออกไปอีกจากเดิม ซึ่งทำให้ความงอกและความแข็งแรงเพิ่มขึ้น รวมทั้งลดอัตราการติดเชื้อ *Phomopsis sp.* ในเมล็ดอีกด้วย ส่วนในถั่วเหลืองพันธุ์หนักจะให้เมล็ดที่มีคุณภาพสูงและการติดเชื้อ *Phomopsis sp.* จะต่ำโดยไม่ขึ้นกับปัจจัยด้านวันปลูก

Raymer and Bernard (1988a) รายงานว่า พันธุ์ถั่วเหลืองกับวันปลูกจะมี interaction กันในด้านวันสุกแก่กับคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ แต่ในด้านผลผลิต วันออกดอกและน้ำหนัก 100 เมล็ดจะไม่มี interaction กัน ในช่วงการเจริญเติบโตของระยะ R_6 ของถั่วเหลืองที่ปลูกบริเวณตอนเหนือของสหรัฐอเมริกา หากได้รับสภาพอากาศเย็นโดยเฉพาะในช่วงต้นเดือนกันยายนจะทำให้ผลผลิตของถั่วเหลืองทุกพันธุ์จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากจำนวนและขนาดเมล็ดลดลง ปริมาณน้ำมันในเมล็ดจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน ทว่าปริมาณโปรตีนจะไม่ได้รับผลกระทบแต่อย่างใด (Saliba *et al.*, 1982)

อรรณพ (2532) ศึกษาผลของวันปลูกที่มีต่อคุณภาพเมล็ดถั่วเหลือง ในสภาพการปลูกไร่นาตามหลังการทำนา ในปีการเพาะปลูก 2529/30 ในเขตพื้นที่กลุ่มเกษตรกรทำนาสันมหาพน ตำบลสันมหาพน อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีวันปลูก 3 ระยะ คือ ปลูกในวันที่ 20 ธันวาคม วันที่ 30 ธันวาคม และวันที่ 10 มกราคม พบว่า วันปลูกที่ 30 ธันวาคม จะให้ผลผลิตสูงที่สุด 476 กิโลกรัม/ไร่ เนื่องจากเกษตรกรมีความพร้อมในการเตรียมแปลง และการจัดการให้น้ำในระดับแปลงต่อแปลงไม่เป็นอุปสรรค และพบว่าในวันปลูกที่ 10 มกราคม จะมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียสูงที่สุดถ้าเก็บเกี่ยวตามอายุสุกแก่ทางสรีรวิทยา และเมื่อทำการเก็บรักษานาน 4 เดือนในอุณหภูมิห้องปกติ พบว่า วันปลูกที่ 20 และ 30 ธันวาคม เมล็ดจะมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าวันปลูกที่ 10 มกราคม ประมาณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

7 เปอร์เซ็นต์ และได้รายงานอีกว่า ปัญหาสำคัญที่ทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองต่ำ คือ ถั่วเหลืองมีช่วงสุกแก่อยู่ในช่วงต้นของฤดูฝน เมล็ดได้รับความเสียหาย ซึ่งแนวทางหนึ่งของการปัญหา คือ เลื่อนวันปลูกให้เร็วขึ้นกว่าเดิม

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่า ผลของวันปลูกที่มีต่อการเกิดเมล็ดเขียวหรือเมล็ดที่มีใบเลี้ยงสีเขียว (green cotyledon) ในถั่วเหลืองนั้น จะเกิดเนื่องจากเมล็ดมีช่วงสุกแก่อยู่ในช่วงที่มีอุณหภูมิสูงและแห้งแล้งขาดน้ำ ดังนั้นจากการศึกษาถึงผลกระทบของการขาดน้ำและอุณหภูมิสูงต่อลักษณะทางสรีรวิทยา การเจริญเติบโต ตลอดจนการสร้างและคุณภาพของผลผลิต ซึ่งส่วนใหญ่รายงานว่าการเกิดสภาวะการขาดน้ำ (water stress) จะทำให้คุณภาพและผลผลิตของถั่วเหลืองลดลง (Hsiao, 1973; Begg and Turner, 1976; Ashley and Ethridge, 1978; Levitt, 1980; Carlson *et al.*, 1982; Karlen *et al.*, 1982; Korte *et al.*, 1983a; Pandey *et al.*, 1984a, 1984b; Meckel *et al.*, 1984; Smiciklas *et al.*, 1989)

ผลของการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลือง

Pandey *et al.* (1984b) ทำการศึกษาการขาดน้ำในพืชตระกูลถั่วพบว่าเมื่อภาวะการขาดน้ำ (water stress) รุนแรงขึ้น ค่า water potential ของใบจะลดลง อุณหภูมิในทรงพุ่มจะเพิ่มสูงขึ้นทำให้ผลผลิตลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในถั่วเขียวรองลงมาได้แก่ถั่วเหลือง และจำนวนฝัก/ตารางเมตร จะได้รับผลกระทบจากภาวะการขาดน้ำมากที่สุด รองลงมาคือจำนวนเมล็ด/กระถาง ในขณะที่น้ำหนักเมล็ดได้รับผลกระทบน้อยที่สุด (Pandey *et al.*, 1984a)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลกระทบของภาวะการขาดน้ำต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะเวลาและระดับความรุนแรงของภาวะขาดน้ำที่เกิดขึ้น (Sionit and Kramer,1977; Ashley and Ethridge, 1978; Momen *et al.*, 1979; Korte *et al.*, 1983a) จากงานวิจัยจำนวนมากที่รายงานถึงผลกระทบของการขาดน้ำที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ต่อการสร้างผลผลิตของถั่วเหลือง อาทิ ที่ระยะ R_5 การเกิดภาวะขาดน้ำอย่างรุนแรงจะส่งผลให้น้ำหนักในส่น vegetable plant ลดลง 20-50 เปอร์-เซ็นต์และผลผลิตลดลง 21-46 เปอร์เซ็นต์ โดยผลผลิตที่ลดลงเป็นผลมาจากการลดลงของจำนวนเมล็ด/หน่วยพื้นที่ คือ ลดลงถึง 16-50 เปอร์เซ็นต์ (Meckel *et al.*, 1984) เช่นเดียวกับรายงานของ Dornbos *et al.* (1989) ที่ว่าการเกิดภาวะขาดน้ำจะทำให้ผลผลิตของถั่วเหลืองลดลงเนื่องจากการสร้างเมล็ดลดลง Doss *et al.* (1974) สรุปว่า ถั่วเหลืองจะตอบสนองต่อภาวะการขาดน้ำอย่างมากที่ระยะติดฝัก เช่นเดียวกับรายงานของ Sionit and Kramer (1977) ที่รายงานว่า การเกิดภาวะขาดน้ำที่ระยะสร้างฝักและระยะติดเมล็ดจะส่งให้ผลผลิตลดลงมากที่สุด เมื่อเทียบกับการเกิดภาวะขาดน้ำที่ระยะสร้างดอก ทว่าการขาดน้ำที่ระยะสร้างดอกนั้น จะทำให้ระยะเวลาของการติดดอกลดลง ปริมาณดอกที่ร่วงหล่นมีมากขึ้นยังผลให้จำนวนฝักลดลง ทำให้จำนวนเมล็ดต่อต้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ขนาดเมล็ดไม่ได้แตกต่างจากถั่วเหลืองที่ไม่ได้รับภาวะการขาดน้ำ นอกจากนี้การขาดน้ำที่ระยะติดฝักทำให้เมล็ดถั่วเหลืองเข้าสู่กระบวนการสุกแก่เร็วขึ้น ซึ่งช่วงเวลาที่สั้นลงคือ ช่วงการพัฒนาเมล็ดและฝัก และอาจมีผลต่อการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดได้

เมื่อเกิดภาวะขาดน้ำในพืช มีรายงานว่า ค่า leaf water potential (Sionit and Kramer, 1977; Pandey *et al.*, 1984b) กระบวนการสังเคราะห์แสง (Hsiao and Acevedo, 1974; Dornbos *et al.*, 1989) กระบวนการสังเคราะห์สารอาหารภายในใบ การเคลื่อนย้ายสารอาหารไปสู่เมล็ด และการเคลื่อนย้ายสารอาหารจาก pholem ในเปลือกหุ้มเมล็ดไปยังเซลล์ในส่วน cotyledon (Meckel

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

et al., 1984) จะได้รับความกระทบกระเทือน Hsiao and Acevedo (1974) รายงานว่า การลดลงของอัตราการเคลื่อนย้ายน้ำหนักแห้งที่เป็นผลจากการเกิดภาวะการขาดน้ำนั้น มีสาเหตุจากความสามารถของ source ลดลง เพราะกระบวนการสังเคราะห์แสงลดลงและความสามารถของ sink ลดลง เพราะการเจริญเติบโตถูกยับยั้ง ซึ่งอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งที่ลดลงนี้ จะส่งผลให้น้ำหนักเมล็ดโดยรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (Sionit and Kramer, 1977)

การลดลงของปริมาณความชื้นในดินจะส่งผลกระทบต่อปริมาณธาตุอาหารภายในพืช (Viets, 1967 อ้างโดย Karlen *et al.*, 1982) และผลกระทบมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะการเจริญเติบโตของพืชขณะเกิดภาวะขาดน้ำ (Carlson *et al.*, 1982) Karlen *et al.* (1982) ศึกษาอัตราการสะสมและการกระจายตัวของธาตุอาหารในถั่วเหลืองที่มีลักษณะการเจริญเติบโตแบบไม่ทอดยอด 3 พันธุ์ ที่ปลูกภายใต้สภาพแปลงทดลองที่มีและไม่มีระบบการชลประทาน พบว่า การปลูกในแปลงที่ไม่มีระบบชลประทานจะให้ผลผลิตที่ต่ำ ส่วนการดูดใช้ธาตุ K, Ca และ Mg จะแตกต่างกันตามภาวะการขาดน้ำ เนื่องจากมีกลไกการดูดธาตุอาหารเข้าสู่รากพืชแตกต่างกัน การดูด K ภายใต้ภาวะขาดน้ำจะผันแปรไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในดิน ขณะที่สภาพไม่มีการขาดน้ำการดูด K จะมีค่าคงที่จนกระทั่งถั่วเหลืองเจริญเข้าสู่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา ส่วนปริมาณการดูดธาตุ Ca และ Mg จะคงที่ไม่ตอบสนองต่อภาวะการขาดน้ำ จึงสรุปว่าปัจจัยที่ส่งผลให้ผลผลิตของถั่วเหลืองลดลง มิใช่เกิดมาจากปริมาณการดูดใช้และการสะสมของธาตุ K Ca และ Mg ในพืช

ผลของการขาดน้ำต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

ผลผลิตของถั่วเหลืองจะลดลงมากที่สุดเมื่อเกิดภาวะการขาดน้ำที่ระยะสร้าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ฝัก (Doss *et al.*, 1974) และระยะติดเมล็ด (Sionit and Kramer, 1977) Smiciklas *et al.* (1989) รายงานว่าการขาดน้ำที่ระยะ R_5 จะทำให้ความงอกของเมล็ดลดลงมากที่สุด เมื่อเทียบกับการขาดน้ำที่ระยะ R_2 R_4 และ R_6 และความงอกลดลงเหลือ 86 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่เมล็ดที่ไม่ได้รับภาวะขาดน้ำมีความงอกถึง 96 เปอร์เซ็นต์

นอกจากนี้การเกิดภาวะการขาดน้ำที่ระยะการสร้างเมล็ดหรือระยะติดเมล็ดทำให้ปริมาณ Ca ในเมล็ด (Smiciklas *et al.*, 1989) ความแข็งแรง (Yaklich, 1984; Dornbos *et al.*, 1989) ตลอดจนคุณภาพความงอก (Drummond *et al.*, 1983; Dornbos *et al.*, 1989) ของเมล็ดลดลงซึ่ง Smiciklas *et al.* (1989) รายงานเพิ่มเติมว่า ความงอกของเมล็ดถั่วเหลืองจะผันแปรตามปริมาณธาตุ Ca ในเมล็ด

Dornbos and Mullen (1985) พบว่า คุณภาพความงอกและน้ำหนักแห้งของต้นอ่อนจะลดลง ตามอัตราส่วนการเพิ่มขึ้นของระดับความรุนแรงของการขาดน้ำในช่วงพัฒนาเมล็ด Dornbos *et al.* (1989) รายงานว่า ผลของภาวะการขาดน้ำต่อคุณภาพความงอกและความแข็งแรงจะน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับผลกระทบที่มีต่อผลผลิตและจำนวนเมล็ด โดยทำให้ความงอกของเมล็ดลดลงเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ การสร้างน้ำหนักแห้งของต้นอ่อนลดลง 12 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดขึ้น 19 เปอร์เซ็นต์ แต่จะไม่มีผลต่อปริมาณไขมันและโปรตีนในเมล็ด (Sionit and Kramer, 1977)

ผลของการลดความชื้นต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

การลดความชื้นของเมล็ดจะมีผลต่อความสามารถในการงอก ความแข็งแรง การเกิดต้นอ่อนปกติ และการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ของเมล็ดที่ยังไม่สุกแก่ (Obendorf *et al.*, 1980; Adam and Rinne, 1981; Adam *et al.*, 1983)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Adam *et al.* (1983) ทำการศึกษาผลกระทบของอัตราการลดความชื้นของเมล็ดถั่วเหลืองต่อกระบวนการสุกแก่ และปริมาณคลอโรฟิลล์ของเมล็ด โดยทำการเก็บเกี่ยวเมล็ดอ่อนที่มีอายุตั้งแต่ 26 วันหลังออกดอก มาปล่อยให้เมล็ดถั่วเหลืองสุกแก่ตามปกติภายในฝักภายใต้สภาพอุณหภูมิห้อง เพื่อศึกษาผลของอัตราการลดความชื้นอย่างช้าๆ และนำมากะเทาะเมล็ดออกจากฝัก แล้วปล่อยให้สุกแก่ภายใต้สภาพอุณหภูมิห้อง เพื่อศึกษาผลของอัตราการลดความชื้นอย่างรวดเร็ว พบว่า ลักษณะของเมล็ดถั่วเหลืองที่มีการสุกแก่ตามปกติ (มีการลดลงของความชื้นอย่างช้าๆ ภายในฝัก) เมล็ดจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดน้อยลงในช่วงเก็บเกี่ยว Adam สรุปว่า ในระยะที่เมล็ดกำลังพัฒนาเมล็ดจะยังมีสีเขียวอยู่ หากนำเมล็ดนี้ไปลดความชื้นอย่างช้าๆ การสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ยังคงมีอยู่ และเมื่อเมล็ดสุกแก่เต็มที่ก็จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เหลืออยู่ในเมล็ดต่ำมาก หากนำเมล็ดที่อยู่ในช่วงพัฒนานี้ไปลดความชื้นอย่างรวดเร็ว การลดลงของคลอโรฟิลล์จะถูกยับยั้งทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์เหลืออยู่ในเมล็ดมากถึง 29 μg/เมล็ด และเห็นเมล็ดเป็นสีเขียว ขณะที่เมล็ดที่ผ่านการลดความชื้นแบบช้าๆ จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์เพียง 1 μg/เมล็ดเท่านั้น เพราะเป็นลักษณะทางสรีรวิทยาที่สัมพันธ์กับกระบวนการการสุกแก่ของเมล็ด แต่เมล็ดที่ผ่านการลดความชื้นอย่างรวดเร็ว เมื่อเมล็ดสัมผัสกับแสงในระหว่างกระบวนการลดความชื้นทำให้เมล็ดคงรักษาสารคลอโรฟิลล์ไว้ ดังนั้นการลดลงของคลอโรฟิลล์ในเมล็ดไม่ได้เป็นผลเนื่องจากผลของเฉพาะเจาะจงในการซีดลง (nonspecific bleaching effect) แต่ประการใด นอกจากนี้ Adam ได้รายงานเพิ่มเติมว่า สภาพการลดความชื้นอย่างช้าๆ จะทำให้คลอโรฟิลล์ในเมล็ดค่อยๆ สลายตัวและกระตุ้นให้มีการสร้างเอนไซม์ที่ช่วยในการงอก แต่การลดความชื้นอย่างรวดเร็ว คลอโรฟิลล์ถูกยับยั้งให้สลายตัวช้าลงและไม่มีการสร้างเอนไซม์ที่ช่วยในการงอก เกิดเมล็ดเขียวและมีคุณภาพความงอกที่ต่ำ

การสูญเสียความชื้นอย่างรวดเร็ว เป็นปัจจัยสำคัญในการยับยั้งกระบวนการสุกแก่ของเมล็ดไม่ให้ดำเนินต่อไปได้ และพบว่าเมล็ดถั่วเหลืองที่เก็บเกี่ยวก่อนจะมีอายุ 42

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

วันหลังการออกดอก (DAF) เมื่อนำเมล็ดนี้ไปลดความชื้นอย่างรวดเร็วจะไม่สามารถงอกได้ส่วนเมล็ดที่มีอายุมากกว่า 42 DAF จะสามารถงอกได้แม้นำไปลดความชื้นอย่างรวดเร็ว แต่จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความงอกที่ต่ำมากเมื่อเทียบกับเมล็ดลดความชื้นอย่างช้าๆ ซึ่งสาเหตุอาจจะเนื่องมาจาก การลดความชื้นอย่างรวดเร็วจะไปมีผลต่อเยื่อหุ้มเซลล์และโครงสร้างระหว่างเซลล์ เพราะเมื่อนำเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการลดความชื้นอย่างรวดเร็วดังกล่าวไปผ่านการดูดน้ำ พบว่า มีการรั่วไหลของธาตุอาหารภายในเมล็ดออกมาในปริมาณมาก เมื่อเทียบกับเมล็ดที่ผ่านการลดความชื้นอย่างช้าๆ (Adam *et al.*, 1983) Ozaki *et al.* (1956 อ้างโดย Obendorf *et al.*, 1980) กล่าวว่า เมล็ดถั่วเหลืองที่เก็บเกี่ยวก่อนอายุ 40 DAF จะมีน้ำหนักแห้งน้อยกว่า 87 mg/เมล็ด และไม่สามารถงอกได้ แม้จะนำไปลดความชื้นอย่างช้าๆ ที่อุณหภูมิห้องก็ตาม Quebedeaux *et al.* (1976) รายงานว่าเอ็มบริโอของเมล็ดถั่วเหลืองที่แยกออกมาจากเมล็ดที่ไม่สุกแก่ แต่มีอายุมากกว่า 21 DAF และเก็บเกี่ยวมาโดยไม่มีการลดความชื้น จะสามารถงอกได้ในอาหารที่เตรียมสำหรับการงอก (germination medium) Obendorf *et al.* (1980) ศึกษาความมีชีวิตของเมล็ดถั่วเหลืองที่ยังไม่สุกแก่โดยทำการเก็บเกี่ยวเมล็ดถั่วเหลืองที่มีอายุตั้งแต่ 22-58 DAF แล้วทำการลดความชื้นอย่างช้าๆ ที่อุณหภูมิห้อง พบว่า เมล็ดที่มีอายุตั้งแต่ 34 DAF ขึ้นไปสามารถงอกได้ และมีความงอกสูงสุด (100 เปอร์เซ็นต์) ในเมล็ดที่มีอายุตั้งแต่ 50 DAF ขึ้นไป และน้ำหนักแห้งของเมล็ดที่อายุ 58 DAF มีค่าสูงสุด ณ จุดนี้จะมีการลดลงของสีเขียวของคลอโรฟิลล์อย่างสมบูรณ์ไปจากฝัก

แม้ว่าอัตราการลดลงของความชื้นจะมีผลต่อการงอกของเมล็ด แต่จะไม่มีผลต่อปริมาณของ soluble-protein หรือต่อประสิทธิภาพของ acid phosphate และเอนไซม์พวก NAD-malate dehydrogenase β-amylase หรือ aspertate amino transferase ในเมล็ดแห้ง หมายความว่า ความสามารถของเอนไซม์จะยังคงมีอยู่ทั้งในเมล็ดที่ผ่านการลดความชื้นอย่างรวดเร็วหรืออย่างช้าๆ (Adam *et al.*, 1983)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กระบวนการสุกแก่ของเมล็ดเป็นสิ่งจำเป็นในการผลิตเมล็ดพันธุ์ที่มีชีวิต และสามารถชักนำให้เมล็ดเข้าสู่กระบวนการสุกแก่ได้แม้ในเมล็ดที่ยังไม่สุกแก่ โดยการลดความชื้นเมล็ดลงอย่างช้าๆ ในระหว่างการสุกแก่ปริมาณแป้งและคลอโรฟิลล์ในเมล็ดจะลดลง แต่การสังเคราะห์ soluble sugar จะยังคงดำเนินต่อไป และ soluble protein จะได้รับผลกระทบจากการลดความชื้นให้มีการเปลี่ยนแปลงไป แต่ถ้าชักนำให้เมล็ดสุกแก่โดยนำไปลดความชื้นเมล็ดอย่างรวดเร็ว พบว่า จะเป็นการยับยั้งมิให้กระบวนการสุกแก่ดำเนินต่อไปและเมล็ดที่ได้จะสูญเสียความมีชีวิตไป (Adam *et al.*, 1983) Thomas (1972) รายงานว่า การสุกแก่ของเมล็ดจะถูกกำหนดโดยช่วงเวลาของการลดลงของความชื้น การลดลงของน้ำในเมล็ดจะส่งผลให้การสังเคราะห์โปรตีนและการหายใจลดลง (Kolloffel, 1970 อ้างโดย Thomas, 1972) มีการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการ biochemical และ cytological ควบคู่ไปกับการลดลงของน้ำในเมล็ดทำให้ความสามารถของเอนไซม์ต่างๆ และโครงสร้างเซลล์พื้นฐานลดลง

Miles *et al.* (1988) ทำการเก็บเกี่ยวเมล็ดถั่วเหลืองโดยไม่มีการลดความชื้นที่ 4 ระยะ คือ ระยะ full seed (FS: ระยะที่เมล็ดเริ่มพัฒนาเต็มทั้งฝัก ฝักมีสีเขียวเข้ม) ระยะ mid-pod fill (MPF: เมล็ดมีการขยายขนาดจนเกือบเต็มฝัก ฝักและเมล็ดยังมีสีเขียว) ระยะ expanded pod (EP: ฝักและเมล็ดจะมีสีเขียวอ่อนเมล็ดมีขนาดโตเต็มที่และส่วน hypocotyl-radicle axis เปลี่ยนเป็นสีเหลือง) และระยะ yellow pod (YP: ฝักและเมล็ดเปลี่ยนเป็นสีเหลือง) แล้วนำมาทดสอบความงอก พบว่าที่ระยะ FS เมล็ดจะมีความงอกถึง 93 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนสูงสุดที่ระยะ YP อย่างไรก็ตามอัตราการหายใจขณะงอกของเมล็ดที่ยังไม่สุกแก่ (ระยะ FS, MPF และ EP) จะลดลงในช่วงแรกก่อนที่รากจะงอก และจะเพิ่มขึ้นหลังจากรากงอกแล้ว ขณะที่เมล็ดระยะ YP (เมล็ดสุกแก่) จะไม่มีการลดลงของอัตราการหายใจในช่วงก่อนรากงอก เนื่องจากเมล็ดต้องอาศัย substate ที่มีอยู่ในเมล็ดเพื่อพัฒนาตนเองให้เหมาะสมพร้อมที่จะงอก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

แต่เมล็ดที่ไม่สุกแก่จะมีปริมาณ substate น้อยกว่าเมล็ดที่สุกแก่ ทำให้การพัฒนาและการหายใจของต้นอ่อนของเมล็ดที่ยังไม่สุกแก่ลดลง หลังจากเมล็ดได้พัฒนาแล้วจึงเข้าสู่กระบวนการงอกทำให้การหายใจเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะอย่างยิ่งหลังจากรากงอก และพบว่าที่ระยะ FS จะให้จำนวนต้นอ่อนปกติน้อยกว่าระยะอื่นๆ เนื่องจากอัตราการหายใจหลังการงอกต่ำกว่าระยะอื่นๆ สรุปว่า เมล็ดที่ไม่สุกแก่ไม่จำเป็นต้องได้รับการลดความชื้นก่อนปลูก ก็จะยังคงให้ความงอกที่สูงและสามารถพัฒนามาเป็นต้นอ่อนปกติได้ และจะให้จำนวนต้นอ่อนปกติสูงสุดในเมล็ดที่สุกแก่

สาเหตุของการเกิดเมล็ดเขียวในถั่วเหลือง

ในขณะนี้การผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองภายใต้เขตชลประทานภาคเหนือตอนบนช่วงฤดูแล้งหลังการทำนานั้น มีรายงานว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ผลิตได้จะมีสีเขียวปะปนอยู่เป็นจำนวนมาก (ศรีสมวงศ์และคณะ, 2530; ธวัชชัยและคณะ, 2531; ธวัชชัย, 2533) ซึ่งสาเหตุของการเกิดเมล็ดสีเขียวในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองดังกล่าว มีข้อสันนิษฐานอยู่หลายประการ ดังต่อไปนี้

สาเหตุเนื่องจากพันธุ์ของถั่วเหลือง

ธวัชชัย (2533) รายงานว่า พันธุ์ของถั่วเหลืองก็เป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดเมล็ดเขียว โดยที่พันธุ์ สจ.4 และพันธุ์เชียงใหม่ 60 มีแนวโน้มในการเกิดเมล็ดเขียวมากกว่าพันธุ์ สจ.5 ขณะที่พันธุ์ สจ.1 และ สจ.2 มีแนวโน้มการเกิดเมล็ดเขียวน้อย จากการศึกษาอัตราการเกิดเมล็ดเขียวในถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.4 สจ.5 และเชียงใหม่ 60 พบว่า พันธุ์เชียงใหม่ 60 มีอัตราการเกิดเมล็ดเขียวสูงที่สุดรองมาคือพันธุ์ สจ.4 และ สจ.5 ตามลำดับ (กัลยาและธวัชชัย, 2532) ศรีสมวงศ์และคณะ (2530) ศึกษาอัตราการเกิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เมล็ดเขียวของถั่วเหลือง 3 พันธุ์ พบว่า พันธุ์ สจ.4 จะมีอัตราการเกิดเมล็ดเขียวสูงที่สุด (9.55 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ พันธุ์ สจ.2 และ สจ.1 (4.02, 0.42 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ

สาเหตุเนื่องจากความชื้นและอุณหภูมิ

ปัจจัยทางด้านความชื้นและอุณหภูมิจะมีความสัมพันธ์อย่างมากซึ่งปัจจัยทั้งสองนี้ พบว่าเป็นสาเหตุที่สำคัญประการหนึ่งของการเกิดเมล็ดสีเขียว จากการศึกษาการขาดน้ำในถั่วเหลืองที่ระยะต่างๆ ในฤดูแล้งปี 2529-2530 โดยให้ถั่วเหลืองขาดน้ำที่ระยะ R_2 R_4 R_5 R_6 และ R_7 ในสภาพแปลง พบว่า ในปี 2529 การขาดน้ำที่ระยะ R_4 จะมีเมล็ดเขียวสูงสุด (วัฒนศักดิ์และคณะ, 2529) ในปี 2530 พบว่า การขาดน้ำที่ระยะ R_5 ทำให้เกิดเมล็ดเขียวมากที่สุดถึง 33.00 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดลีบสูงที่สุด 36.75 เปอร์เซ็นต์ (วัฒนศักดิ์และคณะ, 2530) และปี 2531 พบว่าการขาดน้ำที่ระยะ R_2 จะพบเมล็ดเขียวสูงสุด 18.6 เปอร์เซ็นต์ และการขาดน้ำที่ระยะ R_5 ผลผลิตของถั่วเหลืองลดลงมากที่สุด (อินทรัตน์และคณะ, 2531) ธวัชชัย (2533) รายงานว่า การขาดน้ำระยะ R_2-R_6 ทำให้เกิดจำนวนเมล็ดเขียวสูงสุด และผลผลิตจะลดลงมากที่สุดถ้าขาดน้ำระยะ R_2 หรือ R_4 จึงสรุปได้ว่า การขาดน้ำในระยะการเจริญเติบโต R_2-R_6 จะเกิดเมล็ดเขียวสูงที่สุด

นอกจากนี้ จากการศึกษาถึงระยะห่างของการให้น้ำที่ส่งผลต่อการเกิดเมล็ดเขียวในถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 ในฤดูแล้งหลังการทำนา โดยให้น้ำทุก 2 3 และ 4 สัปดาห์ พบว่า การเว้นระยะการให้น้ำต่อครั้งนานขึ้นจะพบเมล็ดเขียวมากขึ้น คือ 13.36 14.69 และ 19.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (สำเร็จและคณะ, 2532) สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต คือ มีน้ำมากหรือน้อยเกินไปในระยะออกดอก (Whitam, 1984) อุณหภูมิสูงและอากาศแห้งที่เกิดในระหว่างการสุกแก่ของเมล็ด (Costa, 1979; Gregg,

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1981) ความชื้นในดินระหว่างช่วงการสุกแก่ของเมล็ดต่ำ (Gregg, 1981; Patcharat and Bill, 1986) หรือความชื้นในดินมากเกินไปในช่วงเมล็ดสุกแก่ (Patcharat and Bill, 1986) จะสนับสนุนให้เกิดเมล็ดเขียวมากขึ้นและเมล็ดที่ได้จะมีคุณภาพความงอกต่ำ Moore *et al.* (1950) รายงานว่า สภาพอากาศที่ร้อนหรือมีอุณหภูมิสูงสลับกับมีความชื้นสัมพัทธ์สูงในช่วงเมล็ดพัฒนาและสุกแก่ ทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดเหี่ยวย่น (wrinked seed) เนื่องจากการดูดและคายน้ำของเมล็ดไม่สมดุลกัน และเนื้อเยื่อของใบเลี้ยงที่อยู่ใต้เปลือกที่ย่นจะเสียไป ทำให้ต้นอ่อนที่งอกออกมาผิดปกติและไม่สามารถงอกได้ นอกจากนี้การมีฝนตกมากหรือน้อยเกินไปในช่วงออกดอกของถั่วเหลืองจะทำให้เกิดเมล็ดเขียวได้

สาเหตุเนื่องจากโรคและแมลง

Whitam (1984) รายงานว่าโรคและแมลงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งของการเกิดเมล็ดเขียวในถั่วเหลือง ได้แก่ แมลงจำพวกมวนเขียวหรือมวนที่เจาะฝัก คือ มวนเขียวถั่ว (*Piezodorus hybneri*) และมวนเขียวข้าว (*Nezara viridula*) และเชื้อไวรัสหรือเชื้อที่คล้ายไวรัสซึ่งมีเพลี้ยจักจั่นเป็นพาหะ หรือเชื้อไวรัสสาเหตุโรคใบจุดวงแหวนของยาสูบเข้าทำลาย สว่างและคณะ (2532) ศึกษาการเข้าทำลายของแมลงศัตรูถั่วเหลืองชนิดต่างๆ คือ หนอนแมลงเจาะลำต้นถั่ว เพลี้ยอ่อน หนอนม้วนใบ มวน และหนอนเจาะฝักในถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 พบว่า มวนเป็นแมลงเพียงชนิดเดียวที่ทำให้เกิดเมล็ดเขียวมากกว่าปกติ 13 เปอร์เซ็นต์ แต่เป็นเมล็ดเขียวที่เกิดจากเมล็ดที่ยังไม่สุกแก่ทางสรีรวิทยา

สาเหตุเนื่องจากช่วงวันปลูกและวันเก็บเกี่ยวที่ไม่เหมาะสม

ช่วงวันปลูกและวันเก็บเกี่ยวเป็นสาเหตุประการหนึ่งของการเกิดเมล็ดเขียวในถั่วเหลือง โดยเมล็ดที่เก็บเกี่ยวก่อนที่จะเจริญถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา หรือเมล็ดที่มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การพัฒนาจนถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาแล้วถูกรบกวนจากสภาพแวดล้อม ให้เกิดการเจริญข้ามขั้นไปทำให้เกิดเมล็ดเขียวขึ้นได้ หรือแม้แต่การขาดน้ำทำให้ต้นถั่วเหลืองเจริญเติบโตเข้าสู่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาไม่พร้อมกัน (ธวัชชัย, 2533) สุมิตราและคณะ (2530, 2531) ศึกษาเวลาการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 ในปี 2530 และ 2531 โดยทำการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองในวันที่ 5 และ 7 ของระยะ R_7 และวันที่ 1 3 5 7 และ 9 ของระยะ R_8 พบว่า การเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองในวันที่ 5 ถึงวันที่ 7 ของระยะ R_7 จะมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเขียวสูงสุด 44.59 และ 30.60 เปอร์เซ็นต์ ในปี 2530 และ 2531 ตามลำดับ แต่ก็จะได้ผลผลิตสูงสุด และถ้าเก็บเกี่ยวตั้งแต่วันที่ 5 ถึง 9 ของระยะ R_8 จะมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเขียวน้อยที่สุด 6-10 และ 3.15-6.49 เปอร์เซ็นต์ ในปี 2530 และปี 2531 ตามลำดับ นุสรา (2533) รายงานว่า ถ้าเก็บเกี่ยวที่อายุ 44 วันหลังดอกบาน (ก่อนถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา 5 วัน) จะพบเปอร์เซ็นต์เมล็ดเขียวสูงที่สุด และเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 49 วันหลังดอกบาน (ที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา) จะพบเปอร์เซ็นต์เมล็ดเขียวสูงกว่าการเก็บเกี่ยวที่อายุ 54 วันหลังดอกบาน (ที่อายุเก็บเกี่ยว) จึงสรุปว่าถั่วเหลืองที่เจริญเติบโตผ่านระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาแล้วปริมาณเมล็ดเขียวจะลดลง เนื่องจากเมล็ดถั่วเหลืองส่วนใหญ่พัฒนาเปลี่ยนไปเป็นสีเหลืองแล้ว อย่างไรก็ตามปริมาณผลผลิตที่ได้ก็ลดลงตามลำดับ Nangju (1979) รายงานว่า ถั่วเหลืองที่เก็บเกี่ยวล่าออกไปทำให้เมล็ดมีสีม่วงคล้ำ แตกหัก ผิวเหี่ยวย่นและมีสีเขียวเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สาเหตุเนื่องจากการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว

เมล็ดถั่วเหลืองหลังจากเก็บเกี่ยวใหม่ๆ หากได้รับอุณหภูมิสูงจะทำให้ความชื้นของเมล็ดลดลงอย่างรวดเร็วเกิดเป็นเมล็ดลีบ เมล็ดเหี่ยวและเมล็ดเขียว (Wolf and Cawan, 1971) พูนพันธุ์และคณะ (2531) รายงานว่า การอบต้นถั่วเหลืองเพื่อลดความชื้นที่อุณหภูมิ 50°C จะไประงับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในเมล็ดทำให้เกิดเมล็ดเขียว

สาเหตุอื่นๆ

ในสภาพพื้นที่ที่ไม่มีความสม่ำเสมอ เป็นสาเหตุทำให้การจัดการดูแลไม่ทั่วถึง การเจริญเติบโตและการสุกแก่ไม่พร้อมกัน แต่การเก็บเกี่ยวกระทำพร้อมกัน ทำให้ได้เมล็ดเขียวที่เกิดจากเมล็ดไม่สุกแก่ (ธวัชชัย, 2533) Patil *et al.* (1985) รายงานว่ารังสีมีผลทำให้เปลือกของเมล็ดถั่วเหลืองมีสีเขียวได้โดยเฉพาะรังสีแกมม่า นอกจากนี้การใช้ฮอร์โมนฉีดพ่นเพื่อให้ถั่วเหลืองสมบูรณ์และเจริญเติบโตดี และปัญหาเรื่องการแข่งขันของวัชพืช ก็เป็นสาเหตุทำให้เกิดเมล็ดเขียวได้

การแบ่งประเภทของเมล็ดเขียว

เพื่อความสะดวกในการศึกษาคุณภาพของเมล็ดเขียว ธวัชชัย (2533) ได้แบ่งชนิดของเมล็ดเขียว โดยแบ่งตามระดับของสีเขียวที่ปรากฏบนเปลือกเมล็ด ออกเป็น 4 ชนิดตามระดับของความเขียว คือ เมล็ดสีเหลือง จะมีสีเหลืองทั้งเมล็ด เมล็ดสีเหลืองอมเขียว เมล็ดจะมีสีเหลืองมากกว่าสีเขียว เมล็ดสีเขียวอมเหลือง เมล็ดมีสีเขียวมากกว่าสีเหลือง และเมล็ดเขียวจัด จะมีสีเขียวทั้งเมล็ด ในขณะที่ นุสรา (2533) ได้กำหนดหลักเกณฑ์ว่าเมล็ดถั่วเหลืองที่จะจัดว่าเป็นเมล็ดสีเขียวนั้นจะต้องมีสีเขียวที่เปลือกของเมล็ดมากกว่าร้อยละ 50 ขึ้นไป กัลยา (2531) ได้แบ่งประเภทของเมล็ดเขียวออกเป็น 3 ชนิด คือ เมล็ดสีเขียวน้อย จะมีสีเขียวอยู่ร้อยละ 1-30 เมล็ดสีเขียวปานกลาง จะมีสีเขียวตั้งแต่ร้อยละ 31-70 และเมล็ดสีเขียวมาก มีสีเขียวที่เปลือกมากกว่าร้อยละ 71 ขึ้นไป ในการแบ่งประเภทของเมล็ดเขียวยังไม่มีหลักเกณฑ์มาตรฐาน จะแบ่งตามความสะดวกในการทดลองและการจัดการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

คุณภาพของเมล็ดเขียว

คุณภาพความงอกของเมล็ดเหลืองปกติและเมล็ดเขียว จะไม่มีความแตกต่างกันหลังการเก็บเกี่ยวใหม่ๆ แต่เมื่ออายุการเก็บรักษามากขึ้น คุณภาพของเมล็ดเขียวจะลดลงอย่างรวดเร็ว ศรีสมวงศ์และคณะ (2529 และ 2530) ได้ศึกษาคุณภาพของเมล็ดเขียวของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.1 สจ.2 สจ.4 สจ.5 พันธุ์ 7508-50-10 และพันธุ์ 7608-25-4 ในฤดูกาลปลูกแล้งปี 2529 และ 2530 พบว่า หลังเก็บเกี่ยวใหม่ๆ คุณภาพของเมล็ดเขียวและเมล็ดเหลืองไม่แตกต่างกัน แต่ในการเก็บรักษาเมล็ดเขียวที่อุณหภูมิปกติ เมล็ดเขียวจะเสื่อมความงอกลงอย่างรวดเร็ว คือในปี 2529 พบว่าเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดเขียวทั้ง 6 พันธุ์ ลดลงเหลือ 28-38 เปอร์เซ็นต์ และ 12-18 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษานาน 3 และ 6 เดือนตามลำดับ ขณะที่เมล็ดปกติยังคงมีความงอก 84-90 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษานาน 6 เดือน และในปี 2530 พบว่า เมล็ดเขียวทั้ง 6 พันธุ์มีความงอกเหลือเพียง 38-44 เปอร์เซ็นต์ และ 15-32 เปอร์เซ็นต์เมื่อเก็บรักษาไว้นาน 3 และ 6 เดือน ตามลำดับ ในขณะที่เมล็ดเหลืองปกติ มีเปอร์เซ็นต์ความงอกถึง 85-92 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการเก็บรักษานาน 6 เดือน

จากการทดลองของ กัลยา (2531) รายงานว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องเก็บรักษาแบบธรรมดา เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดเขียวจะลดลงตามลำดับ ซึ่งระดับการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดเขียวจะสัมพันธ์กับปริมาณสีเขียวบนเปลือกเมล็ด (กัลยาและธวัชชัย, 2532) กล่าวคือ เมล็ดถั่วเหลืองที่มีปริมาณสีเขียวมากจะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำกว่าเมล็ดที่มีปริมาณสีเขียวน้อยกว่า ที่อายุการเก็บรักษาเท่ากัน ธวัชชัยและคณะ (2531) รายงานว่า เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดรวมและเมล็ดถั่วเหลืองสีต่างๆ จะลดต่ำกว่าร้อยละ 70 หลังจากเก็บรักษาไว้ในห้องที่ไม่ปรับอากาศนานประมาณ 8 สัปดาห์ แต่ถ้าเก็บรักษาในห้องที่ปรับสภาพอากาศนาน 20 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปอร์เซ็นต์ความงอกจะลดลงเพียง 2-3 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น และเมล็ดเขียวถือเป็นเมล็ดที่เสื่อมคุณภาพไม่สามารถนำมาใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ได้ ส่วนเมล็ดเหลืองอมเขียวจะมีคุณภาพปานกลาง แม้จะมีความงอกต่ำกว่ามาตรฐานพันธุ์หลัก แต่ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานพันธุ์จำหน่าย และเมล็ดเหลืองจะมีคุณภาพดีที่สุด (กัลยาและธวัชชัย, 2532)

กัลยาและธวัชชัย (2532) ได้ทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดถั่วเหลืองโดยวิธีจำแนกลักษณะของต้นกล้า พบว่า ความแข็งแรงของเมล็ดเหลืองอมเขียวจะลดลงอย่างรวดเร็ว หลังการเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์ แม้จะเก็บในโรงเก็บที่ปรับสภาพอากาศ ส่วนเมล็ดเขียวจะมีความแข็งแรงต่ำมาก และระดับของความแข็งแรงจะลดลงอย่างรวดเร็วในระหว่างการเก็บรักษา ส่วนการทดสอบความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุ พบว่า เมล็ดสีเหลืองอมเขียว การเก็บรักษาในโรงเก็บที่ปรับสภาพอากาศ จะทำให้ความแข็งแรงลดลงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์

จากการทดสอบความมีชีวิตของเมล็ดเขียวด้วยวิธี TZ test เมล็ดเขียวจัดเป็นเมล็ดที่ไม่มีชีวิต (ธวัชชัย, 2531) และเมื่อตรวจสอบกับต้นอ่อนของเมล็ดเขียว พบว่าส่วนของใบเลี้ยง ลำต้นอ่อน และปลายรากอ่อนจะติดสีแดงจัด และบริเวณกลางใบเลี้ยงมีรอยช้ำตายของเนื้อเยื่อ (กัลยาและธวัชชัย, 2532)

การแก้ปัญหาถั่วเหลืองเมล็ดเขียว

สาเหตุของการเกิดเมล็ดเขียวที่กล่าวมาข้างต้น เห็นว่าในทุกๆ สาเหตุจะส่งผลในทางเดียวกัน คือ ทำให้เมล็ดถั่วเหลืองมีการเจริญเติบโตและการสุกแก่ไม่พร้อมกันทั้งในต้นและในแปลงเดียวกัน แต่ถูกเก็บเกี่ยวในเวลาเดียวกันทำให้ได้เมล็ดที่ยังไม่สุกแก่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หรือสุกแก่มากเกินไป แนวทางการแก้ปัญหาคือหาวิธีการให้ต้นและเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเจริญเติบโตโดยพร้อมเพรียงกันทั้งแปลง หมายถึง มีการปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ได้พันธุ์ถั่วเหลืองที่มีลักษณะดังกล่าว นอกจากนี้วิธีการแก้ปัญหาเมล็ดเขียวในปัจจุบันมุ่งเน้นด้านการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเป็นส่วนใหญ่ มีรายงานการศึกษาการบ่มต้นถั่วเหลืองในที่ร่มเป็นเวลา 2 วัน ก่อนนำไปนวดในปี 2529-2531 พบว่าหลังจากเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองถ้านำไปบ่มต้นก่อนนำไปตากแดดและนวด จะช่วยลดจำนวนเมล็ดเขียวในพันธุ์ สจ.4 และ สจ. 5 ในปี 2529 ได้จาก 11.64 และ 8.41 เหลือ 5.86 และ 6.55 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยที่ความงอกและความแข็งแรงไม่แตกต่างกันเมื่อเทียบกับการเก็บเกี่ยวปกติเมื่อฝักแห้ง (ศรีสมวงศ์และคณะ, 2529) และลดลงจาก 10.01 และ 9.63 เหลือ 5.14 และ 6.58 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับในปี 2530 (ศรีสมวงศ์และคณะ, 2530) และในปี 2531 ก็ให้ผลเช่นเดียวกันในพันธุ์ สจ.4 คือ ปริมาณเมล็ดเขียวลดลงจาก 5.19 เหลือ 2.04 เปอร์เซ็นต์ (พูนพันธุ์และคณะ, 2531) นอกจากนี้ พูนพันธุ์และคณะ (2531) รายงานเพิ่มเติมว่าการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองที่ระยะ R_8 แล้วบ่มต้นนาน 3-4 วันจะพบเมล็ดเขียวและเมล็ดที่เป็นโรคน้อยกว่าการเก็บเกี่ยวที่ระยะ $R_{7.5}$ แล้วบ่มต้นนาน 4-5 วัน

สุชาดาและคณะ (2533) ศึกษาผลของวิธีการลดความชื้นหลังการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 โดยวิธีกองวางไว้ในแปลง ตากบนพื้นซีเมนต์ ตากบนเสื่อ แขวนบนราวเหล็กและตากบนแผ่น polyethylene พบว่า การตากบนพื้นซีเมนต์จะลดความชื้นของเมล็ดได้รวดเร็วที่สุด แต่จะพบเมล็ดเขียวมากที่สุด 9.433 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการตากโดยวางไว้ในแปลงจะใช้เวลานานที่สุด แต่พบเมล็ดเขียวน้อยที่สุด 6.060 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสำคัญของเอนไซม์ dehydrogenase

เอนไซม์จำพวก dehydrogenase เป็นเอนไซม์ที่จำเป็นต่อการหายใจของเมล็ด (Thomas, 1972; Copeland, 1976; Bewley and Black, 1983) ในการหายใจเพื่อให้ได้พลังงานที่ใช้ในการงอกนั้น ไขมันที่เก็บสะสมในรูป Tri-glyceride ใน cotyledon จะถูกเปลี่ยนเป็น glycerol และ fatty acid ซึ่ง fatty acid ที่ได้จะถูกนำเข้าสู่กระบวนการ β-oxidation และกระบวนการ glyoxylate cycle ใน glyoxysome ตามลำดับซึ่งกระบวนการตามที่กล่าวมานั้นจะเกิดในส่วนของ glyoxysome และสารสุดท้ายที่ได้ คือ succinate (Bewley and Black, 1983)

จากนั้น succinate ที่ได้ จะผ่านเข้าสู่ mitochondria และถูกเปลี่ยนมาเป็นสาร fumarate malate และ oxaloacetate ตามลำดับ โดยอาศัยเอนไซม์ succinate dehydrogenase และ malate dehydrogenase ในการเปลี่ยนจากสาร succinate มาเป็น fumarate และเปลี่ยนจาก malate มาเป็น oxaloacetate ดังสมการที่ 1 และ 2 ตามลำดับ (Bewley and Black, 1983; Copeland, 1976)

$$\text{succinate} + \text{FAD} \xrightarrow{\text{succinate dehydrogenase}} \text{fumalate} + \text{FAHD} \quad ..(1)$$

$$\text{malate} + \text{NAD} \xrightarrow{\text{malate dehydrogenase}} \text{oxaloacetate} + \text{NADH} \quad ..(2)$$

และ oxaloacetate จะเข้าสู่กระบวนการ citric acid cycle ส่วนหนึ่ง และอีกส่วนหนึ่งจะผ่านไปสู่ cytoplasm เปลี่ยนไปเป็น phosphoenolpyruvate

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(PEP) และเปลี่ยนเป็น sucrose ในที่สุดหลังจากนั้น sucrose จะถูกลำเลียงไปยังส่วน embryo และเข้าสู่กระบวนหายใจต่างๆ จนได้พลังงานมาใช้ในการงอกและการเจริญเติบโตของ embryo ต่อไป (Copeland, 1976; Bewley and Black, 1983)

การมีอยู่และปัจจัยที่มีผลต่อเอนไซม์ dehydrogenase

Bewley and Black (1983) กล่าวว่าการลดความชื้นอย่างรวดเร็วของเมล็ดส่งผลให้มีการสูญเสียสมดุลของ mitochondria ทำให้ความสามารถของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหายใจที่อยู่ใน mitochondria ลดลงด้วยเช่นกัน จากการศึกษาในเมล็ดถั่วลันเตา พบว่า ใบเลี้ยงของถั่วลันเตาจะมีอัตราการหายใจลดลงในขณะทำการลดความชื้น เนื่องจาก ระดับกิจกรรมของเอนไซม์ succinate dehydrogenase ใน mitochondria ลดลง Kolloffel (1970a อ้างโดย Thomas, 1972) รายงานว่าระยะที่น้ำหนักสดของเมล็ดถั่วลันเตาคงที่ เมื่อความชื้นของใบเลี้ยงลดลงจาก 65 เป็น 55 เปอร์เซ็นต์ ระดับกิจกรรมของเอนไซม์ใน mitochondria ในใบเลี้ยงจะเพิ่มสูงขึ้น ถ้าการลดความชื้นยังดำเนินต่อไประดับกิจกรรมของเอนไซม์ succinate dehydrogenase และ malate dehydrogenase จะลดลงอย่างช้าๆ โดยต่อเนื่อง แต่ระดับกิจกรรมของเอนไซม์ succinate และ malate oxidase จะลดลงอย่างรวดเร็ว Strik (1942 อ้างโดย Bewley and Black, 1983) ได้ทำการศึกษาการหายใจและเอนไซม์บางชนิดในเมล็ดถั่วลันเตาเช่นเดียวกัน และผลก็สอดคล้องกับรายงานของ Kolloffel ข้างต้นคือช่วงแรกของการลดความชื้น (ใบเลี้ยงมีความชื้น 65-54 เปอร์เซ็นต์) อัตราการหายใจยังคงเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ แต่เมื่อความชื้นลดลงเหลือน้อยกว่า 55 เปอร์เซ็นต์ อัตราการหายใจจะลดลงอย่างรวดเร็ว และเมื่อศึกษาเอนไซม์ในกระบวนการ citric acid cycle พบว่าเอนไซม์ succinate dehydrogenase จะตอบสนองต่อปริมาณความชื้นที่ลดลง เช่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เดียวกับอัตราการหายใจ ทว่าขัดแย้งกับรายงานของ Kolloffel ว่าเอนไซม์ malate dehydrogenase จะยังคงมีประสิทธิภาพสูงแม้แต่ในเมล็ดแห้ง

ใน mitochondria ของใบเลี้ยงที่แห้งของเมล็ดถั่ว alaska bean จะขาดแคลนเอนไซม์ malate dehydrogenase และ cytochrome oxidase และพบว่าเอนไซม์ทั้งสองนี้จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในเวลาไม่กี่ชั่วโมงแรกของการดูดน้ำโดยที่ ปริมาณเอนไซม์ malate dehydrogenase จะเพิ่มขึ้นช้าๆ อย่างต่อเนื่องตลอด 3 วันแรก ขณะที่เอนไซม์ cytochrome oxidase จะเพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุดในไม่ช้า (Nawa and Asahi, 1971 อ้างโดย Bewley and Black, 1983) ส่วนเมล็ดถั่ว honusteader bean พบว่า ทั้งเอนไซม์ succinate dehydrogenase และ cytochrome oxidase จะมีปริมาณสูงใน 4 วันแรกของการดูดน้ำในที่มืด และเพิ่มสูงขึ้นถึง 20 เท่า ในช่วงเวลาตั้งแต่ 3 ถึง 12 ชั่วโมง (Solomos *et al.*, 1972 อ้างโดย Bewley and Black, 1983) นอกจากนี้ยังพบว่าในถั่วทั้ง 2 ชนิดดังกล่าวจะมีจำนวนของ mitochondria ใน storage organ เพิ่มสูงขึ้นหลังการดูดน้ำ ทำให้มีการดูดใช้ออกซิเจนเพิ่มมากขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าว และการดูดใช้ออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นนี้จะดำเนินต่อไปนานหลายวัน (Nawa and Asahi, 1971; Solomos *et al.*, 1972 อ้างโดย Bewley and Black, 1983) ในถั่ว alaska bean ที่ปลูกในที่มืดจะมีอัตรา respiration control ratio ในส่วนของใบเลี้ยงลดลง และประสิทธิภาพของเอนไซม์ oxidative phosphorylation และ cytochrome oxidase ลดลง ขณะที่ปริมาณของ malate dehydrogenase ไม่ลดลง (Nawa *et al.*, 1973 อ้างโดย Bewley and Black, 1983)

หากกระบวนการสร้าง mitochondria ขึ้นใหม่ถูกยับยั้ง พบว่า เอนไซม์ malate dehydrogenase และ cytochrome oxidase จะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น และอัตราการหายใจจะเพิ่มขึ้นตาม แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มประสิทธิภาพของ mitochondria

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่มีอยู่เดิมนั้นมีมากขึ้น (Malhotra *et al.*, 1972; 1973 อ้างโดย Bewley and Black, 1983)

การตรวจสอบเอนไซม์ dehydrogenase

ในการตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์พวก dehydrogenase จะมีวิธีการวัดคือ topographical tetrazolium chloride (TZ) Test ซึ่งเป็นวิธีการที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง (Mackay, 1972; Copeland, 1976) และมีหลักการว่าสารละลายของเกลือ tetrazolium ทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ dehydrogenase ได้เป็นสารสีแดงที่เรียกว่า formazan (Smith, 1952; Johnston *et al.*, 1986) เมื่อเมล็ดดูดสาร tetrazolium นี้เข้าไป จะทำปฏิกิริยากับเนื้อเยื่อของเซลล์เฉพาะที่มีชีวิตของเมล็ด เนื่องจาก dehydrogenase เป็นกลุ่มของ oxidising enzymes ที่พบอยู่ในเซลล์ที่มีชีวิตเท่านั้น (Heydecker, 1972) มีการลดและรับเอาไฮโดรเจนจากเอนไซม์ dehydrogenase เกิดการรวมตัวของไฮโดรเจนของสาร 2,3,5-Triphenyl tetrazolium chloride ได้เป็นสาร 2,3,5-Triphenyl tetrazolium formazan ที่มีสีแดงดังสมการ และ formazan นี้จะติดแน่นและไม่กระจายตัวออกต่อไปจากเซลล์ที่มีชีวิต

$$\text{2,3,5-Triphenyl tetrazolium chloride} \xrightarrow{2H} \text{2,3,5-Triphenyl tetrazolium formazan}$$

(ไม่มีสี ละลายน้ำ) (สีแดง ไม่ละลายน้ำ ไม่เคลื่อนย้าย)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีการ TZ test นิยมใช้ในการตรวจสอบความแข็งแรง (Kittock and Law, 1968; Copeland, 1976) และความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ (Heydecker, 1972;

Mackay, 1972) โดยประเมินผลจากระดับความเข้มสีและบริเวณเนื้อเยื่อที่ติดสีแดงของ formazan (ISTA, 1985) และวิธีนี้สามารถใช้ชี้ระดับกิจกรรมของ dehydrogenase group enzymes ในเนื้อเยื่อที่มีชีวิตของเมล็ดได้ (Mackay, 1972)

ข้อดีของวิธีการ TZ test คือ รวดเร็วและแม่นยำโดยเฉพาะเมื่อใช้ควบคู่กับการตรวจสอบความงอก แต่ในการวินิจฉัยต้องอาศัยประสบการณ์ในการประเมินผล นอกจากนี้ ร่องรอยการเข้าทำลายของแมลง รอยช้ำ การแตกร้าวของเนื้อเยื่อจุดเจริญ ความอ่อนแอของเนื้อเยื่อ อาจส่งผลให้การตรวจสอบผิดพลาดได้หากผู้ตรวจสอบขาดประสบการณ์เพียงพอ (Copeland, 1976) วิธีการนี้ไม่สามารถใช้กับเมล็ดที่เกิด phototoxicity เนื่องจากการ seed dressing ตลอดจนเมล็ดที่ได้รับความเสียหายเนื่องจากความร้อน (heat injury) ในช่วงลดความชื้น และการเข้าทำลายของเชื้อ microorganism ซึ่งเชื้อเหล่านี้สามารถทำปฏิกิริยากับสาร tetrazolium chloride ให้เกิดสีได้ ทำให้การประเมินผลผิดพลาดได้เช่นกัน (Mackay, 1972) วิธีการ TZ test นี้ยังมีความยุ่งยากในการตรวจสอบเพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดได้อย่างสมบูรณ์และง่ายต่อการประเมินผล โดยจะต้องกระทำภายใต้สภาพไม่มีแสงและมีค่า pH ระหว่าง 6 ถึง 7 (Mackay, 1972) และทำในระยะเวลาที่เหมาะสม การปล่อยให้ปฏิกิริยาระหว่างสาร tetrazolium chloride กับเอนไซม์ dehydrogenase เกิดนานเกินไป ทำให้เกิดการติดสี formazan มากเกินไปยากต่อการวินิจฉัย (Copeland, 1976)

การวัดปริมาณสาร formazan ในส่วนต่างๆ ของเมล็ดสามารถใช้ประเมินความแข็งแรงของเมล็ดได้ Johnston *et al.* (1986) ได้ประเมินความแข็งแรงของเมล็ดข้าวสาลี โดยสกัด formazan จากส่วน embryo ด้วยสาร methylcellosolve และวัดปริมาณสาร formazan ที่สกัดได้ด้วยวิธี optical density Sung and Chen (1988) ทำการทดสอบความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดข้าวโดยวัดสาร formazan

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่สกัดจากส่วน embryo ของเมล็ดด้วยสาร ethylene glycol monomethyl ether และวัดปริมาณสาร formazan ที่สกัดได้ด้วยวิธี optical density เช่นกัน และทั้งคู่สรุปว่า วิธีการวัด formazan ที่สกัดออกมานี้ (formazan extraction technique) สามารถใช้ประเมินความแข็งแรงของเมล็ดได้อย่างรวดเร็ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved