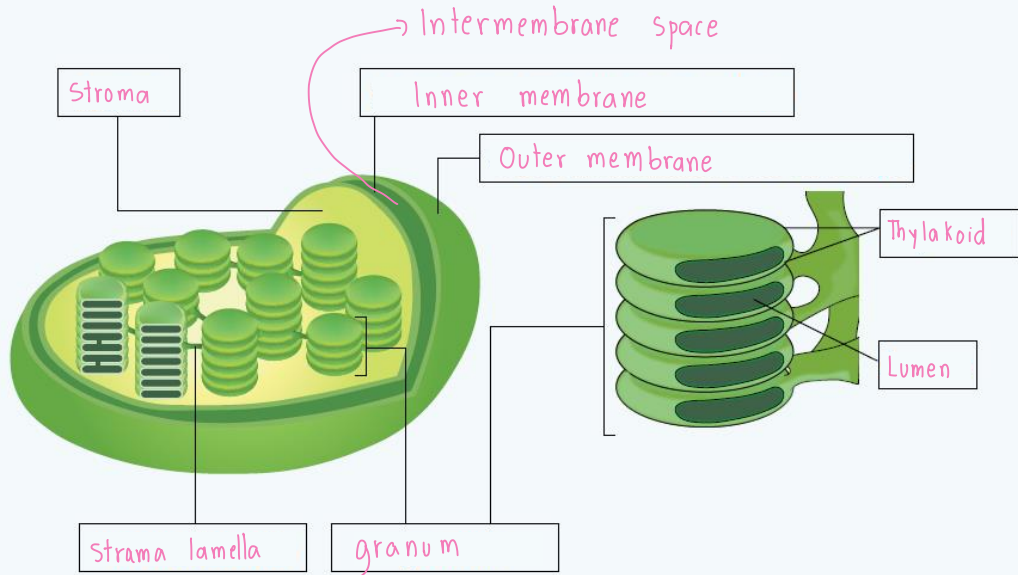
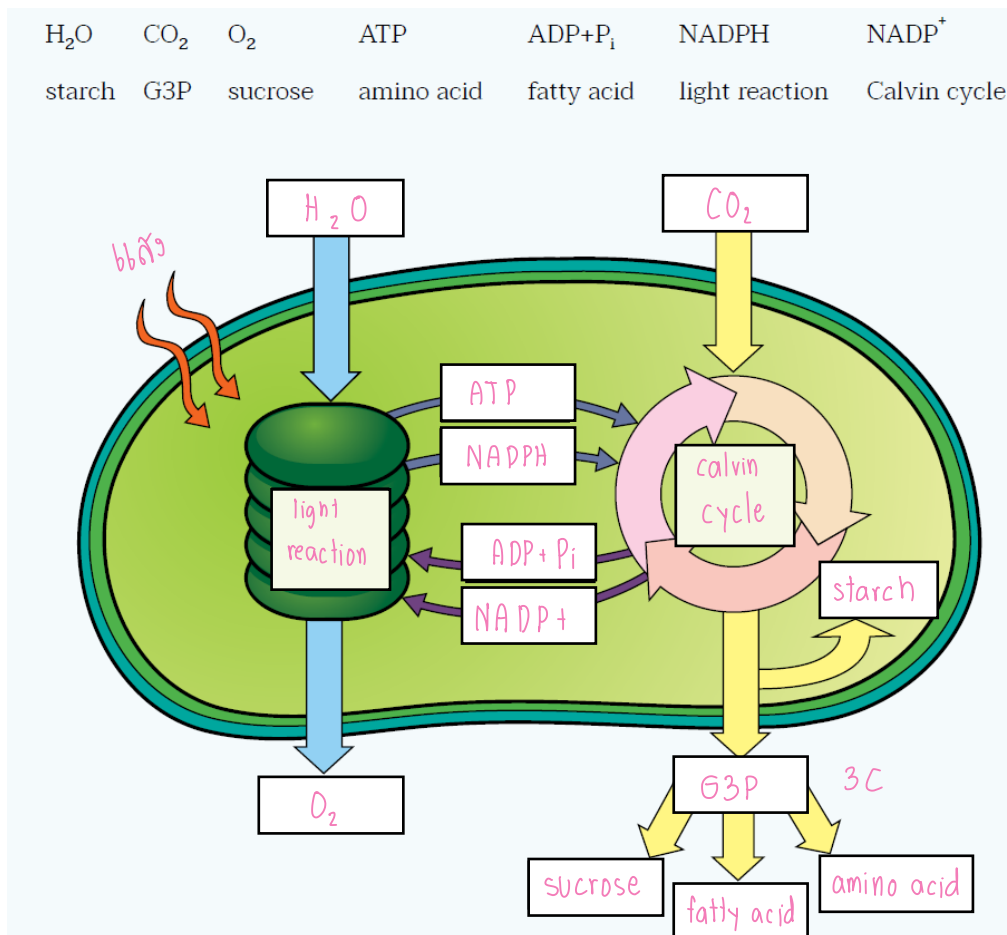


1. จากรูปโครงสร้างของคลอโรพลาสต์ จงเติมคำต่อไปนี้ลงในภาพ และหน้าข้อความที่มีความสัมพันธ์กัน

outer membrane/outer envelope    stroma lamella    stroma    granum  
inner membrane/inner envelope    thylakoid    lumen



- |                            |     |  |
|----------------------------|-----|--|
| ..... Lumen .....          | 1.1 | ช่องภายในไทลาคอยด์ซึ่งมีของเหลวที่ประกอบด้วยเอนไซม์ต่างๆ   |
| ..... Stroma .....         | 1.2 | ของเหลวภายในคลอโรพลาสต์มีเอนไซม์ที่จำเป็นสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสง  |
| ..... Granum .....         | 1.3 | แต่ละตั่ง (stack) ของไทลาคอยด์ที่ทับซ้อนกัน  |
| ..... Outer membrane ..... | 1.4 | เยื่อชั้นนอกสุดของคลอโรพลาสต์  |
| ..... Thylakoid .....      | 1.5 | เยื่อในคลอโรพลาสต์ที่มีการเกิดปฏิกิริยาแสง <span style="border: 1px solid pink; border-radius: 50%; padding: 2px;">เชื้อไทลาคอยด์</span> |
| ..... Inner membrane ..... | 1.6 | เยื่อชั้นที่ขนานกับเยื่อชั้นนอกของคลอโรพลาสต์เกี่ยวข้องกับการลำเลียงสารเข้า-ออก  |

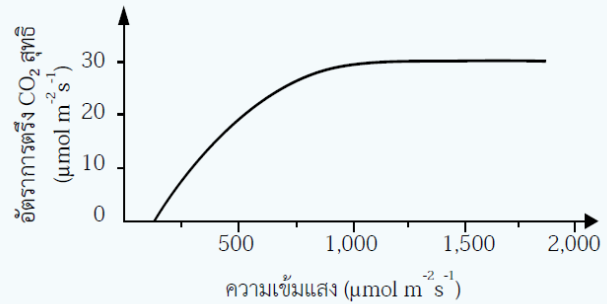


5. จงเติมคำลงในช่องว่างของตารางการเปรียบเทียบการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช  $C_3$  พืช  $C_4$  และพืช CAM

ข้อเปรียบเทียบ	พืช $C_3$	พืช $C_4$	พืช CAM
5.1 เอนไซม์ที่ใช้ในการตรึงคาร์บอนครั้งแรก	rubisco	PEP carboxylase	PEP carboxylase
5.2 สารเสถียรชนิดแรกที่ได้จากการตรึงคาร์บอน	PGA (3C)	OAA (4C)	OAA (4C)
5.3 ช่วงเวลาการเปิดปากใบเพื่อนำ $CO_2$ เข้า (เติมกลางวันหรือกลางคืน)	กลางวัน	กลางคืน	กลางคืน
5.4 สารประกอบคาร์บอนที่เป็นผลิตภัณฑ์จากการสังเคราะห์ด้วยแสงที่จะนำไปใช้ในกระบวนการต่างๆ ของพืช	G3P	G3P	G3P

Hatch slack pathway

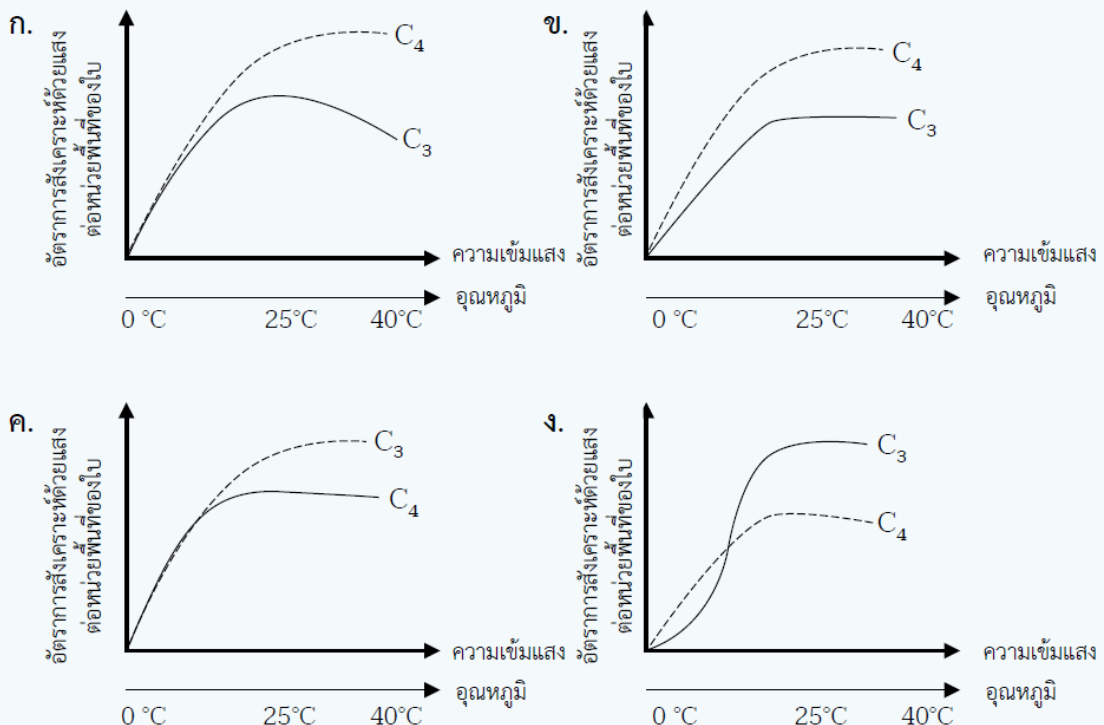
7. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับอัตราการตรึง  $\text{CO}_2$  สุทธิของพืชชนิดหนึ่งที่อุณหภูมิ  $25^\circ\text{C}$  ดังรูป



จงตอบคำถามต่อไปนี้

- 7.1 จากรูปแสงเป็นปัจจัยจำกัดต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ความเข้มแสงประมาณช่วงใด
- 7.2 ใส่อักษร A ในตำแหน่งที่ความเข้มแสงมีผลทำให้อัตราการปล่อย  $\text{CO}_2$  เท่ากับอัตราการตรึง  $\text{CO}_2$
- 7.3 ใส่อักษร B ในตำแหน่งที่เป็นจุดอิ่มตัวของแสง และให้เหตุผลประกอบ

8. กราฟแสดงความสามารถในการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช  $\text{C}_3$  และพืช  $\text{C}_4$  ในข้อใดถูกต้อง

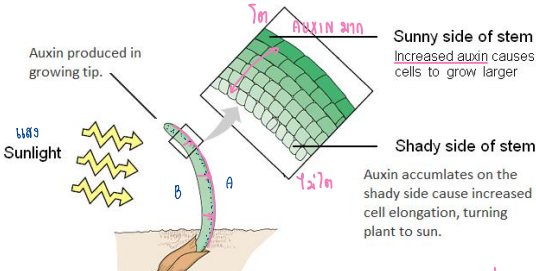
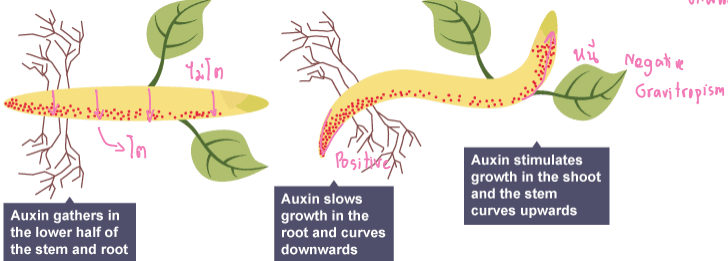


# บทที่ 12 การควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช

1. **ฮอร์โมนพืช**
2. ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด
3. **การตอบสนองของพืชในลักษณะการเคลื่อนไหว**
4. การตอบสนองต่อภาวะเครียด

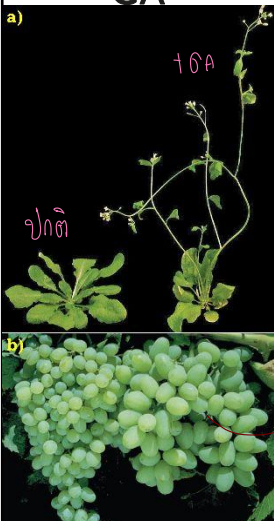

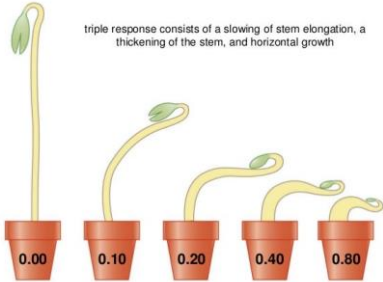
## Plant Hormone

- **ฮอร์โมน** : สารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้นเพื่อส่งสัญญาณในการเริ่มกระบวนการสร้าง การควบคุม หรือเปลี่ยนแปลงของพืช
- **สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (Plant Growth Regulator)** สารอินทรีย์ทั้งที่พืชสร้างขึ้นเองหรือมนุษย์สังเคราะห์ขึ้น เพื่อกระตุ้น ยับยั้ง หรือเปลี่ยนแปลงสภาพทางสรีรวิทยาของพืชได้

Hormone	แหล่งสร้าง	ผลต่อพืช
<b>ออกซิน (Auxin)</b> Indole acetic acid <b>IAA</b> → จมูกงา <b>NAA NOA</b> <b>IBA IPA 2,4-D</b> ออกซินสังเคราะห์	เนื้อเยื่อเจริญ ปลายยอด Apical shoot meristem ช่วงเซลล์	<p>กระตุ้นการยืดตัวของเซลล์ตามยาว กระตุ้นการขยายขนาดของผนังเซลล์ การตอบสนองต่อแสง (Phototropism) <b>AUXIN</b> ขยับไหว</p>  <p>Auxin produced in growing tip. Sunny side of stem: Increased auxin causes cells to grow larger. Shady side of stem: Auxin accumulates on the shady side cause increased cell elongation, turning plant to sun.</p> <p>การตอบสนองต่อแรงดึงดูดของโลก (Geotropism) <b>AUXIN</b> เติบโตที่ฐานรากโน้มตัว</p>  <p>Gravitropism Auxin stimulates growth in the shoot and the stem curves upwards. Auxin slows growth in the root and curves downwards. Auxin gathers in the lower half of the stem and root.</p> <p>กระตุ้นการเจริญของยอด ยังยับยั้งการเจริญของราก <b>AUXIN</b> ต่ำ ราก: โตกว่ายอด</p> <p><b>ยับยั้งการเจริญตาข้าง (Apical dominance)</b></p> <p><b>กระตุ้นการเจริญเป็นผล</b> โดยไม่มีการปฏิสนธิ ผลไม้ไร้เมล็ด/รสชาติเกิน</p> <p>ควบคุมการออกดอกของพืชบางชนิด ออกดอกช้า อยู่นาน ถึงเวลา</p> <p><b>ใช้เป็นยาปราบวัชพืชใบกว้าง</b> <b>AUXIN</b> เข้มข้นสูง → สิวความเครียดนาม</p>

→ จีนา

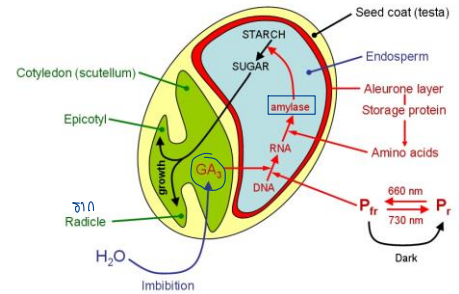
"Agent orange"

Hormone	แหล่งสร้าง	ผลต่อพืช
<div>จิบเบอเรลลิน (Gibberellin) GA</div> <div></div>	<div><small>In the calvary meristem</small> เนื้อเยื่อเจริญ</div> <div>เนื้อข้อ ใบอ่อน</div> <div>Embryo</div> <div>สกัดจากรา</div> <div><i>Gibberella</i></div> <div><i>fujikuroi</i></div> <div><small>GA ที่หายากที่ Japan</small></div>	<div>กระตุ้นการยืดและแบ่งเซลล์ระหว่างข้อลำต้น ทำให้พืชสูง <small>↑</small></div> <div><small>ถ้าองศาไธตัมไม่แคบ = ตัองให้สารยับยั้ง GA</small></div> <div>กระตุ้นการเจริญเป็นผล โดยไม่มีการปฏิสนธิ <small>เหมือน Auxin</small></div> <div><small>ผลไม่ไร้เมล็ด ผลใหญ่ มาก ฝักรุ่นไร้เมล็ด</small></div> <div>กระตุ้นการงอกของเมล็ด – ทำลายการพักตัวของเมล็ด <small>≠ กรดแอบไซซิก</small> <small>↓ ผลิต oc-amylose</small></div> <div>กระตุ้นการออกดอกของพืชวันยาว (long day plant) <small>ออกดอกในฤดูร้อน ฝนยาวแสง 16 ชั่วโมง</small></div> <div>ช่วยยืดข้อผลไม้ </div> <div>เปลี่ยนดอกตัวผู้ให้เป็นดอกตัวเมียในพืชตระกูลแตง</div>
<div>ไซโตไคนิน (Cytokinin)</div> <div>Zeatin</div> <div>Kinetin</div>	<div>เนื้อเยื่อเจริญ</div> <div>ปลายราก ผลอ่อน</div> <div>น้ำมะพร้าว</div> <div>สารสกัดจากยีสต์</div>	<div><small>Cell differentiation</small> กระตุ้นการแบ่งเซลล์และการเจริญเปลี่ยนแปลงของเซลล์</div> <div>กระตุ้นการเกิดยอดในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ → Callus <small>Cytokinin &amp; Auxin</small></div> <div>กระตุ้นการเจริญของตาข้าง <small>≠ Auxin ยับยั้งตาข้าง</small></div> <div>กระตุ้นการเจริญของกิ่งแขนง <small>กระตุ้นตาข้าง 1 คู่/ตา</small></div> <div>ชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ * <small>ใช้ในการตัดยอด / ขนส่งผักผลไม้</small></div> <div>ชะลอการแก่ของใบและผลไม้</div>
<div>กรดแอบไซซิก (Absciscic acid) ABA</div> <div><small>Stress hormone</small> <small>ฮอร์โมนเครียด</small></div>	<div>ราก ลำต้น ใบแก่</div> <div>ผลดิบ</div>	<div>ยับยั้งการเจริญเติบโต <small>(Growth inhibitor)</small></div> <div>กระตุ้นการหลุดร่วงของใบและผลที่แก่ <small>≠ cytokinin</small></div> <div>กระตุ้นการปิดปากใบ ในภาวะขาดแคลนน้ำ</div> <div>การพักตัวของเมล็ด (Seed Dormancy) <small>≠ GA</small> <small>↓ ผลิต oc-amylose</small></div>
<div>เอทิลีน <small>C<sub>2</sub>H<sub>4</sub></small> (Ethylene)</div> <div><small>* GAS</small></div> <div></div> <div><small>triple response consists of a slowing of stem elongation, a thickening of the stem, and horizontal growth</small></div> <div>Ethylene concentration (parts per million)</div>	<div>ผลไม้ใกล้สุก ใบแก่</div> <div>บริเวณข้อ</div>	<div>กระตุ้นการสุกของผลไม้ → ข่มผลไม่ <small>oc-amylose</small></div> <div>กระตุ้นการหลุดร่วงของใบ</div> <div>กระตุ้นการงอกของเมล็ด</div> <div>กระตุ้นการออกดอกของพืชพวกสับปะรด <small>↑ ให้ออกดอกพร้อมกัน</small></div> <div>กระตุ้นการไหลของน้ำยางพารา <small>↓ ปิดปาก</small></div> <div>เหนี่ยวนำให้เกิดงอกแบบ Triple Response <small>ถ้าต้นเตี้ย / อวบอ้วน / โตใน 11 ชั่วโมง</small></div>

## ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด

1. **น้ำหรือความชื้น** ช่วยให้เมล็ดอ่อนนุ่มเกิดแรงดันเปลือกเมล็ดแตกออก เกิดเมทาบอลิซึม
2. **ออกซิเจน** ช่วยในกระบวนการหายใจ เพื่อสลายอาหารสะสมให้พลังงานแก่เอ็มบริโอ
3. **อุณหภูมิ** พืชแต่ละชนิดมีอุณหภูมิที่พอเหมาะแตกต่างกัน
4. **แสง** ส่วนมากไม่จำเป็นต้องใช้แสง ยกเว้นหญ้าบางชนิด
5. **สภาพพักตัวของเมล็ด (Seed dormancy)**

ทำลาย ะวะ พักตัว  
Breaking Seed Dormancy



- สภาพพักตัวของเมล็ดมีกรดแอบไซซิกสูง จิบเบอเรลลินต่ำ
- เมล็ดที่งอกได้ในขณะที่อยู่ในผล ได้แก่ ขนุน มะละกอ มะขามเทศ ลำไย
- เมล็ดที่ไม่มีสภาพพักตัว ได้แก่ โกงกาง
- สาเหตุที่เมล็ดมีการพักตัว
  1. เปลือกหุ้มเมล็ดแข็ง น้ำซึมเข้าไปในเมล็ดไม่ได้
  2. เปลือกเมล็ดมีสารเคลือบ น้ำซึมเข้าไปในเมล็ดไม่ได้ เช่น ถั่วเขียว แตงโม
  3. เปลือกเมล็ดไม่ยอมให้แก๊สออกซิเจนแพร่ผ่าน พบในพืชวงศ์หญ้าบางชนิด
  4. เปลือกเมล็ดมีสารเคมียับยั้งการงอก
  5. เอ็มบริโอยังไม่เจริญเต็มที่ เช่น มะพร้าว หมาก ปาล์ม

## การเคลื่อนไหวของพืช(Plant Movement)

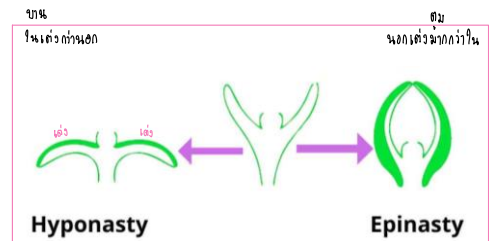
Tropism (N)

### 1. Tropic Movement

- **Phototropism**
  - Positive phototropism: เติบโตเข้าหาแสง → การงอเข้าหาแสง
  - Negative phototropism: เติบโตหนีแสง → การงอหนีแสง
- **Gravitropism/Geotropism**
  - Positive: เติบโตลงสู่โลก (ราก)
  - Negative: เติบโตขึ้นจากโลก (ลำต้น)
- **Hydrotropism**
  - Positive: เติบโตเข้าหาความชื้น
  - Negative: เติบโตหนีความชื้น
- **Chemotropism** \* Positive chemotropism: เติบโตเข้าหาสารเคมี (เช่น รากหาฮอร์โมน)
- **Thigmotropism** \* Positive Thigmotropism: เติบโตเข้าหาสิ่งกีดขวาง (เช่น รากหาช่องว่าง)

⊕ เติบโตเข้าหา

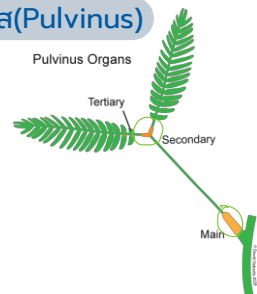
⊖ เติบโตหนี



### 2. Nastic Movement

ทิศทางการเคลื่อนที่ของพืชไม่สัมพันธ์กับสิ่งเร้า เกิดจากเซลล์เปลี่ยนแปลงแรงดันเต่ง(Turgor pressure)

- การหุบบานของดอกที่ตอบสนองต่อแสง (Phototropism) ดอกบัวบานเกิดจากเซลล์ด้านในของกลีบดอกมีแรงดันเต่งมากกว่าด้านนอก
- การหุบใบของพืชที่ตอบสนองต่อการสัมผัส เกิดจากการเปลี่ยนแปลงแรงดันเต่งของ **พัลวินัส(Pulvinus)**
- การหุบของใบกาบหอยแครงเมื่อมีแมลงมาสัมผัส / การหุบของใบ (sleep movement) / ธรรมชาติของพืช / ธรรมชาติของพืช / ธรรมชาติของพืช



### 3. Nutation

การเคลื่อนที่ของยอดพืชส่ายไปส่ายมา เกิดจากรวมชาติของพืช

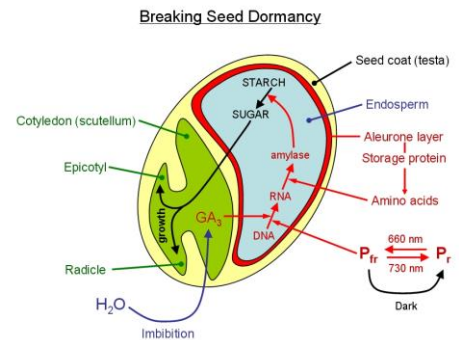
## การตอบสนองต่อภาวะเครียด

- **สิ่งเร้าทางกายภาพ** เช่น น้ำ ความเค็ม อุณหภูมิ (Heat-shock protein และ Antifreeze protein)
- **สิ่งเร้าทางชีวภาพ** เช่น สัตว์กัดกิน จุลินทรีย์ก่อโรค ป้องกันโดยมีขนใบและลำต้นหนาม ใบเคลือบมีฟลักเคลเซียม ออกซาเลตทำให้ระคายเคืองต่อหลอดอาหารของสัตว์กินพืช พืชสร้างสารเคมีที่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์



1. **น้ำหรือความชื้น** ช่วยให้เมล็ดอ่อนนุ่มเกิดแรงดันเปลือกเมล็ดแตกออก เกิดเมทาบอลิซึม
2. **ออกซิเจน** ช่วยในกระบวนการหายใจ เพื่อสลายอาหารสะสมให้พลังงานแก่เอ็มบริโอ
3. **อุณหภูมิ** พืชแต่ละชนิดมีอุณหภูมิที่พอเหมาะแตกต่างกัน
4. **แสง** ส่วนมากไม่จำเป็นต้องใช้แสง ยกเว้นหญ้าบางชนิด
5. **สภาพพักตัวของเมล็ด (Seed dormancy)**

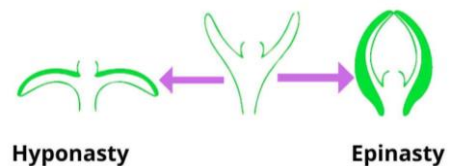
- สภาพพักตัวของเมล็ดมีกรดแอบไซซิกสูง จิบเบอเรลลินต่ำ
- เมล็ดที่งอกได้ในขณะที่อยู่ในผล ได้แก่ ขนุน มะละกอ มะขามเทศ ลำไย
- เมล็ดที่ไม่มีสภาพพักตัว ได้แก่ โกงกาง
- สาเหตุที่เมล็ดมีการพักตัว
  1. เปลือกหุ้มเมล็ดแข็ง น้ำซึมเข้าไปในเมล็ดไม่ได้
  2. เปลือกเมล็ดมีสารเคลือบ น้ำซึมเข้าไปในเมล็ดไม่ได้ เช่น ถั่วเขียว แตงโม
  3. เปลือกเมล็ดไม่ยอมให้แก๊สออกซิเจนแพร่ผ่าน พบในพืชวงศ์หญ้าบางชนิด
  4. เปลือกเมล็ดมีสารเคมียับยั้งการงอก
  5. เอ็มบริโอยังไม่เจริญเต็มที่ เช่น มะพร้าว หมาก ปาล์ม



## การเคลื่อนไหวของพืช(Plant Movement)

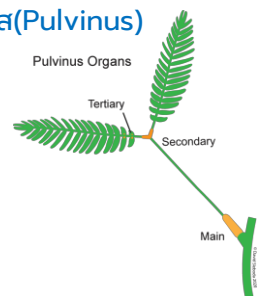
**1. Tropic Movement** ทิศทางสัมพันธ์กับสิ่งเร้า แบ่งเป็น **Positive Tropism** และ **Negative Tropism**

- **Phototropism**
- **Gravitropism/Geotropism**
- **Hydrotropism**
- **Chemotropism**
- **Thigmotropism**



**2. Nastic Movement** ทิศทางไม่สัมพันธ์กับสิ่งเร้า เกิดจากเซลล์เปลี่ยนแปลง **แรงดันเต่ง(Turgor pressure)**

- การหุบบานของดอกที่ตอบสนองต่อแสง ดอกบัวบานเกิดจากเซลล์ด้านในของกลีบดอกมีแรงดันเต่งมากกว่าด้านนอก
- การหุบใบของพืชที่ตอบสนองต่อการสัมผัส เกิดจากการเปลี่ยนแปลงแรงดันเต่งของ **พัลวินัส(Pulvinus)**
- การหุบของใบกาบหอยแครงเมื่อมีแมลงมาสัมผัส



**3. Nutation** การเคลื่อนที่ของยอดพืชส่ายไปส่ายมา เกิดจากรวมชาติของพืช

## การตอบสนองต่อภาวะเครียด

- **สิ่งเร้าทางกายภาพ** เช่น น้ำ ความเค็ม อุณหภูมิ (Heat-shock protein และ Antifreeze protein)
- **สิ่งเร้าทางชีวภาพ** เช่น สัตว์กัดกิน จุลินทรีย์ก่อโรค ป้องกันโดยมีขนใบและลำต้น หิน ในเซลล์มีฟลักแคลเซียม ออกซาเลตทำให้ระคายเคืองต่อหลอดอาหารของสัตว์กินพืช พืชสร้างสารเคมีที่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์