

# บทที่ 7

## การพักตัวของพืช

รองศาสตราจารย์ ดร.दनัย บุนนยเกียรติ  
ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

# ความสำคัญของการพักตัวของพืช ในทางชีววิทยา

ไม้ยืนต้น ส่วนยอดจะหยุดกิจกรรมต่าง ๆ และพืชจะสร้างกาบเล็ก ๆ มาหุ้มตาไว้เพื่อให้เกิดตาที่พักตัวในฤดูหนาว ตาเหล่านี้ถือว่าอยู่ในระหว่างการพักตัว (Dormant) ซึ่งตาเหล่านี้จะต้านทานต่อความหนาวเย็นได้ดีกว่าตาที่ยังมีกิจกรรมอยู่

- สาเหตุที่ตาที่ปักตัวสามารถทนต่ออากาศหนาวเย็นได้ดีนั้น ยังไม่เป็นที่เข้าใจดีนัก หากแต่เป็นที่รู้อย่างแน่ชัดว่าเนื้อเยื่อเหล่านี้จะมีลักษณะของโปรโตพลาสต์ที่เฉพาะเจาะจงและเพราะมีกาบ (scale) ที่หุ้มห่อตาอยู่อีกหลายชั้น ซึ่งสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำได้ ทำให้พืชสามารถรักษาสมดุลของน้ำภายในต้นไว้ได้ในฤดูหนาว

# ชนิดของการพักตัว

- Imposed หรือ Enforced Dormancy
- Innate หรือ Spontaneous Dormancy

# การพักตัวของตา

- การพักตัวของตา คือ การหยุดการเจริญเติบโตที่มองเห็นได้ในพืช ซึ่งในเขต อบอุ่นนั้นหลังจากช่วงกลางฤดูร้อนแล้วพืชจะมีการเจริญเติบโตช้ามาก หลังจากนั้นเมื่อเข้าสู่ฤดูใบไม้ร่วง ต้นไม้จะเริ่มทิ้งใบ
- การพักตัวของตามักจะเกี่ยวข้องกับการสร้างกาบมาปิดตา (Scale) เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ
- ปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีอิทธิพลต่อการควบคุมการพักตัวของตา ไม้ยืนต้น คือ ความยาวของวัน โดยวันยาวกระตุ้นการเจริญของตาและวันสั้นจะก่อให้เกิดการชะงักการเจริญเติบโตและสร้างตาที่พักตัว
- ในไม้ยืนต้นหลายชนิดการร่วงของใบถูกกระตุ้นโดยวันสั้น

# THE SHOOT-GROWTH RHYTHM OF A TROPICAL TREE, THEOBROMA CACAO<sup>1</sup>

D. C. GREATHOUSE, W. M. LAETSCH, AND B. O. PHINNEY

Department of Biology, University of Puerto Rico, Rio Piedras  
Department of Botany, University of California, Berkeley

and

Department of Botanical Sciences, University of California, Los Angeles

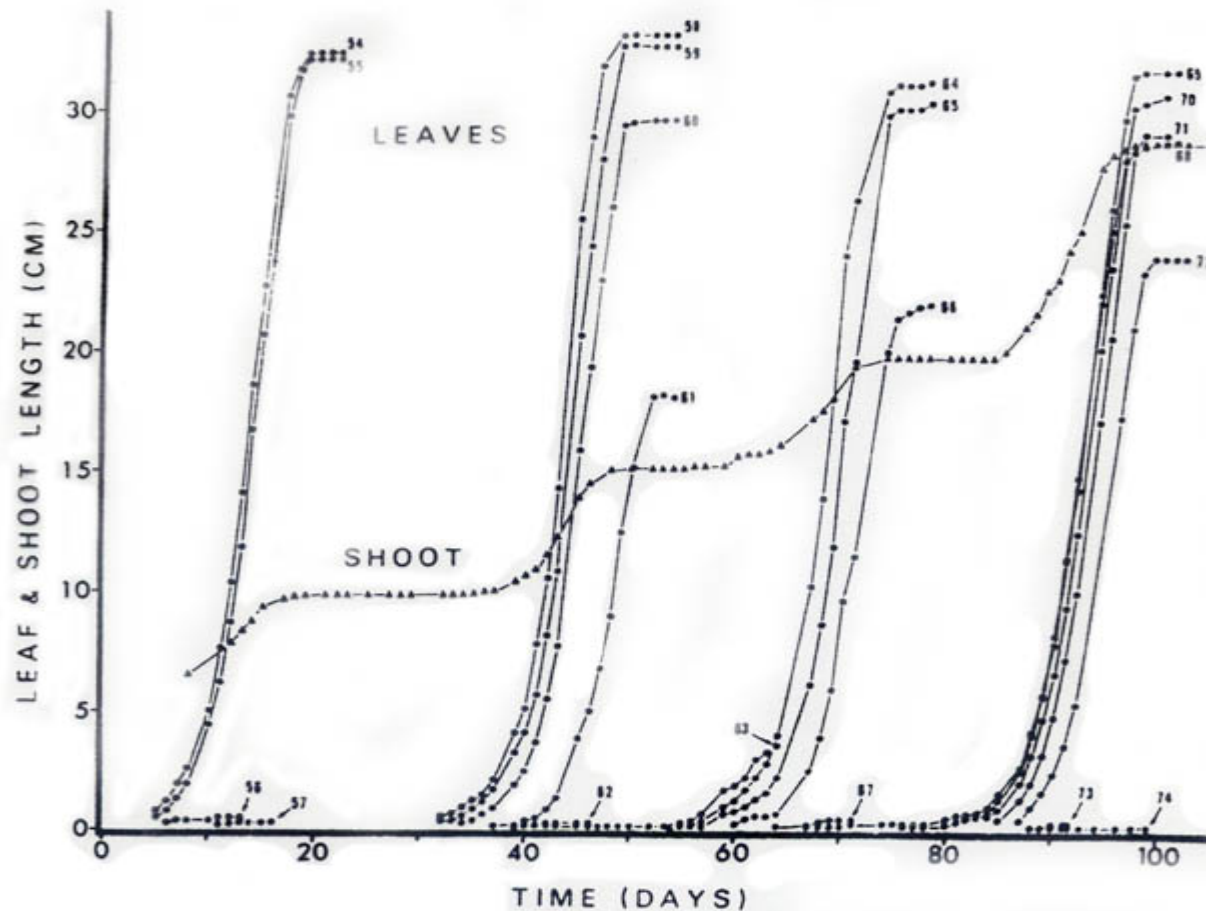


Fig. 8. The growth rhythm of a typical *T. cacao* shoot grown under controlled environmental conditions expressed as elongation of the shoot and its leaves. Note the correlation in time of leaf expansion and shoot elongation and the regular periodicity with which each occurs. The leaves are numbered in increasing order of their expansion. Note also that the last leaf or leaves (e.g. 56, 57, 62, 63, etc.) that begin to expand during a given growth period normally abscise. This occurs shortly after the dormant period begins.

# การเจริญของตาที่ปักตัว

- การปักตัวจะลดปริมาณลงในระหว่างฤดูหนาว  
ไม้ยืนต้นหลายชนิดต้องการอุณหภูมิต่ำในช่วง  
ฤดูหนาวเพื่อกำจัดการปักตัวของตา
- ถึงแม้ว่าอุณหภูมิต่ำจะมีความจำเป็นในการกำจั  
ดการปักตัวของตาพืชหลายชนิด แต่อุณหภูมิสูงก็มี  
ความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของตาหลังจากที่  
ได้รับอุณหภูมิต่ำแล้วถ้าหากอุณหภูมิไม่สูงพอตา  
อาจจะยังคงปักตัวไปได้เรื่อย ๆ

# การพักตัวของอวัยวะอื่นๆ

- อวัยวะหลายชนิดของพืชสามารถแสดงการพักตัวในฤดูหนาวได้ เช่น ลำต้นใต้ดิน (Rhizome, Corm และ Tuber)
- ในพืชที่อยู่ในน้ำบางชนิดจะสร้างตาที่พักตัว โดยวันสั้นร่วมกับอุณหภูมิที่สูง



# การกำจัดการพักตัวของอวัยวะต่างๆ

- การจุ่มยอดลงในน้ำอุ่นอุณหภูมิ 30 - 35 °C เป็นเวลา 9-12 ชั่วโมง
- การรมด้วยอีเทอร์ก็สามารถกำจัดการพักตัวได้เช่นกรณีหัวของ Lily-of-the-Valley ทำให้ออกดอกเร็วขึ้น
- ไธโอยูเรีย (Thiourea) และเอทิลีน คลอ-ไฮดริน (Ethylene Chlorhydrin)
- ฮอร์โมนต่าง ๆ เช่น จิบเบอเรลลิน ไซโตไคนิน และเอทิลีน

# การปักตัวของเมล็ด

- การปักตัวของเมล็ดจึงเป็นบทบาทที่สำคัญของพืชในการที่จะรอดชีวิตอยู่ได้ เพราะเมล็ดจะทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมดีกว่าเนื้อเยื่อทั่ว ๆ ไป
- การปักตัวของเมล็ดมีข้อเสียอยู่บ้าง เช่น ต้องสิ้นเปลืองหาวิธีการกำจัดการปักตัวออกไป และในกรณีที่เมล็ดตกค้างในดินและปักตัวอยู่ แต่อาจงอกในฤดูที่ปลูกพืชชนิดถัดไปทำให้เกิดปัญหาวัชพืชได้

# 1. เปลือกหุ้มเมล็ดแข็งและหนา

- เปลือกหุ้มเมล็ดที่หนาหรือแข็งมากๆ มักจะมีส่วนร่วมทำให้เกิดการพักตัวของเมล็ด เพราะจะป้องกันไม่ให้ น้ำและอากาศผ่านเข้าออกและยังจำกัดการเจริญของคัพภะด้วย
- ชัดเมล็ดให้เปลือกบางลง เช่นในกรดซัลฟูริกเข้มข้น เป็นระยะเวลาสั้นๆ วิธีนี้จะทำลายส่วนเปลือกหุ้มเมล็ด ทำให้น้ำซึมเข้าไปได้

# 1. เปลือกหุ้มเมล็ดแข็งและหนา

- ในสภาพธรรมชาติเมล็ดเหล่านี้อาจจะถูกเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดย่อยสลายเปลือกไปบางส่วน
- การแช่เมล็ดในน้ำร้อน  $40^{\circ}\text{C}$  ในระยะเวลาสั้น ๆ ก็สามารถลดปัญหานี้ได้เช่นกัน
- เมล็ดที่มีเปลือกหนาอยู่ในตระกูล Leguminosae Chenopodiaceae Malvaceae และ Geraniaceae เป็นต้น

## 2. คัพภะยังไม่เจริญเต็มที่

- คัพภะยังไม่เจริญเต็มที่เมื่อเมล็ดร่วงจากต้น ซึ่งการงอกของเมล็ดจะเกิดได้ก็ต่อเมื่อคัพภะเจริญเต็มที่แล้ว
- พบในพืชพวก Orchidaceae Fraxinus และ Ranunculus
- ต้องปล่อยให้คัพภะเจริญเต็มที่ ซึ่งจะผันแปรจาก 10 วัน จนถึงหลาย ๆ เดือน

### 3. After Ripening ในการเก็บรักษา

- การเก็บรักษาเมล็ดของพืชไว้ในสภาพแห้งที่อุณหภูมิห้อง เมล็ดเหล่านี้จะค่อย ๆ สูญเสียการพักตัวไปที่ละน้อย
- กระบวนการที่เกิดขึ้นไม่ควรเป็นกระบวนการทางเมตาบอลิซึม เพราะเกิดในขณะที่เมล็ดแห้งมาก
- การพักตัวชนิดนี้มีความสำคัญทางเศรษฐกิจต่อธัญพืชมาก

## 4. ความไวต่อแสง

- เมล็ดบางชนิดต้องการแสงในการงอก เช่น เมล็ดยาสูบ Foxglove และผักสลัดพันธุ์ Grand Rapids เป็นต้น ในทางตรงกันข้ามมีเมล็ดหลายชนิดซึ่งแสงจะระงับการงอก แต่เมล็ดในกลุ่มนี้มีน้อยชนิดกว่ากลุ่มแรก เช่น ฟลอกซ์ (*Phlox drummondii*) เป็นต้น
- เมล็ดที่ไวต่อแสงนี้ จะตอบสนองต่อแสงหลังจากที่คูดน้ำจนชุ่มแล้วเท่านั้น

## 4. ความไวต่อแสง

- เมล็ดที่ต้องการแสงในการงอกในระยะที่เก็บเกี่ยวนั้น จะค่อย ๆ สูญเสียความต้องการแสงในการงอกไปเรื่อย ๆ เมื่อนำไปเก็บรักษา และในที่สุดจะงอกได้ในที่มืด เช่น กรณีของผักสลัดซึ่งอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงในระหว่าง After Ripening ซึ่งสามารถกำจัดความต้องการแสงได้



## 4. ความไวต่อแสง

- การพบว่าเมล็ดของผักสลัดบางพันธุ์มีความต้องการแสงในการงอกนั้นเป็นการนำไปสู่การพบไฟโตโครม ( Phytochrome ) ในปัจจุบันทราบกันดีแล้วว่าแสงสีแดงจะกระตุ้นการงอกของเมล็ด ส่วนแสง Far Red จะระงับการงอก และนอกจากนั้นยังพบว่าเมล็ดที่ไวต่อแสงจะตอบสนองต่อแสงสีแดงและแสง Far Red เหมือนกับเมล็ดของผักสลัด

## 5. ความต้องการอุณหภูมิเฉพาะ

- เมล็ดหลายชนิดต้องการอุณหภูมิต่ำ ภายใต้สภาพที่เมล็ดขึ้นก่อนการงอกทั้งในสภาพธรรมชาติ และในสภาพที่มนุษย์จัดการขึ้น หลังจากที่ได้รับอุณหภูมิต่ำพอเพียงแล้ว เมล็ดจะสามารถงอกได้ที่อุณหภูมิ  $20^{\circ}\text{C}$

## 5. ความต้องการอุณหภูมิเฉพาะ

- อุณหภูมิต่ำที่เหมาะสมคือ  $0 - 5^{\circ}\text{C}$  ซึ่งเมล็ดที่ต้องการอุณหภูมิต่ำอาจจะมีเปลือกหุ้มเมล็ดบาง เช่น แอปเปิล และเบอซ เป็นต้น
- การตอบสนองของอุณหภูมิต่ำจะเกิดได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเมล็ดดูดน้ำจนชื้นแล้วเท่านั้น เมล็ดที่ต้องการอุณหภูมิต่ำบางชนิดอาจจะงอกได้เมื่อกำจัดเปลือกหุ้มเมล็ดออกไป

## 6. การปรากฏของสารระงับการงอกในเมล็ด

- ในเมล็ดหลายชนิดจะปรากฏสารระงับการงอกภายในเมล็ด ทำให้เมล็ดเกิดการพักตัว สารใดก็ตามที่มีพิษต่อกระบวนการงอกของเมล็ดจะระงับการงอกได้
- สารพิษเหล่านี้จะระงับขั้นตอนการงอกขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง สารเหล่านี้จะปรากฏอยู่ที่ส่วนใดของเมล็ดก็ได้ เช่น ในข้าวโอ๊ต สารพิษจะอยู่ที่ **glumes** ในเมล็ดบางชนิดมีสารระงับการงอกอยู่ที่เปลือกหุ้มเมล็ด

## 6. การปรากฏของสารระงับการงอกในเมล็ด

- สารระงับการงอกที่พบในเมล็ด คือ  
คั้วมาริน ( Coumarin )  
กรดพาราซอร์บิค ( Parasorbic Acid )  
กรดเฟอร์ริก ( Feruric Acid )  
และกรดแอบซิชิค หรือ ABA เป็นต้น  
โดยเฉพาะสาร ABA นี้ สามารถระงับการงอกได้  
ที่ปริมาณต่ำมาก คือ 5 - 10 ส่วนต่อล้าน

## 6. การปรากฏของสารระงับการงอกในเมล็ด

- การปรากฏของสารเคมีระงับการงอกของเมล็ดภายในเมล็ดเองนั้นมักจะพบเสมอ ๆ และจะต้องถูกล้างออกไปก่อนเมล็ดจึงจะงอกได้ ในสภาพธรรมชาติ น้ำฝนทำหน้าที่ชะล้างสารระงับการงอกไปจากเมล็ด
- ในสภาพธรรมชาติสารระงับการงอกของเมล็ดไม่เพียงปรากฏอยู่ในเมล็ดเท่านั้น แต่ยังปรากฏที่ใบ ราก และส่วนอื่น ๆ ของพืชด้วย
- สารที่ผลิตโดยพืชชนิดหนึ่งแล้วมีผลกระทบในด้านลบกับพืชอื่นนี้เรียกว่า Allelopathic

# สภาพแวดล้อมที่ควบคุมการพักตัวของเมล็ด

## 1. อุณหภูมิ

- โดยทั่วไปอุณหภูมิ 0 - 5 °C มักจะมีประสิทธิภาพในการทำให้เมล็ดงอก
- กระบวนการ Stratification คือ การปฏิบัติทางการเกษตรโดยการให้เมล็ดได้รับอุณหภูมิต่ำ
- การที่อุณหภูมิต่ำทำให้เมล็ดงอกได้นั้นจะเกิดการเคลื่อนย้ายอาหารในระหว่างการได้รับความเย็น โดยอาหารในเมล็ดจะเคลื่อนย้ายออกจากแหล่งอาหารสำรองไปยังคัพภะ

# สภาพแวดล้อมที่ควบคุมการพักตัวของเมล็ด

## 1. อุณหภูมิ

- เมล็ดพีโอนี (Peony) ในขณะที่เมล็ดพักตัวคัพภะจะมีกรดอะมิโนอยู่น้อยมาก แต่ในระหว่างการได้รับอุณหภูมิต่ำจะเกิดการสะสมกรดอะมิโนซึ่งเคลื่อนย้ายมาจากแหล่งอาหารสำรอง
- เมล็ดพีโอนีนั้นถ้าหากให้ GA กับเมล็ดจะทำให้คัพภะสะสมกรดอะมิโนได้เช่นกัน ดังนั้นในกรณีนี้ GA จึงสามารถกำจัดการพักตัวของเมล็ดได้



# สภาพแวดล้อมที่ควบคุมการพักรงตัวของเมล็ด

## 1. อุณหภูมิ

- อุณหภูมิต่ำยังช่วยทำให้ปริมาณของสารระงับการงอกในเมล็ดลดลงด้วย เช่น กรณีของเมล็ดแอปเปิ้ลนั้นปริมาณสารระงับการงอกจะลดลงระหว่างกระบวนการ Stratification

# สภาพแวดล้อมที่ควบคุมการพักตัวของเมล็ด

## 2. แสง

- การตอบสนองต่อแสงของเมล็ดจะเป็นไปในทางปริมาณ คือ ยิ่งให้แสงนานก็จะงอกมาก
- แสงจะลบล้างผลของอุณหภูมิสูงได้
- ส่วนที่ตอบสนองต่อแสงคือ เปลือกหุ้มเมล็ด แต่ในเมล็ดบางชนิดส่วนที่ตอบสนองต่อแสงอยู่ที่ใบเลี้ยง และ Radicle

# สภาพแวดล้อมที่ควบคุมการพักตัวของเมล็ด

## 3. น้ำ

- น้ำจะชะล้างเอาสารระงับการงอกออกไปจากเปลือกหุ้มเมล็ดแล้วจึงทำให้เมล็ดงอกได้
- เมล็ดบางชนิดหากมีความชื้นภายในเมล็ดมากเกินไปจะไม่งอก เช่น เมล็ดมะเขือเทศและถั่ว Lima Bean เพราะความแห้งจะทำให้เกิดการกระจายของไรโบโซมออกจากเอนโดพลาสมิก เรตติคิวลัม

# สภาพแวดล้อมที่ควบคุมการพักตัวของเมล็ด

## 4. ฮอร์โมน

- จิบเบอเรลลิน (Giberellin)      ไซโตไคนิน (Cytokinins) และ เอทิลีน (Ethylene)
- เมล็ดที่ตอบสนองต่อจิบเบอเรลลิน ส่วนใหญ่เป็นเมล็ดที่ต้องการระยะ After Ripening ต้องการแสงหรือต้องการอุณหภูมิต่ำ
- แสงสีแดงและจิบเบอเรลลินมักจะให้ผลส่งเสริมกันในการกำจัดการพักตัวของเมล็ด
- ไคเนติน (Kinetin) สามารถลดความต้องการแสงลงไปได้ แต่ไม่สามารถทดแทนแสงสีแดงได้

# การกระตุ้นให้เมล็ดงอก

1. การทำ Scarification คือ การทำลายเปลือกหุ้มเมล็ด โดยอาจจะใช้มีด ตะไบ หรือกระดาษทราย
2. การให้แสง
3. การให้อุณหภูมิต่ำ  $0 - 5^{\circ}\text{C}$  หรือให้อุณหภูมิสูงสลับกับอุณหภูมิต่ำ
4. การใช้สารเคมีกระตุ้น เช่น โพรแตสเซียมไนเตรท และ ไธโอยูเรีย สำหรับ ไธโอยูเรียนั้นใช้แทนความต้องการแสงของเมล็ดสลัด

# การกระตุ้นให้เมล็ดงอก

## 5. การทำ Impaction

- น้ำและก๊าซออกซิเจนไม่สามารถเข้าสู่เมล็ดได้ เนื่องจากถูกปิดกั้นโดยเนื้อเยื่อคล้าย Cork ซึ่งเรียกว่า Strophiolar plug โดยปิดกั้นรูเปิดเล็กๆที่เรียกว่า Strophiolar cleft ที่เปลือกหุ้มเมล็ด การเขย่าเมล็ดอย่างรุนแรงบางครั้งทำให้ Plug นั้นหลุดได้ ทำให้เมล็ดงอก วิธีนี้เรียกว่า Impaction

# การมีชีวิตใหม่ของเมล็ด

- ระยะเวลาซึ่งเมล็ดสามารถมีชีวิตอยู่ได้จะผันแปรไปตามชนิดของพืช
- เมล็ดบางชนิดมีชีวิตอยู่ในดินโดยไม่งอกออกมาทันที เปลือกหุ้มเมล็ดบางสามารถแลกเปลี่ยนอากาศและน้ำได้ตามปกติ และในสภาพที่เหมาะสมเมล็ดเหล่านี้ก็ยังไม่งอก คาดว่าสาเหตุที่เมล็ดไม่งอกเป็นเพราะในดินมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงเกินไป ทำให้เมล็ดพักตัว

# การงอกของเมล็ด

1. การดูดน้ำ ( Imbibition of Water )
2. การสร้างระบบเอนไซม์ และการใช้ออกซิเจน  
เพื่อการหายใจ
3. การเจริญและงอกของ Radicle
4. การเจริญของต้นอ่อน



# SEED GERMINATION AND CROP PRODUCTION

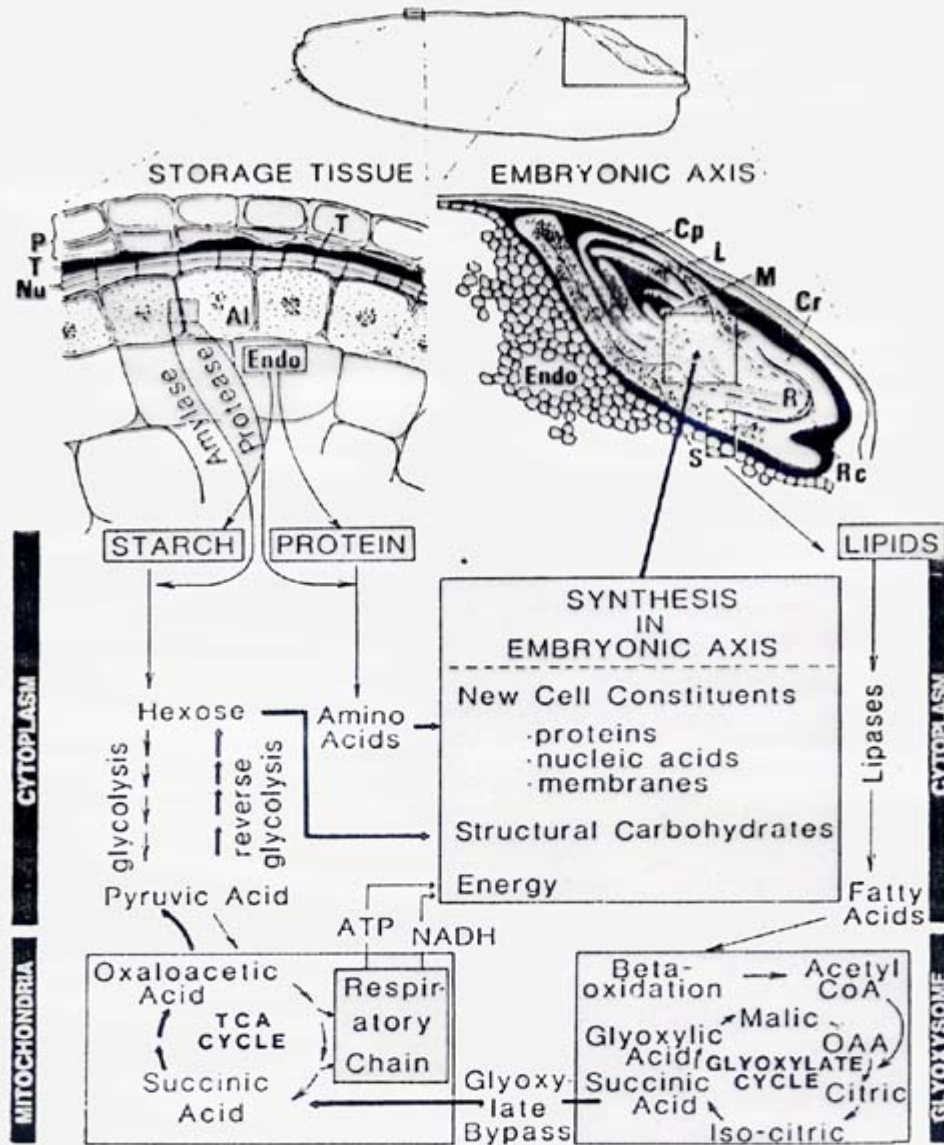


Fig. 3.6. Schematic representation of seed storage product degradation (light arrows), the participating organelles, the pathways of transformation, and synthesis (heavy arrows) in germinating seeds. (P-pericarp, T-testa, Nu-nucellar tissue, Al-aleurone, Endo-endosperm, Cp-coleoptile, L-embryo leaf, M-apical meristem, Cr-coleorhiza, R-radicle, Rc-rootcap, S-scutellum).

# 1. การดูดน้ำ

- กระบวนการดูดน้ำเป็นกระบวนการทางฟิสิกส์มากกว่าที่จะเป็นกระบวนการทางเมตาบอลิซึม และมี  $Q_{10}$  ต่ำเพียง 1.5 - 1.8 เท่านั้น ตามปกติเมล็ดจะดูดน้ำประมาณ 60 % ของน้ำหนักแห้ง

## 2. การสร้างระบบเอนไซม์และการหายใจ

- การหายใจของเมล็ดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในเมล็ดถั่ว (pea) อัตราการหายใจจะเพิ่มภายใน 2-4 ชั่วโมง เมื่อ Radicle แทงออกมา การหายใจจะเพิ่มขึ้นอีก
- เอนไซม์ที่เกิดขึ้นเมื่อเมล็ดงอก คือ อะไมเลส (Amylase) ลิเพส (Lipases) และ โปรตีเอส (Protease) เป็นต้นที่ใช้ในการย่อยสลายอาหารสำรองในเมล็ด

## 2. การสร้างระบบเอนไซม์และการหายใจ

- เอนไซม์แอลฟา อะไมเลส ( $\alpha$ -amylase) ซึ่งสร้างโดยเซลล์ในชั้นของ อะลีโรน (Aleurone layer) ทำหน้าที่ย่อยสลายแป้งในแหล่งอาหารสำรองตามปกติการที่เมล็ดจะสร้างแอลฟา อะไมเลสได้ เมล็ดจะต้องมีส่วนของคัพภะอยู่ด้วย หรือถ้าไม่มีคัพภะก็จะต้องเติมจิบเบอเรลลินให้กับเมล็ด

## 2. การสร้างระบบเอนไซม์และการหายใจ

- การสังเคราะห์แอลฟาอะไมเลสจะถูกทำให้หยุดชะงักโดยแอกติโนมัซิน ดี ( Actinomycin D ) และคลอแรมเฟนิคอล (Chhloramphenicol)
- การเจริญและการงอกของ Radicle การงอกของส่วนที่เรียกว่า Radicle ของต้นอ่อนจัดเป็นสัญญาณที่แสดงให้เห็นว่าเมล็ดงอกแล้วการขยายตัวของ Radicle ออกมาจากเมล็ดเกิดจากการขยายตัวของเซลล์มากกว่าที่จะเกิดการแบ่งเซลล์

# การเจริญของต้นอ่อน

1. Hypogeal Germination คือการงอกชนิดที่ ส่วนที่อยู่ใต้ใบเลี้ยงไม่ยืดตัว หลังจากต้นอ่อนเจริญ ขึ้นไปแล้วเมล็ดยังคงอยู่ที่ระดับเดิม เช่น การงอก ของเมล็ดข้าวโพด เมล็ดข้าว เมล็ดถั่ว (Pea) และ เมล็ดมะเขือเทศ เป็นต้น

# การเจริญของต้นอ่อน

2. Epigeal Germination คือ การงอกชนิดที่ ส่วนใต้ใบเลี้ยงยึดตัวทำให้เมล็ดอยู่ในระดับสูงกว่าเดิม เช่น ถั่ว มะขาม การงอกของเมล็ดชนิดนี้มักจะทำให้เกิดส่วนที่โค้งงอเป็นตะขอ ( Hook ) ของส่วนใต้ใบเลี้ยง สาเหตุที่เกิดการโค้งงอเกิดมาจากเนื้อเยื่อบริเวณนั้นมีฮอร์โมน เอทิลีน สะสมอยู่ส่วนนี้จะยืดตรงเมื่อได้รับแสงสว่างเพราะแสงทำให้เนื้อเยื่อบริเวณนี้ไม่ไวต่อการตอบสนองเอทิลีน และ การสังเคราะห์เอทิลีนจะลดลงด้วย

# การเจริญของต้นอ่อน

ในพืชตระกูลหญ้าการเปลี่ยนแปลงคือ  
การปิดส่วนยอดของต้นอ่อนไว้ให้อยู่ในปลอก  
รูปทรงกระบอกซึ่งเรียกว่า Coleoptile  
การยืดตัวของลำต้นจะเกิดในส่วนที่อยู่ระหว่าง  
เมล็ดและ Coleoptile ซึ่งเรียกว่า Mesocotyl



