มาร์ดูใบ

ธาตุอาหารพืช
(Plant nutrient)

มาร์ดูใบ

MARDUBAI

หัวถนน
การเกษตร

ใกล้ 4 แยกหัวถนน (เซ็นทรัลเมืองคอน)

นครศรีธรรมราช

มาร์ดูใบ

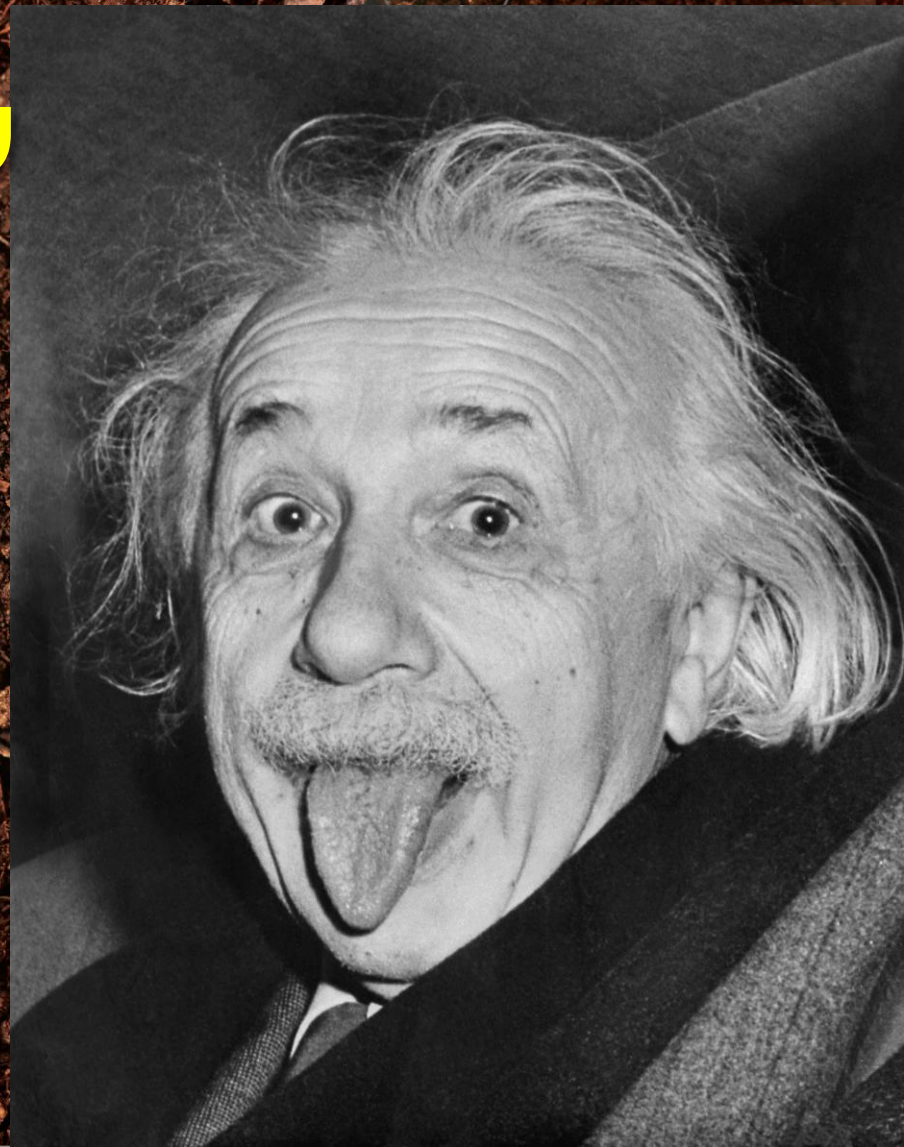
“จินตนาการ” สำคัญกว่า “ความรู้”

“Imagination”

is more important than

“Knowledge”

Albert Einstein
(1879-1955 ; aged 76)



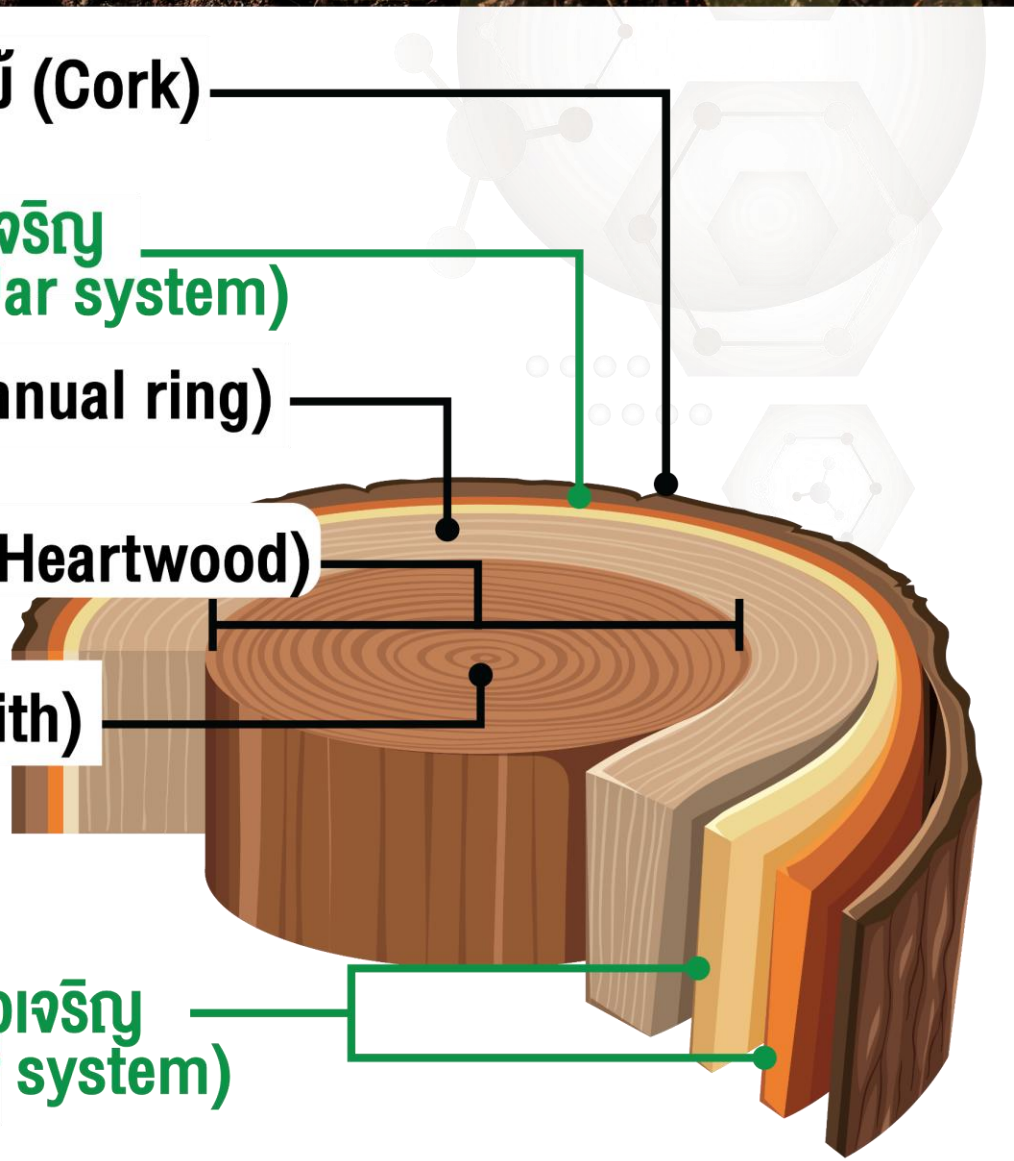
สารอาหาร (หลัก) ในสิ่งมีชีวิต

พืช	คนและสัตว์
คาร์โบไฮเดรต	คาร์โบไฮเดรต
อะมิโน-โปรตีน	อะมิโน-โปรตีน
ลิพิด-ไขมัน	ลิพิด-ไขมัน
กรดนิวคลีอิก	กรดนิวคลีอิก
วิตามิน	วิตามิน
เกลือแร่/แร่ธาตุ	เกลือแร่/แร่ธาตุ

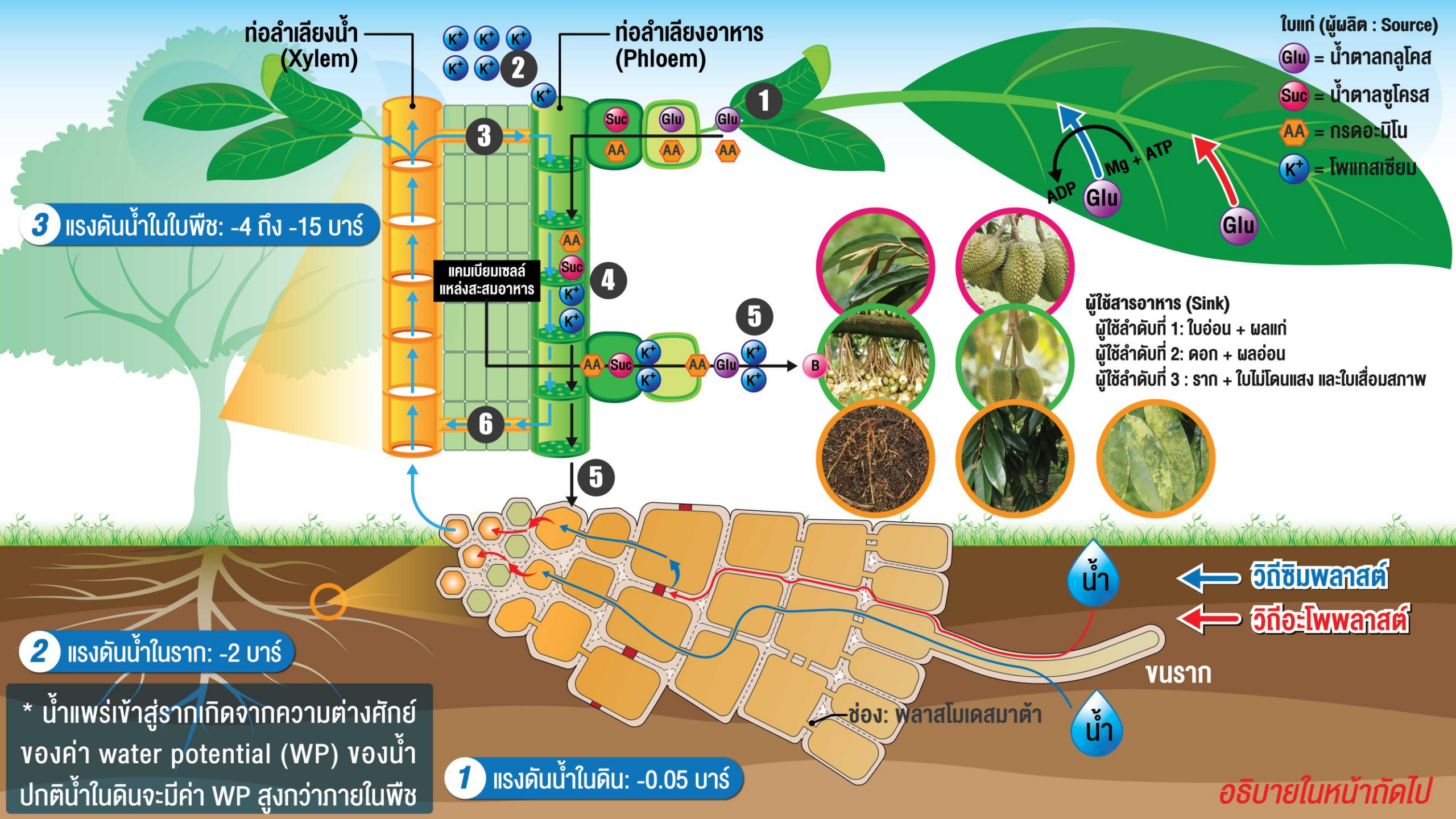
แหล่งที่มาของสารอาหารในสิ่งมีชีวิต

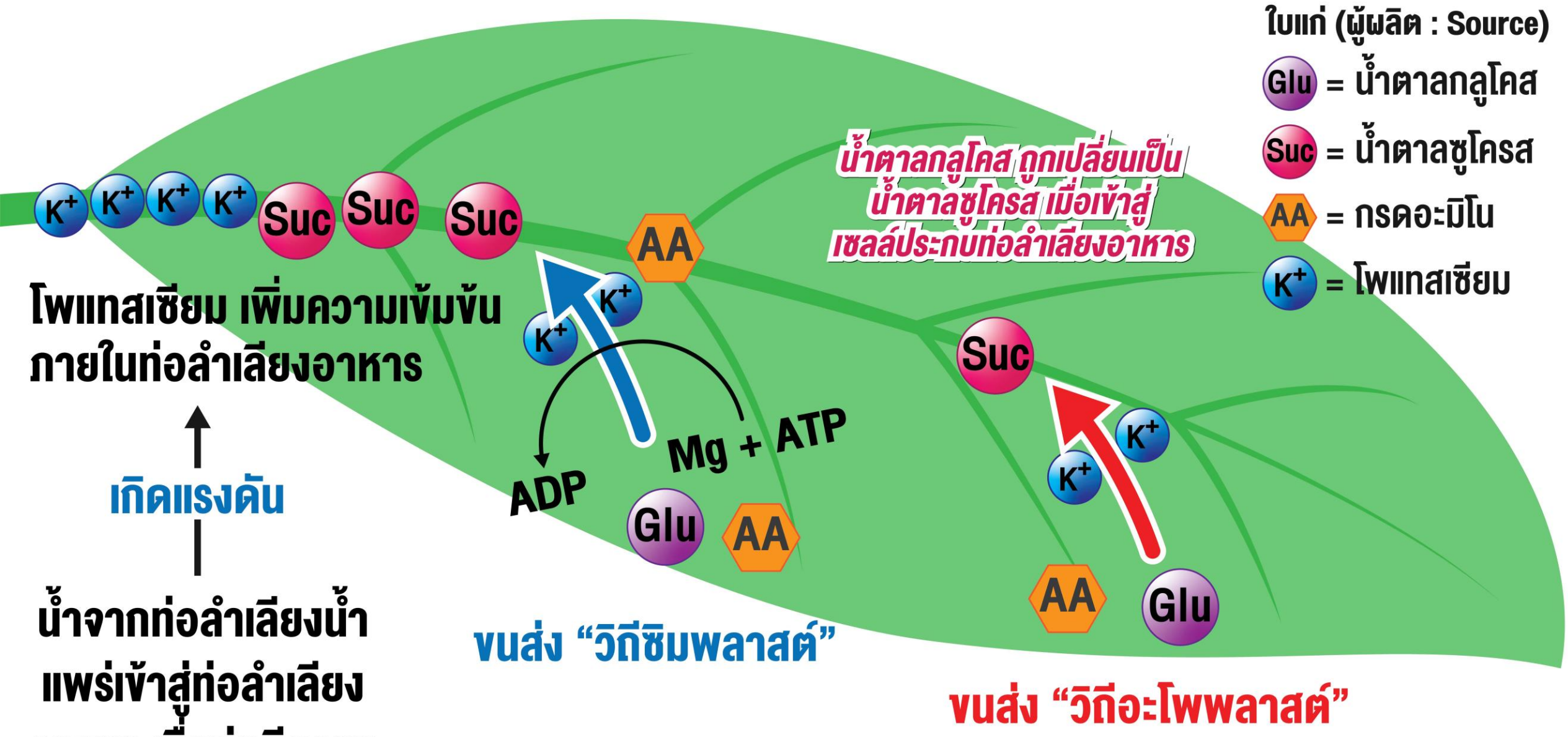
สารอินทรีย์	คน และสัตว์	พืช
คาร์โบไฮเดรต	กิน (พืช และเนื้อ)	การสังเคราะห์ด้วยแสง (PS)
อะมิโน-โปรตีน	กิน (พืช และเนื้อ)	สังเคราะห์จากสารอินทรีย์ (CHO) + ปุ๋ย
ลิพิด-ไขมัน	กิน (พืช และเนื้อ)	สังเคราะห์จากสารอินทรีย์ (CHO)
กรอนิวคลีอิก	กิน และกรดนิวคลีอิก	สังเคราะห์จากสารอินทรีย์ (CHO) + ปุ๋ย
วิตามิน	กิน (พืช เนื้อ อาหารเสริม)	สังเคราะห์จากสารอินทรีย์ (CHO) + ปุ๋ย
เกลือแร่ /แร่ธาตุ	กิน (พืช เนื้อ อาหารเสริม แร่)	ดูดปุ๋ยในรูปสารละลายไอออน (Ion solute) ผ่านทางรากและใบ

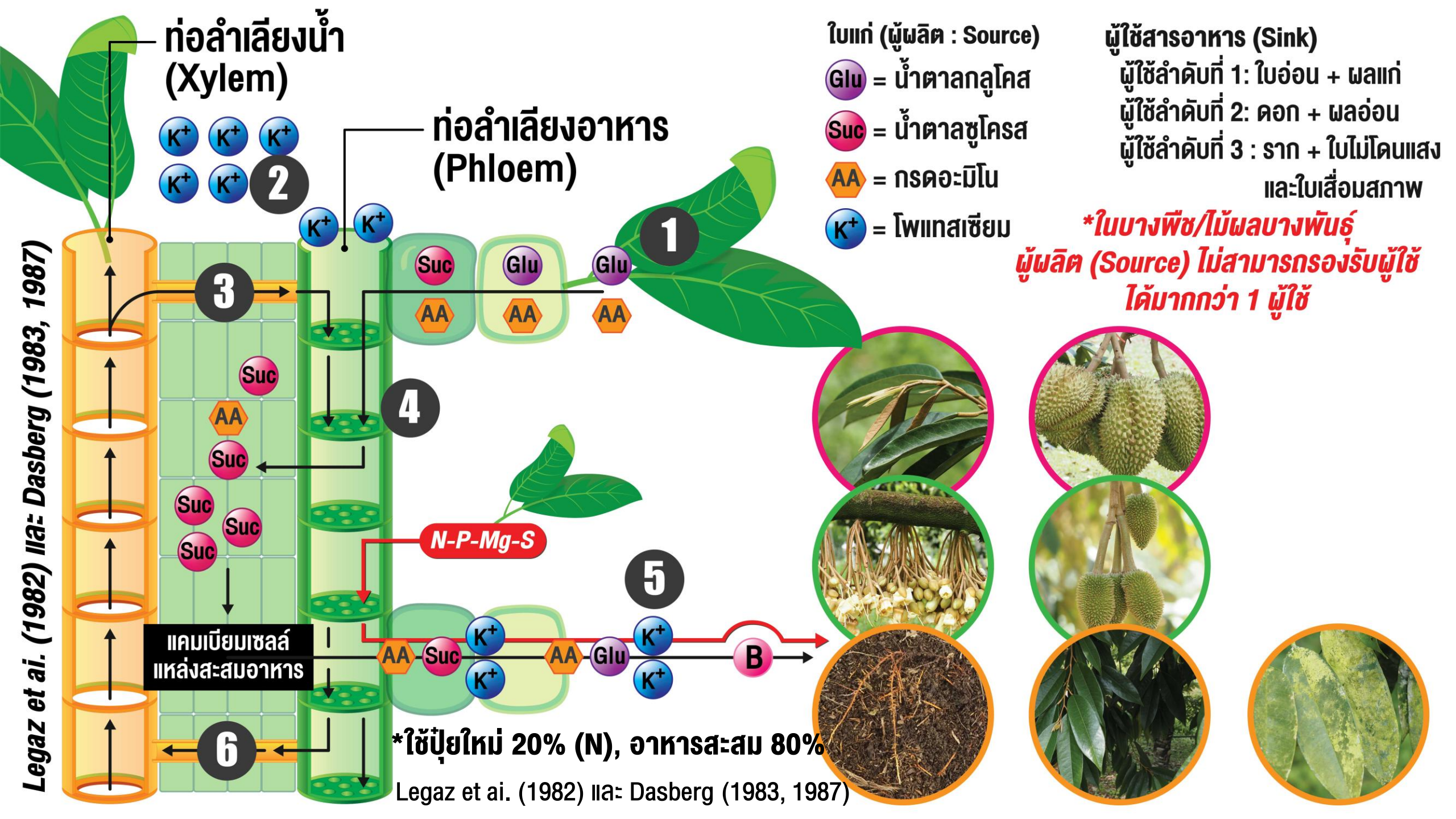
ระบบท่อลำเลียงของพืช (Vascular system)



อะไร.. ยังไง.. ในต้นพืช


ท่อลำเลียงน้ำ (Xylem)
ท่อลำเลียงอาหาร (Phloem)
ใบแก่ (ผู้ผลิต : Source)
Glu = น้ำตาลกลูโคส
Suc = น้ำตาลซูโครส
AA = กรดอะมิโน
K+ = โพแทสเซียม
Mg + ATP
ADP
แคมเบียมเซลล์ แหล่งสะสมอาหาร
3 แรงดันน้ำในใบพืช: -4 ถึง -15 บาร์
ผู้ใช้สารอาหาร (Sink)
ผู้ใช้ลำดับที่ 1: ใบอ่อน + ผลแก่
ผู้ใช้ลำดับที่ 2: ดอก + ผลอ่อน
ผู้ใช้ลำดับที่ 3 : ราก + ใบไม่โดนแสง และใบเสื่อมสภาพ
น้ำ
วิถีซิมพลาสต์
วิถีอะโพพลาสต์
ขนราก
ช่อง: พลาสโมเดสมาต้า
2 แรงดันน้ำในราก: -2 บาร์
* น้ำแพร่เข้าสู่รากเกิดจากความต่างศักย์ของค่า water potential (WP) ของน้ำ ปกติน้ำในดินจะมีค่า WP สูงกว่าภายในพืช
1 แรงดันน้ำในดิน: -0.05 บาร์
อธิบายในหน้าถัดไป


ใบแก่ (ผู้ผลิต : Source)
Glu = น้ำตาลกลูโคส
Suc = น้ำตาลซูโครส
AA = กรดอะมิโน
K+ = โพแทสเซียม
น้ำตาลกลูโคส ถูกเปลี่ยนเป็น น้ำตาลซูโครส เมื่อเข้าสู่ เซลล์ประกบท่อลำเลียงอาหาร
K+ K+ K+ K+
Suc Suc Suc
โพแทสเซียม เพิ่มความเข้มข้น ภายในท่อลำเลียงอาหาร
เกิดแรงดัน
น้ำจากท่อลำเลียงน้ำแพร่เข้าสู่ท่อลำเลียงอาหาร เมื่อท่อมีความเข้มข้นเพิ่มสูงขึ้น
AA
K+
K+
ADP
Mg + ATP
Glu
AA
ขนส่ง "วิถีซิมพลาสต์"
Suc
K+
K+
AA
Glu
ขนส่ง "วิถีอะโพพลาสต์"


ท่อลำเลียงน้ำ
(Xylem)
ท่อลำเลียงอาหาร
(Phloem)
ใบแก่ (ผู้ผลิต : Source)
Glu = น้ำตาลกลูโคส
Suc = น้ำตาลซูโครส
AA = กรดอะมิโน
K+ = โพแทสเซียม
ผู้ใช้สารอาหาร (Sink)
ผู้ใช้ลำดับที่ 1: ใบอ่อน + ผลแก่
ผู้ใช้ลำดับที่ 2: ดอก + ผลอ่อน
ผู้ใช้ลำดับที่ 3 : ราก + ใบไม่โดนแสง
และใบเสื่อมสภาพ
*ในบางพืช/ไม้ผลบางพันธุ์
ผู้ผลิต (Source) ไม่สามารถรองรับผู้ใช้
ได้มากกว่า 1 ผู้ใช้
N-P-Mg-S
แคมเบียมเซลล์
แหล่งสะสมอาหาร
B
*ใช้ปุ๋ยใหม่ 20% (N), อาหารสะสม 80%
Legaz et ai. (1982) และ Dasberg (1983, 1987)
Legaz et ai. (1982) และ Dasberg (1983, 1987)

— “กิ่งใคร-รากมัน” และ “รากเดิน-ยอดขยับ” —

1

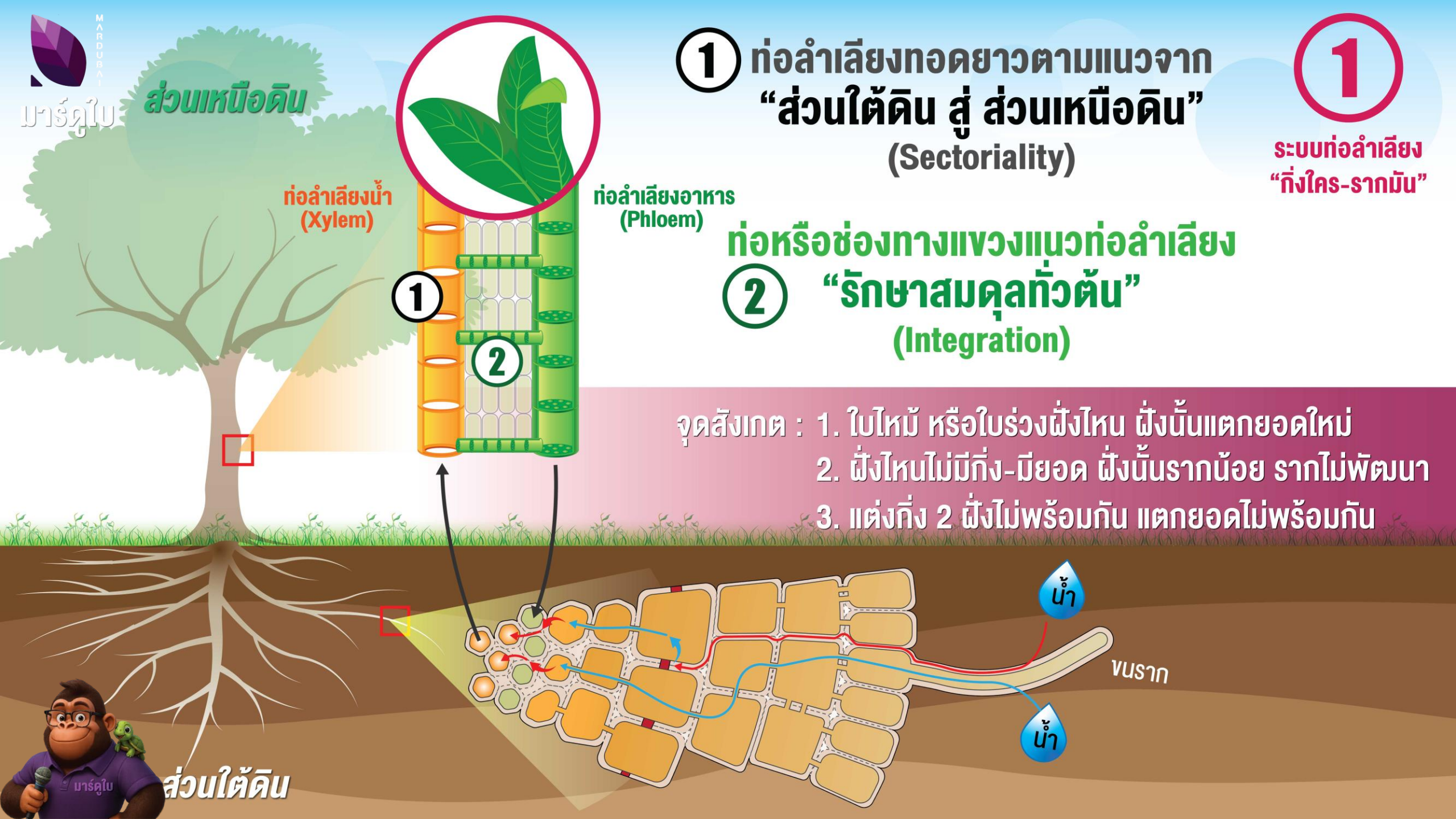
ระบบท่อลำเลียง
“กิ่งใคร-รากมัน”

2

สมดุลอาหาร
“รากเดิน-ยอดขยับ”

3

การนำไปใช้
“ไนเตรท-ออกซิน”


มาร์ดูใบ
MARDUBAI
ส่วนเหนือดิน
① ท่อลำเลียงทอดยาวตามแนวจาก
"ส่วนใต้ดิน สู่ ส่วนเหนือดิน"
(Sectoriality)
1
ระบบท่อลำเลียง
"กิ่งใคร-รากมัน"
ท่อลำเลียงน้ำ
(Xylem)
ท่อลำเลียงอาหาร
(Phloem)
1
2
ท่อหรือช่องทางแขวงแนวท่อลำเลียง
② "รักษาสมดุลทั่วต้น"
(Integration)
จุดสังเกต : 1. ใบไหม้ หรือใบร่วงฝั่งไหน ฝั่งนั้นแตกยอดใหม่
2. ฝั่งไหนไม่มีกิ่ง-มียอด ฝั่งนั้นรากน้อย รากไม่พัฒนา
3. แต่งกิ่ง 2 ฝั่งไม่พร้อมกัน แตกยอดไม่พร้อมกัน
น้ำ
ขนราก
น้ำ
มาร์ดูใบ
ส่วนใต้ดิน

สมดุลระหว่างผู้ใช้สารอาหาร กับ ผู้ผลิต
"Source - Sink interrelationship"

2

สมดุลอาหาร
"รากเดิน-ยอดขยับ"

"รากเดิน - ยอดขยับ" จะสร้างยอดใหม่
หน่วยสนับสนุนเสบียง (ราก) ต้องส่งกำลังบำรุงได้เพียงพอ

ผู้ใช้สารอาหาร (Sink)
- ผู้ใช้ลำดับที่ 1: ใบอ่อน + ผลแก่
- ผู้ใช้ลำดับที่ 2: ดอก + ผลอ่อน
- ผู้ใช้ลำดับที่ 3 : ราก + ใบไม่โดนแสง และใบเสื่อมสภาพ

ออกซิน (Auxin)

2

การส่งสัญญาณระยะไกล
"Signaling Linkage"

สมดุลอาหาร
"รากเดิน-ยอดขยับ"

เคลื่อนย้ายสู่ส่วนล่าง - ข่มตาข้าง
รากพัฒนา - รากแผ่ขยายออก

"feedback loop"

โมเลกุลสัญญาณ (ขนส่งผ่านท่อน้ำ)
เจริญทางยอด - กระตุ้นแบ่งเซลล์

ความสัมพันธุ์ระหว่าง ออกซิน กับ ไซโตไคนิน
Skoog and Miller (ไม่ทราบปี)

พลังงาน +
โปรตีนขนส่ง (ออกจากราก)

ปลายราก

กระตุ้น

ตอบสนองต่อ "ไนโตรเจน" โดยเฉพาะในรูป ไนเตรท
รากสังเคราะห์ไซโตไคนินเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

NO_3^-

ไซโตไคนิน (Cytokinin)


ส่วนเหนือดิน
ออกซิน (Auxin)
ตัดแต่งกิ่ง
ใบไหม้-หลุดร่วง
ยอด
ลดลง
ข่มตาข้างลดลง
2
สัดส่วน “ราก ต่อ ยอด”
“Root/Shoot Ratio”
สมดุลอาหาร
“รากเดิน-ยอดขยับ”
ไซโตไคนิน กระตุ้นตาเจริญ
ไซโตไคนิน > ออกซิน
ปริมาณเท่าเดิม
ปลายราก
คงเดิม
ไซโตไคนิน (Cytokinin)
ส่วนใต้ดิน

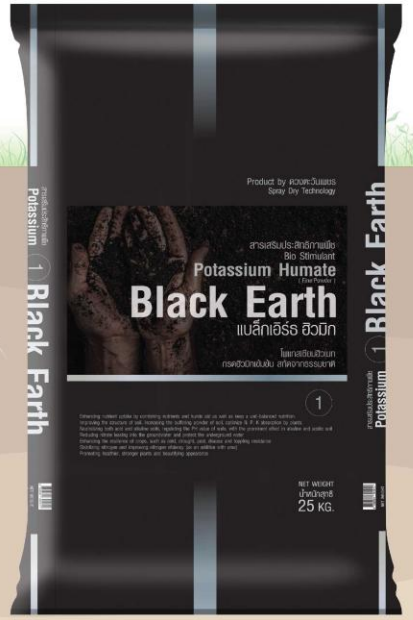
ส่วนเหนือดิน

3

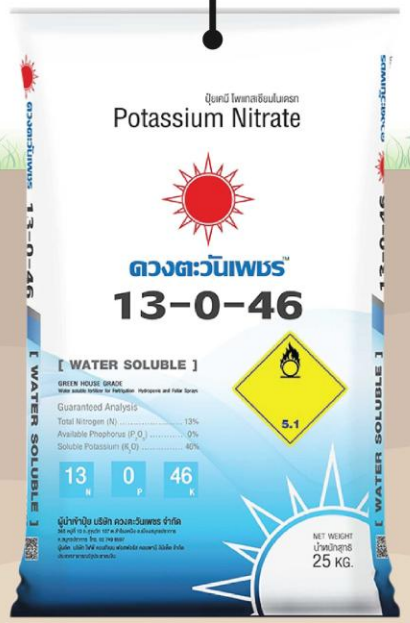
การนำไปใช้ “ไนเตรท-ออกซิน”

1. กระตุ้นรากใหม่ “ปุ๋ยไนเตรท, แบล็กเอิร์ธ, ออกซิน”
2. การตัดแต่งกิ่ง (สัดส่วน ราก ต่อ ยอด) ก่อนดึงยอด/ดอก 30วัน
3. การให้น้ำ/ดินมีความชื้นสม่ำเสมอ ส่งเสริมการทำงานของรากเป็นปกติ
   การให้น้ำเปียก สลับ แห้ง เป็นการกระตุ้นให้รากเจริญแผ่ขยาย

มีโครงสร้างที่ออกฤทธิ์
คล้าย “ออกซิน”



มี “ไนเตรท”



ออกซิน

แบล็กเอิร์ธ

ส่วนใต้ดิน

มาร์ดูใบ

ตัดยอดกระโดง ต้องทา/ป้าย “ออกซิน” ด้วยความเข้มข้น 45,000-50,000 ppm. (มก./ลิตร)

ออกซิน = ฮอร์โมน

1. IAA (พืชสร้างเอง)
2. NAA (4.5%)
3. IBA (เคยมีขาย)

ภาพเปรียบเทียบ ตอข้างแทนยอดกระโดง

ตัดยอดกระโดง และตัดแต่งกิ่ง

สารออกซิน/สารมีฤทธิ์ออกซิน เช่น

1) IAA (Indole-3-acetic acid)
2) NAA (1-naphtyl acetic acid)
3) IBA (4-indol-3-yl butryric acid)

ยาฆ่าหญ้า เช่น 2,4-D และ 4-CPA

อธิบายในหน้าถัดไป

มาร์ดูใบ

ออกซิน มีสมบัติ “Apical dominance”
คือ การข่มของส่วนยอด หรือการข่มตาข้าง

ตัดยอดกระโดง และตัดแต่งกิ่ง

ไอเอเอ (IAA)

ยอดหาย
เหลือตอ

กิ่งกระโดงใหม่

มาร์ดูใบ

ตัวอย่าง : ออกซิน

ตัดยอดกระโดง
และตัดแต่งกิ่ง

มาร์ดูใบ

"ปัจจัยการออกดอกไม้ผล"

380-700 นาโนเมตร
คลื่นแสง
280-315 นาโนเมตร

ความเข้มแสง
(Light intensity)

การจัดการทรงพุ่ม
(Pruning)

สภาพอากาศ
(Climate)

การเจริญเติบโต
- Vegetative growth (V) และ
- Reproductive growth (R)

"สัดส่วน C/N (C/N Ratio)"

ไนโตรเจน (N) และ
คาร์โบไฮเดรต (CHO)
└ ผนังเซลล์/โครงสร้าง

การเจริญทางลำต้น-ใบ
(Vegetative growth)

คาร์โบไฮเดรต (CHO)

คาร์โบไฮเดรต (CHO)
- แป้ง (Stach)
- น้ำตาล (Sugar)

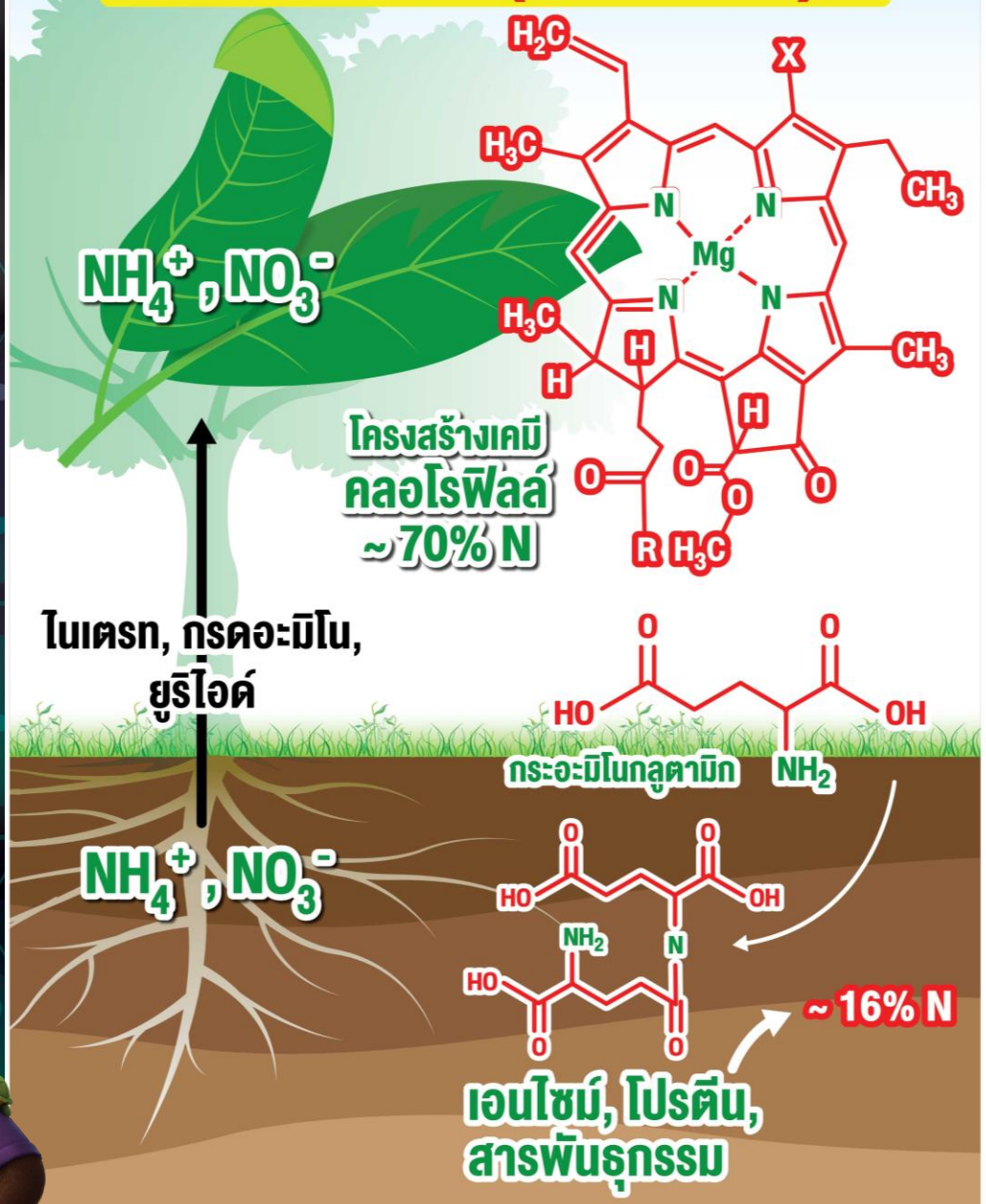
การออกดอก
(Reproductive growth)

- การออกดอกของไม้ผล (Flowering hypothesis)

ลด "ไนโตรเจน: N " เพิ่ม "คาร์โบไฮเดรต: C "
= ออกดอก

มาร์ดูใบ

"สัดส่วน C/N (C/N Ratio)"



"สัดส่วน C/N (C/N Ratio)"

การศึกษาเรื่อง สัดส่วน C/N
└ Kraus & Kraybill, 1918 (OS University)

ไม้ผลเขตร้อน

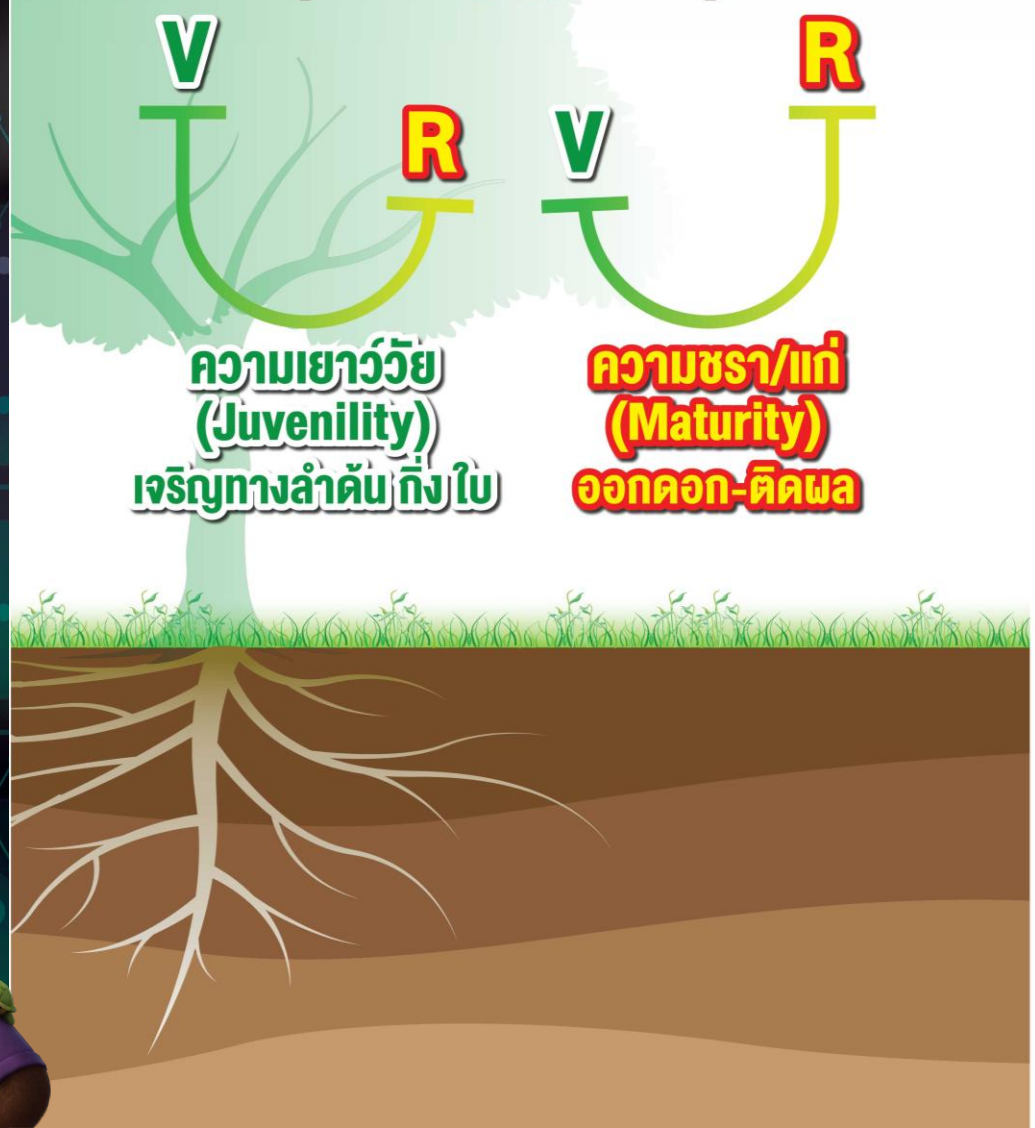
สัดส่วน C/N : ~~20/12, 20/8, 20/4, 20/2~~

1. สัดส่วน : C..? / N สูงมาก
   - บ้าใบ, ใบดำ, พุ่มแน่นทึบ
2. สัดส่วน : C สูง / N สูง
   - ไม่ถึงกับบ้าใบ, พุ่มแน่นทึบ, ออกดอกได้
3. สัดส่วน : C สูง / N ต่ำ
   - พุ่มไม่แน่นทึบ, ใบเขียวปกติ, ตัดแต่งกิ่ง/ใบ
   - ออกดอก
4. สัดส่วน : C..? / N ขาด
   - ต้นทรุดโทรม, ต้นแคระแกรน

มาร์ดูใบ

"สัดส่วน C/N (C/N Ratio)"

การออกดอกของไม้ผล (Flowering hypothesis)



แพคโคฯ ยับยั้งการเคราะห์จิบเบอเรลลิน

อะซิทิล-โคเอ (Acethyl CoA) + อะซิทิล-โคเอ (Acethyl CoA)

↓

กรดเมวาโลนิก (mevalonic acid)

↓

จีจีพีพี (GGPP) (geranylgeranylpyrophosphate) → ไฟโทอีน (phytoene), แคโรทีนอยด์ (carotenoid)

จีจีพีพี (GGPP) → ซีพีพี (CPP) (copalylpyrophosphate)

↓ KS

เอนท์-เการีน (ent-kaurene)

↓ KO

เอนท์-เการีโนล (ent-kaurenol)

↓ KO

เอนท์-เการีนอล (ent-kaurenal)

↓ KO

กรดเอนท์-เการีโนอิก (ent-kaurenoic acid)

↑ KAO

กรดไฮดร็อกซี่เการีโนอิก (ent-7α-hydroxykaurenoic acid)

↑ KAO

GA_{12} → GA_4 → GAs

PBZ ยับยั้งเอนไซม์ Cytochrome P450 monooxygenase

"KO (ent-kaurene oxidase), KAO (ent-kaurenoic acid oxidase), C14-demethylase"

ฮอร์โมนกับการเกิดดอก (ไม้ผล)

มาร์ดูใบ

สาร “แพกโคลบิวทราซอล”

อัตราใช้สาร “แพกโคลฯ” ในทุเรียน

พ่นครั้งที่ 1: ความเข้มข้น 1,000-1,500 มก./ลิตร

พ่นครั้งที่ 2: ห่างจากครั้งแรก 7-10 วัน และลดอัตราลงครึ่งหนึ่ง

**หมายเหตุ: กรณีทำสารนอกฤดูและมีฝน*

แพกโคล 10%
2.0-3.0 กก.

หรือ

แพกโคล 15%
1.3-2.0 กก.

หรือ

แพกโคล 25%
800-1,200 ซีซี.

→ *อัตราที่ความเข้มข้น 1,000-1,500 มก./ลิตร*

แพกโคลบิวทราโซล 25%

อัตรา : 800-1,200 ซีซี. ต่อน้ำ 200 ลิตร

ตัวอย่าง : คำนวณความเข้มข้น 1,000 มก./ลิตร (ppm) ผสมในน้ำ 200 ลิตร

1. **แปลงหน่วยน้ำที่ใช้ จาก “ลิตร” เป็น “ppm”**

   (200 ลิตร) x (1,000 ซีซี.) = 200,000 ซีซี.

2. **แปลงหน่วยเปอร์เซ็นต์จากแพกโคล 25% เป็น “ppm”**

   ([25] / [100]) x (1,000,000) = 250,000

3. **คำนวณแพกโคล 25% ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm**

   ([200,000] x [1,000 ppm]) / (1,000,000) = 800 ซีซี.

ดังนั้น ความเข้มข้น 1,000 ppm เท่ากับ แพกโคล25% 800 ซีซี./น้ำ 200 ลิตร

แพกโคลบิวทราโซล 25%

อัตรา : 1.5 กรัม สารออกฤทธิ์ต่อ ∅ ทรงพุ่ม 1 ม.

ตัวอย่าง : คำนวณปริมาณแพกโคล 25% ทุเรียนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม 8 เมตร

แพกโคลบิวทราโซล 25%

อัตรา : 1.5 กรัม สารออกฤทธิ์ต่อ ∅ ทรงพุ่ม 1 ม.

ตัวอย่าง : คำนวณปริมาณแพกโคล 25% ทุเรียนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม 8 เมตร

ข้อมูลที่ควรทราบ :

1. อัตรา 1.5 กรัมสารออกฤทธิ์ อ้างอิงข้อมูลจากอัตรามาตรฐานของมะม่วงพันธุ์หนัก
2. สารออกฤทธิ์ (Active ingredient ; a.i) คือ สารออกฤทธิ์หลักในผลิตภัณฑ์ เช่น ลิงขบ 25 ขนาด 1,000 ซีซี. จะมีสารออกฤทธิ์แพกโคลฯ เท่ากับ 250 กรัม

1. **คำนวณปริมาณสารออกฤทธิ์ (a.i.) ต่อขนาดทรงพุ่ม**

   (1.5 กรัม) x (8 เมตร) = 12 กรัม ของสารออกฤทธิ์

2. **คำนวณแพกโคล 25% จากปริมาณสารออกฤทธิ์ที่ได้**

   ([100] / [25]) x (12 กรัม) = 48 ซีซี. ของแพกโคล 25%

3. **กรณี พ่นทั้งหมด 100 ต้น และใช้น้ำพ่น 12 ลิตร/ต้น**

   (48 กรัม) x (100 ต้น) = 4,800 ซีซี.

= แพกโคล25% 4,800 ซีซี./น้ำ 1,000 ลิตร, กรณีพ่นซ้ำให้ลดอัตราลงครึ่งหนึ่ง

ธาตุอาหารพืช และปัจจัยการเจริญเติบโต

แร่ธาตุ

แสง | อากาศ | อุณหภูมิ | น้ำ | ดิน

มหาธาตุ (macronutrient)

ธาตุหลัก

- N ไนโตรเจน
- P ฟอสฟอรัส
- K โพแทสเซียม

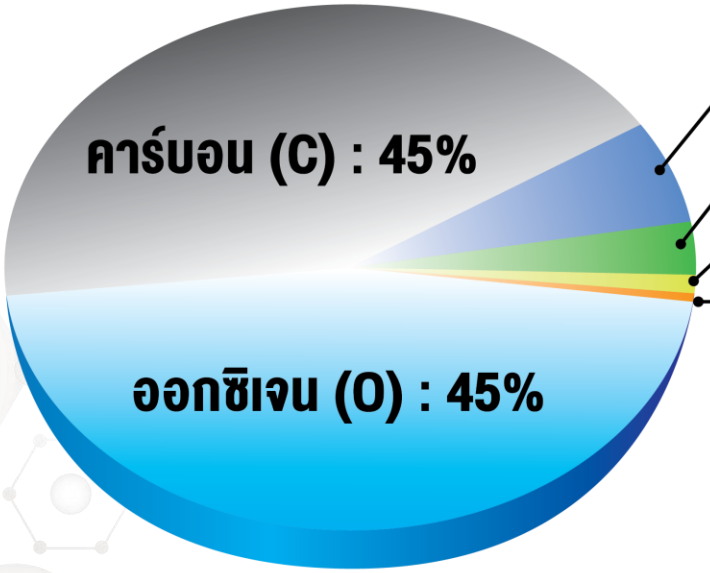
ธาตุรอง

- S กำมะถัน
- Ca แคลเซียม
- Mg แมกนีเซียม

จุลธาตุ หรือธาตุเสริม (micronutrient)

- Fe เหล็ก
- Zn สังกะสี
- Mn แมงกานีส
- Cu ทองแดง
- B โบรอน
- Mo โมลิบดินัม
- Cl คลอรีน
- Ni นิกเกิล

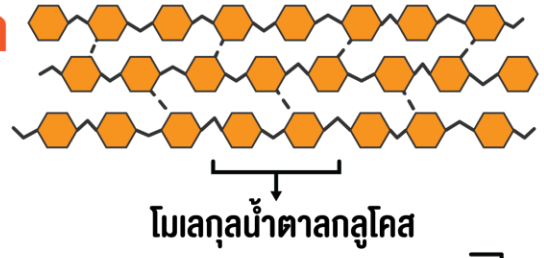
ปริมาณธาตุอาหารที่พบในพืชโดยประมาณ (น.น.แห้ง)

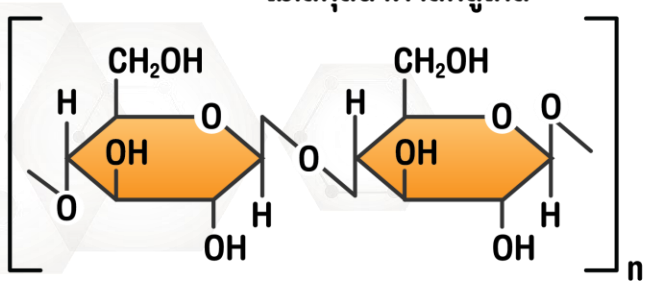


- ไฮโดรเจน (H) : 5-6%
- ธาตุหลัก (N-P-K) : 2.5-5%
- ธาตุรอง (Ca-Mg-S) : 0.8-2.5%
- จุลธาตุ (Micronutrient) : 0.5-1.5%

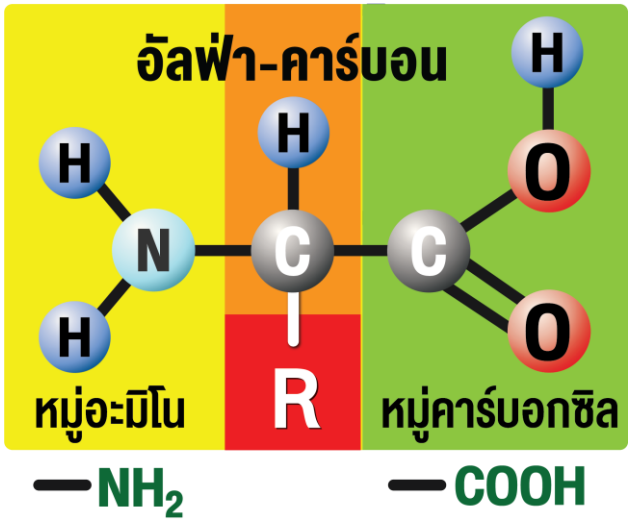
ปรับปรุงจาก : Salibury และ Ross, ค.ศ.1992
Epstein, ค.ศ.1965, Epstein และ Bloom, ค.ศ.2005
G. Zappala, A. Zappala and Y. Diczbalis, ค.ศ.2002
สุมิตา, พ.ศ.2545

แป้ง คาร์โบไฮเดรต และน้ำตาล

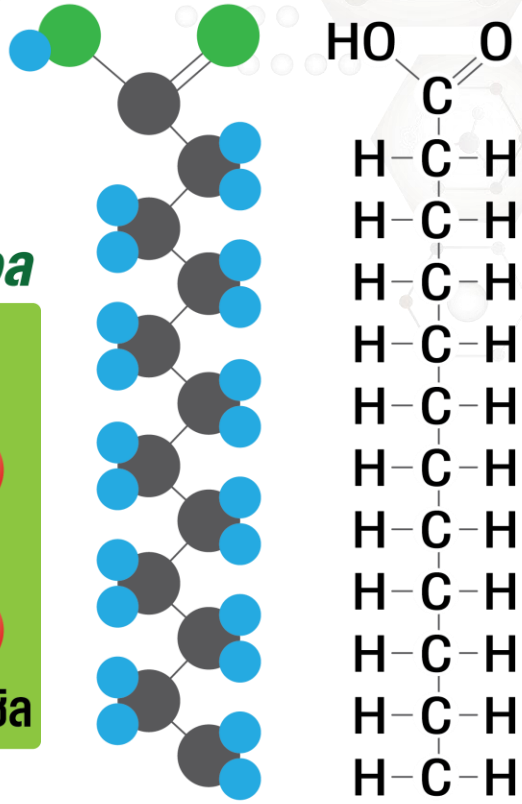




โครงสร้างกรดอะมิโน ชนิด แอล



กรดไขมัน



มาร์ดูใบ

ความเข้มข้นของธาตุ/สารในท่อลำเลียงน้ำและอาหาร (Xylem & Phloem) ของพืชชั้นสูง

ปรับปรุงจาก: Epstein และ Bloom (2005), ยงยุทธ (2558)

สาร & ธาตุอาหาร	ความเข้มข้น (มก./ล. หรือ ppm)		รูปของสารและธาตุอาหาร
	ท่อน้ำ (Xylem)	ท่ออาหาร (Phloem)	
1. น้ำตาล (Sugar)	ไม่พบ	140,000-210,000	$C_{12}H_{22}O_{11}$
2. ไนโตรเจน (N)			*ยูเรีย = $CO(NH_2)_2$
2.1 กรดอะมิโน	200-100	900-10,000	H_2N-C-COOH และ –R
2.2 ไนเตรท	1,500-2,000	ไม่พบ	NO_3^-
2.3 แอมโมเนียม	7-60	45-846	NH_4^+
3. ฟอสฟอรัส (P)	70-80	300-350	$H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} (บนฉลาก P_2O_5)
4. โพแทสเซียม (K)	200-800	2,800-4,400	K^+ (บนฉลาก K_2O)
5. แคลเซียม (Ca)	150-200	80-150	Ca^{2+} (ฉลาก Ca (ใหม่), CaO (เก่า))

มาร์ดูใบ

ความเข้มข้นของธาตุ/สารในท่อลำเลียงน้ำและอาหาร (Xylem & Phloem) ของพืชชั้นสูง

ปรับปรุงจาก: Epstein และ Bloom (2005), ยงยุทธ (2558)

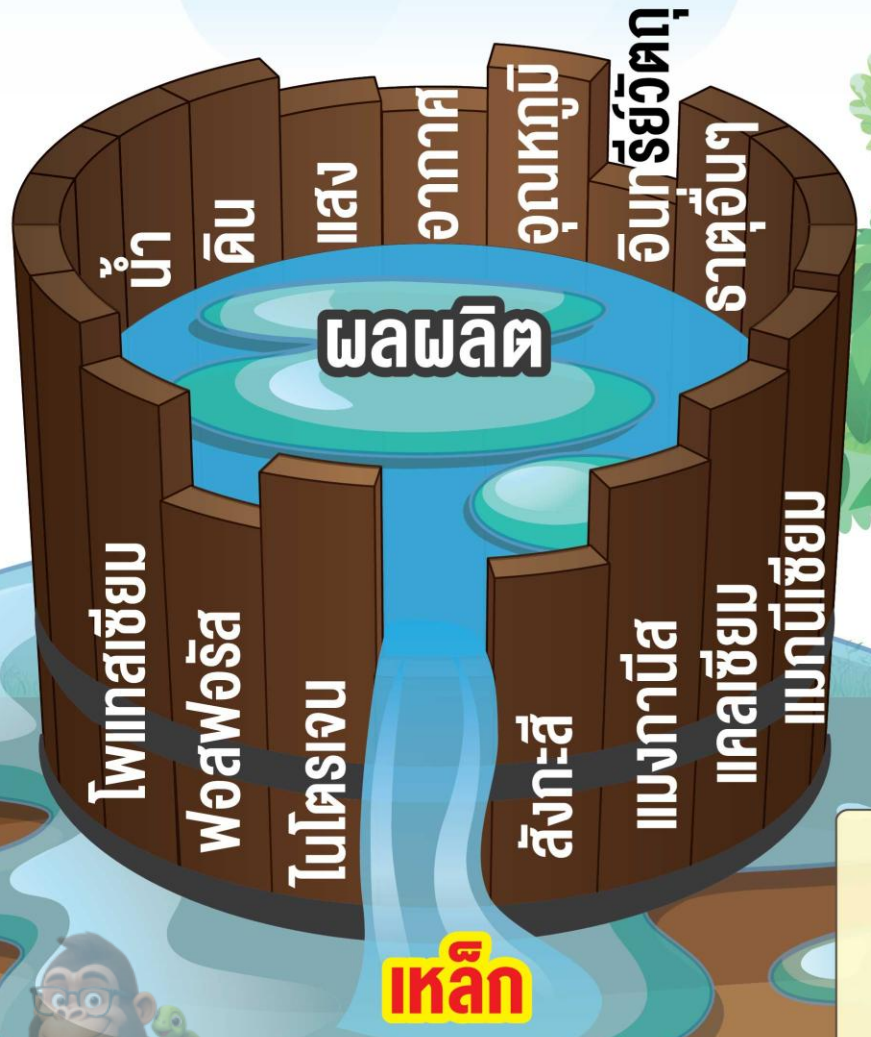
สาร & ธาตุอาหาร	ความเข้มข้น (มก./ล. หรือ ppm)		รูปของสารและธาตุอาหาร
	ท่อน้ำ (Xylem)	ท่ออาหาร (Phloem)	
6. แมกนีเซียม (Mg)	30-200	100-400	Mg^{2+} (บนฉลาก Mg (ใหม่), MgO (เก่า))
7. แมงกานีส (Mn)	0.2-0.4	0.9-3.4	Mn^{2+}
8. สังกะสี /ซิงค์ (Zn)	1.5-7.0	8-23	Zn^{2+}
9. ทองแดง /คอปเปอร์ (Cu)	0.1-2.5	1-5	Cu^{2+}
10. โบรอน (B)	3-6	9-11	$B(OH)_3$, BO_3^{3-}

BO_3^{3-} ; ออร์โธบอเรต เช่น ไตรโซเดียมออร์โธบอเรต

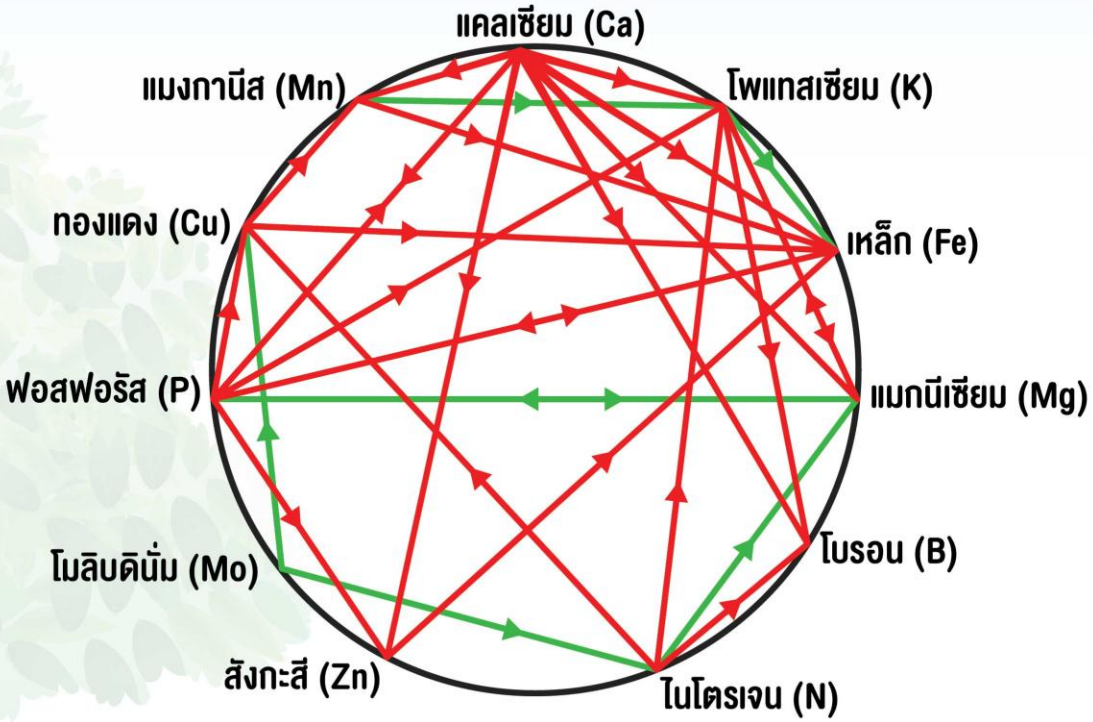
รูปที่เป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช

ธาตุอาหาร	สัญลักษณ์	รูปเป็นประโยชน์	ธาตุอาหาร	สัญลักษณ์	รูปเป็นประโยชน์
คาร์บอน (Carbon)	C (45%)	CO_2	คลอรีน (Chlorine)	Cl (100 มก.)	Cl^-
ไฮโดรเจน (Hydrogen)	H (5-6%)	H_2O	ทองแดง (Copper)	Cu (6-25, 125 มก.)	Cu^{2+}
ออกซิเจน (Oxygen)	O (45%)	O_2, H_2O	โบรอน (Boron)	B (5-20, 50 มก.)	$B(OH)_3$, BO_3^{3-}
ไนโตรเจน (Nitrogen)	N (1.5-2.2%)	NO_3^-, NH_4^+, Urea	เหล็ก (Iron)	Fe (100-250 มก.)	Fe^{2+}, Fe^{3+}
ฟอสฟอรัส (Phosphorus)	P (0.2-0.4%)	$H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}	โมลิบดินั่ม (Molybdenum)	Mo (0.1 มก.)	MoO_3^{2-}
โพแทสเซียม (Potassium)	K (1-2.5%)	K^+	แมงกานีส (Manganese)	Mn (50-300 มก.)	Mn^{2+}
แคลเซียม (Calcium)	Ca (0.5-2.3%)	Ca^{2+}	สังกะสี (Zinc)	Zn (20-100 มก.)	Zn^{2+}
แมกนีเซียม (Magnesium)	Mg (0.2-0.4%)	Mg^{2+}	นิเกิ้ล (Nikle)	Ni (0.05 มก.)	Ni^{2+}
กำมะถัน (Sulfur)	S (0.1-0.5%)	SO_4^{2-}	*** ยูเรีย = $CO(NH_2)_2$ และไนโตรเจนในรูปกรดอะมิโนพืชดูดใช้ได้ ***		

กฎต่ำสุดของลีบิก
(Liebig's Law of the minimum)



Mulder' chart



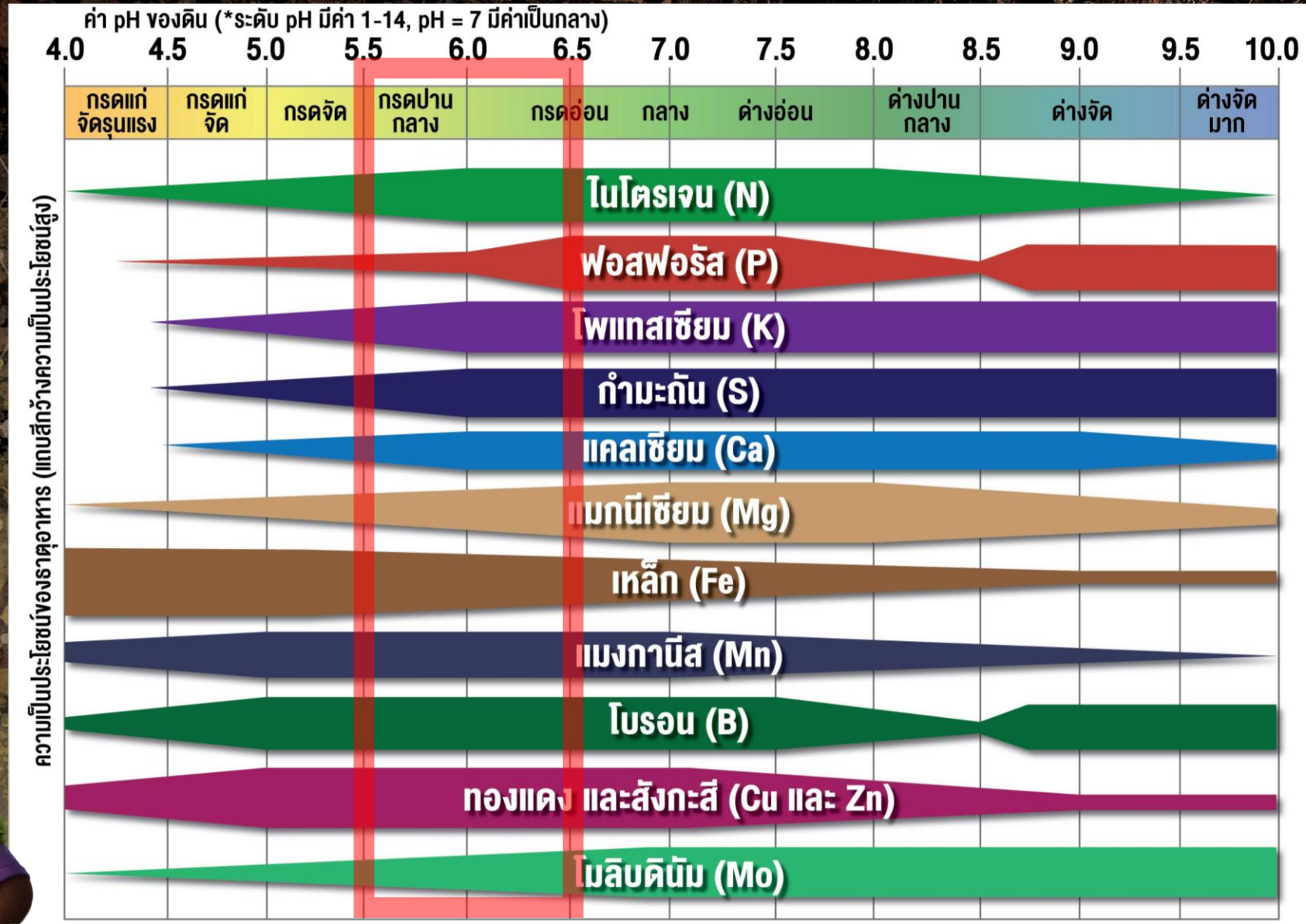
Antagonism →
Decreased availability of nutrient to plant due ti the action of another nutrient.

Synergism →
High level of nutrient increases the demand by the plant for another nutrient.

ปรับปรุงจาก: D. Mulder

ปัจจัยที่ได้รับน้อยที่สุด เป็นตัวกำหนดการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต
น้ำในถังไม้ คือ **"ผลผลิต"** ซี่ไม้ คือ **"ปัจจัย-ธาตุ"**
ตัวอย่าง ธาตุเหล็กได้รับต่ำสุดและไม่เพียงพอ ผลผลิตจะได้เท่าความสูงของธาตุเหล็ก แม้เพิ่มปัจจัยอื่นสักเท่าไร

อิทธิพลความเป็นกรด-ด่างต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช

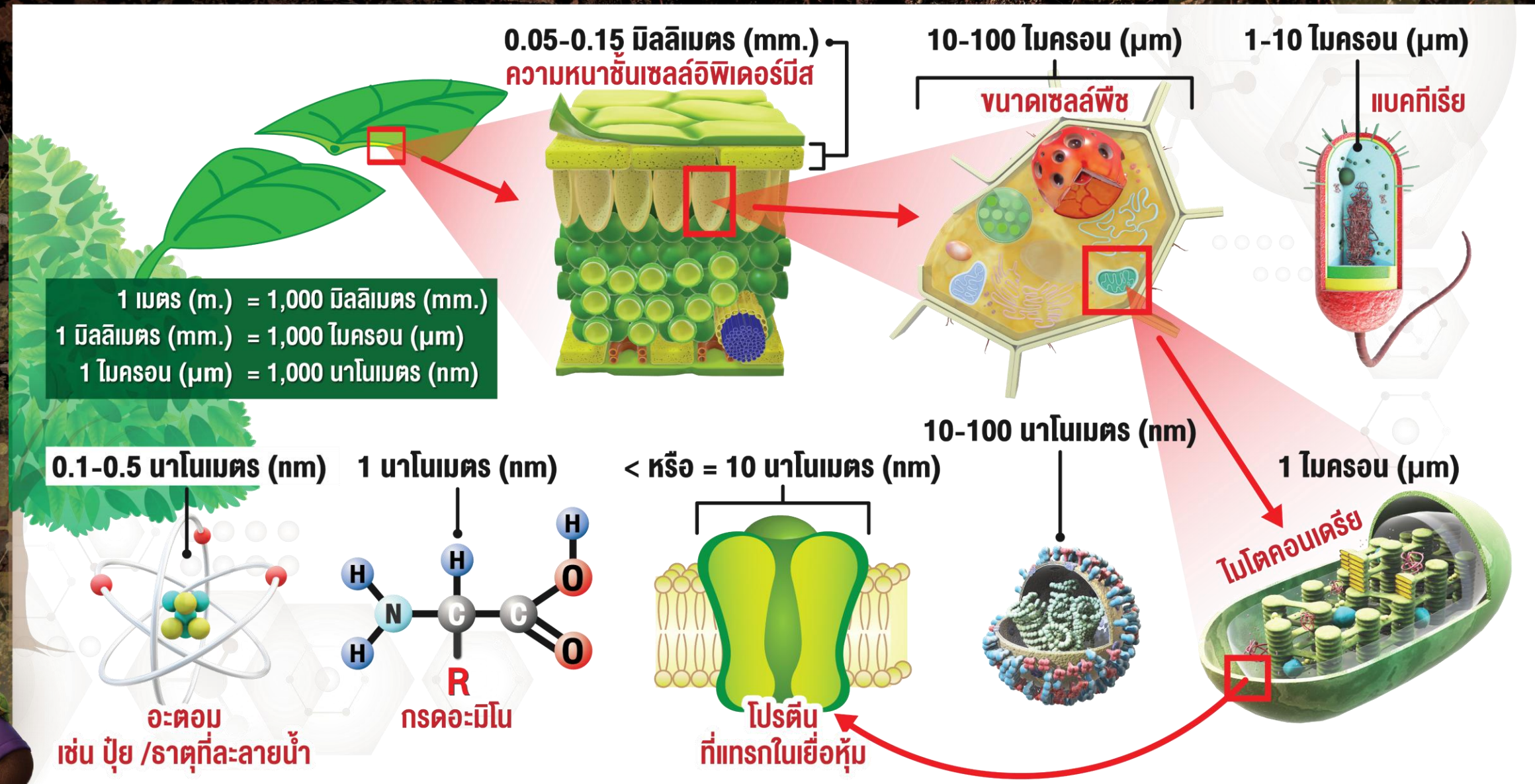


ปุ๋ยฟอสเฟต เช่น 0-46-0 (ทริบเปิลฟอสเฟต) หรือ 18-46-0 (ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต) เมื่อใส่ลงดินและละลายน้ำ แตกตัวได้

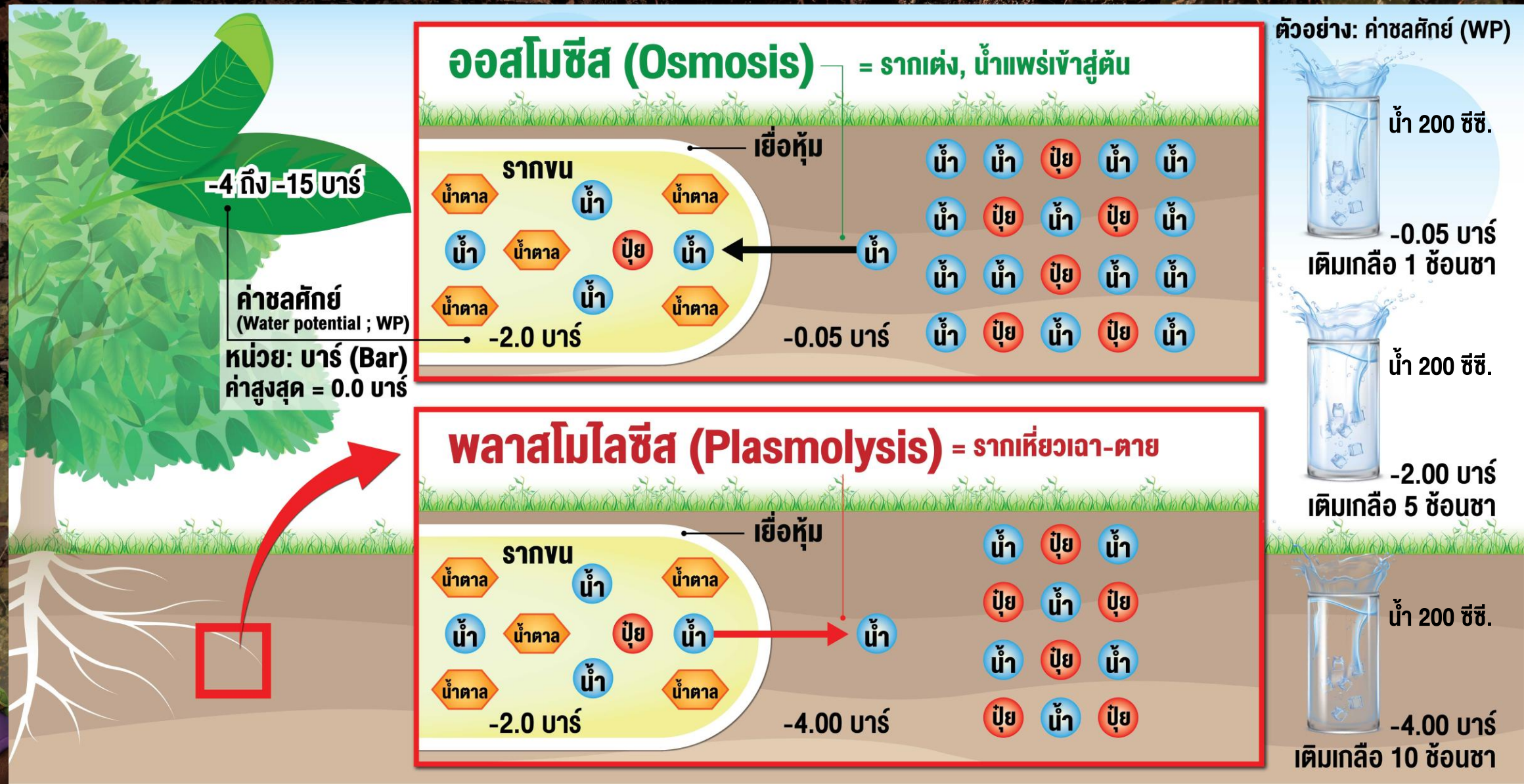
$H_2PO_4^-$ และ HPO_4^{2-} ตามลำดับ เมื่อรวมกับแคลเซียมคาร์บอเนต จะกลายเป็น ไตรแคลเซียมฟอสเฟต ละลายน้ำได้น้อย

การดูดปุ๋ยของราก (รากขน) เป็นการแลกเปลี่ยนประจุ (+/-)

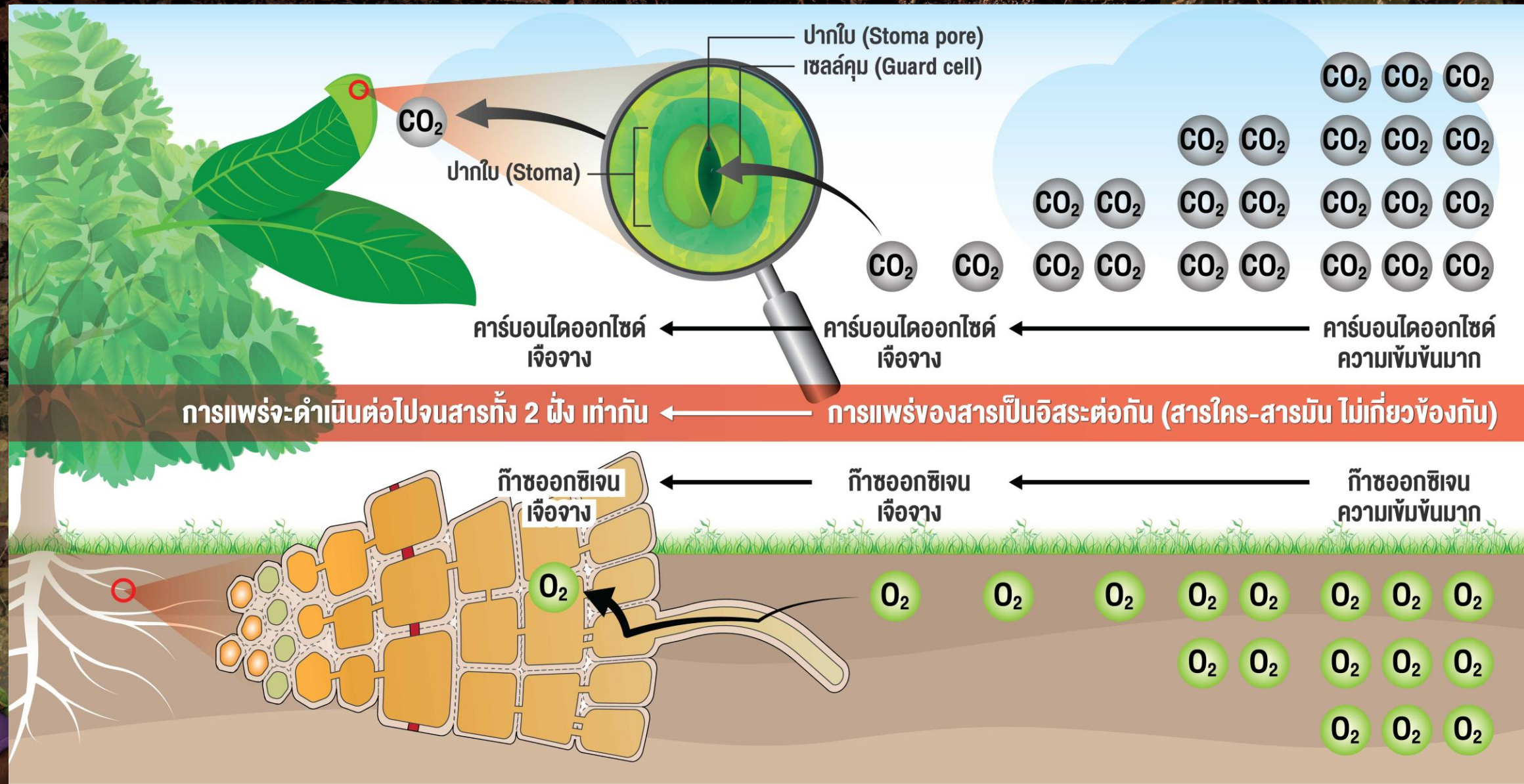
ขนาดของช่องโปรตีน เซลล์พืช กับการดูดธาตุอาหาร



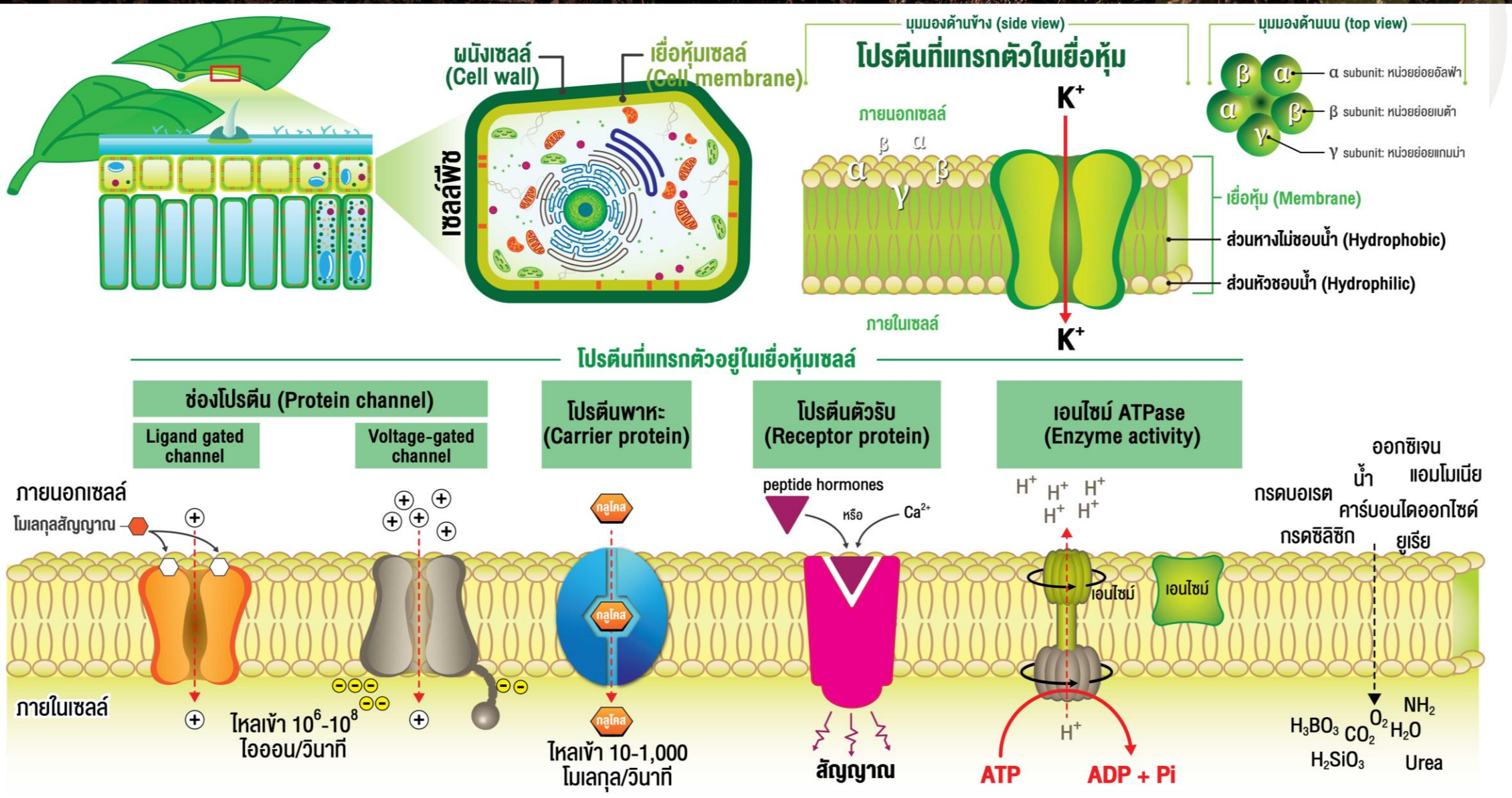
ออสโมซีส (Osmosis) และพลาสโมไลซีส (Plasmolysis)



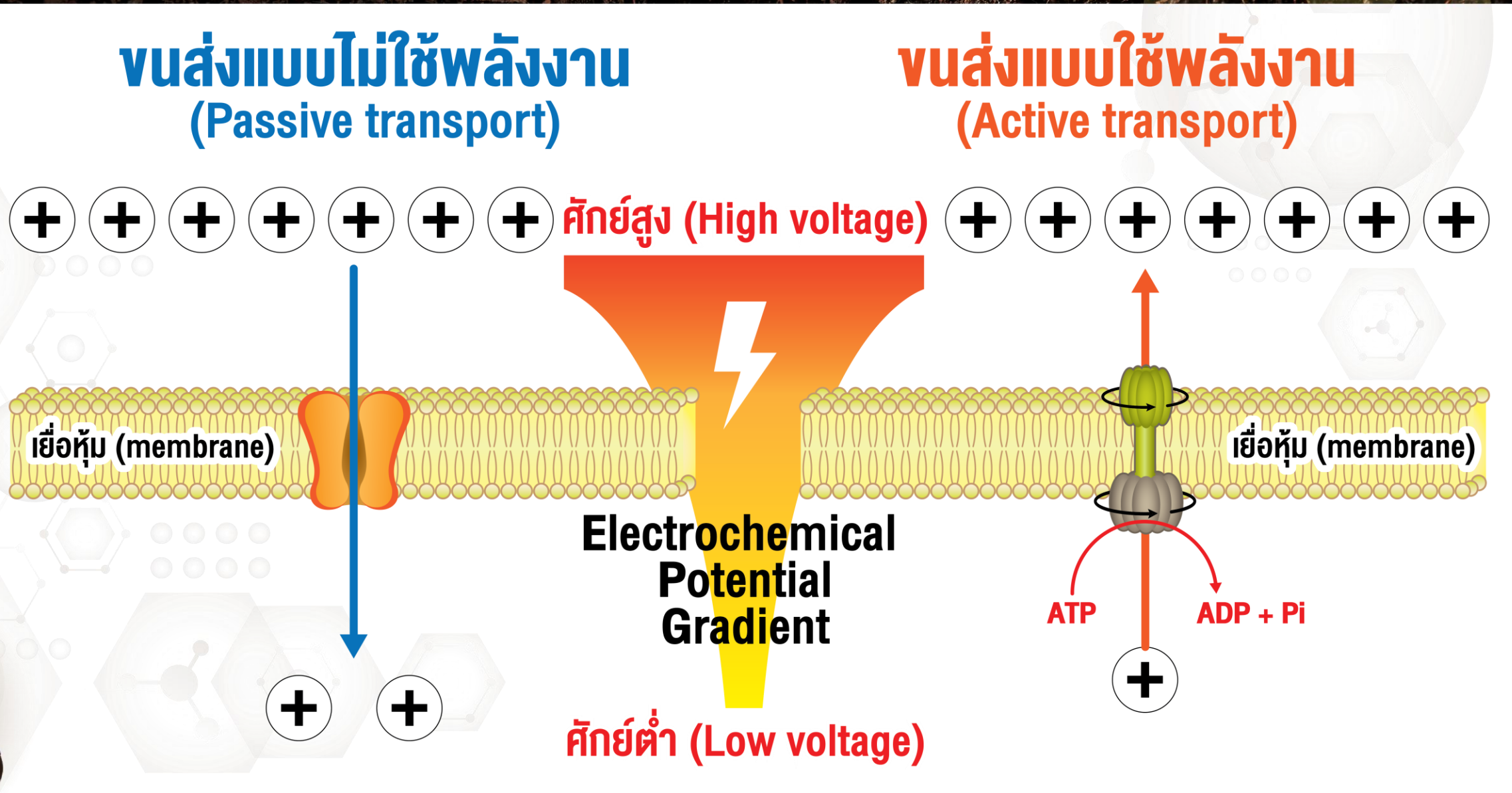
การแพร่ของสารเข้าสู่เซลล์ (Simple diffusion)



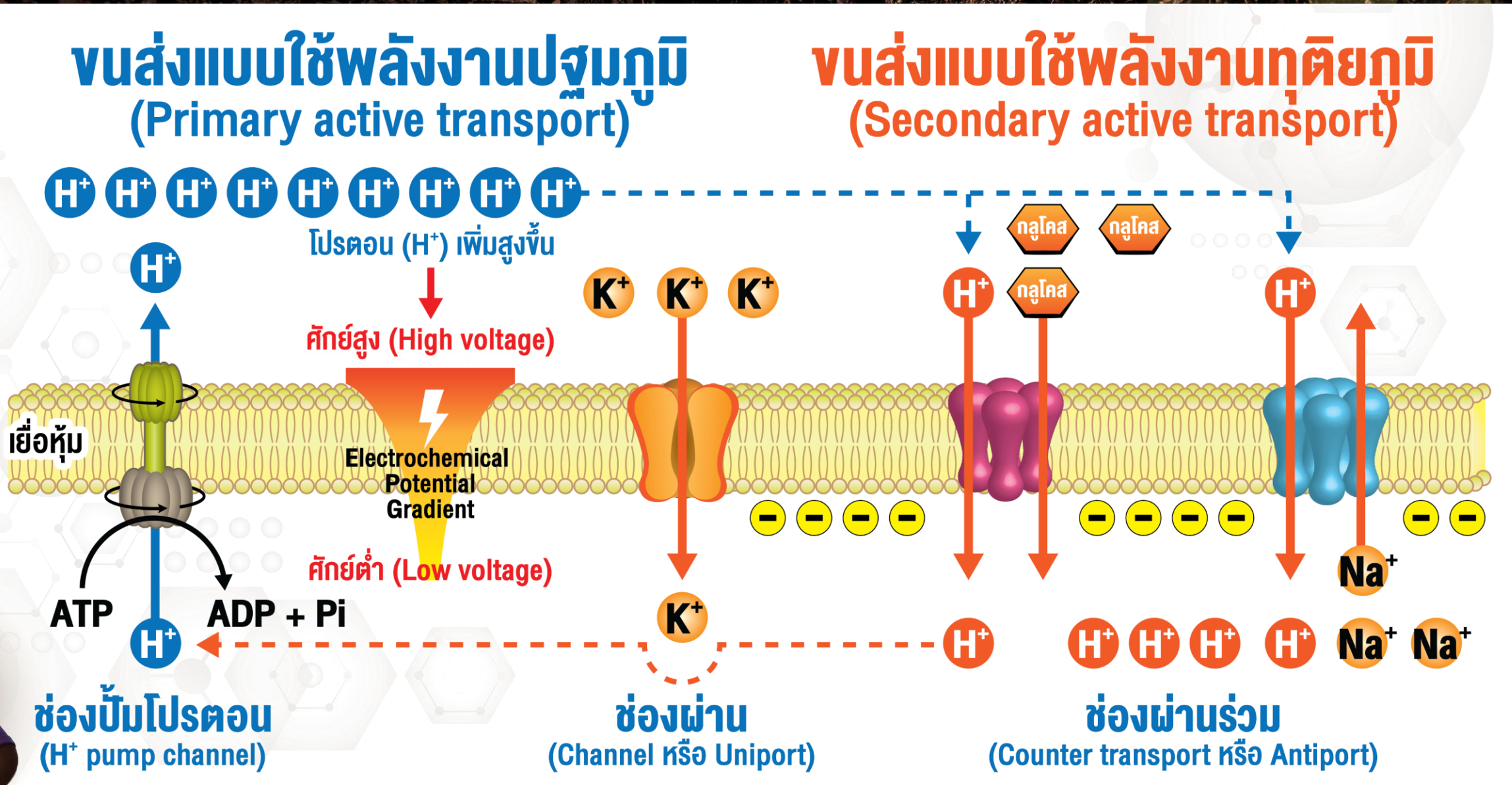
การแพร่ผ่านช่องโปรตีน (Facilitated diffusion)



การขนส่งธาตุ /สารอาหารผ่านเยื่อหุ้ม (หลักการเดิม)



การขนส่งธาตุ /สารอาหารผ่านเยื่อหุ้ม (หลักการใหม่)



บทบาทของธาตุอาหารพืช (อย่างย่อ)

ปรับปรุงจาก: Epstein และ Bloom (2005), ยงยุทธ (2558)

มีหน้าที่เฉพาะ	มีหน้าที่เดียว	มีหลายหน้าที่	อื่นๆ
1. อยู่ในโครางสร้างสารประกอบอินทรีย์ (CHO)	N, S	-	-
2. เกี่ยวข้องกับสารให้พลังงานและเชื่อมสาย DNA	P	-	-
3. อยู่ในโครสร้างผนังเซลล์	B	Ca	Si
4. โครงสร้างของเอนไซม์และสารอินทรีย์ของเมตาบอลิซึม	Ni, Mo	Mg, Fe, Mn, Zn, Cu	-
5. กระตุ้นเอนไซม์	Mg, Ca, Mn, Fe, Zn, Cu	K , Cl	Na

มีหน้าที่ไม่เฉพาะ	สัญลักษณ์ธาตุ/ไอออน
1. รักษาสมดุลประจุภายในเซลล์	K, Na, NO_3^-, Cl, SO_4^{2-}, Ca, Mg
2. ปรับศักย์ออสโมซิส	K, Na , NO_3^-, Cl

บทบาทของธาตุอาหารพืช (ย่ออย่างสั้น)

ปรับปรุงจาก: ยงยุทธ (2558)

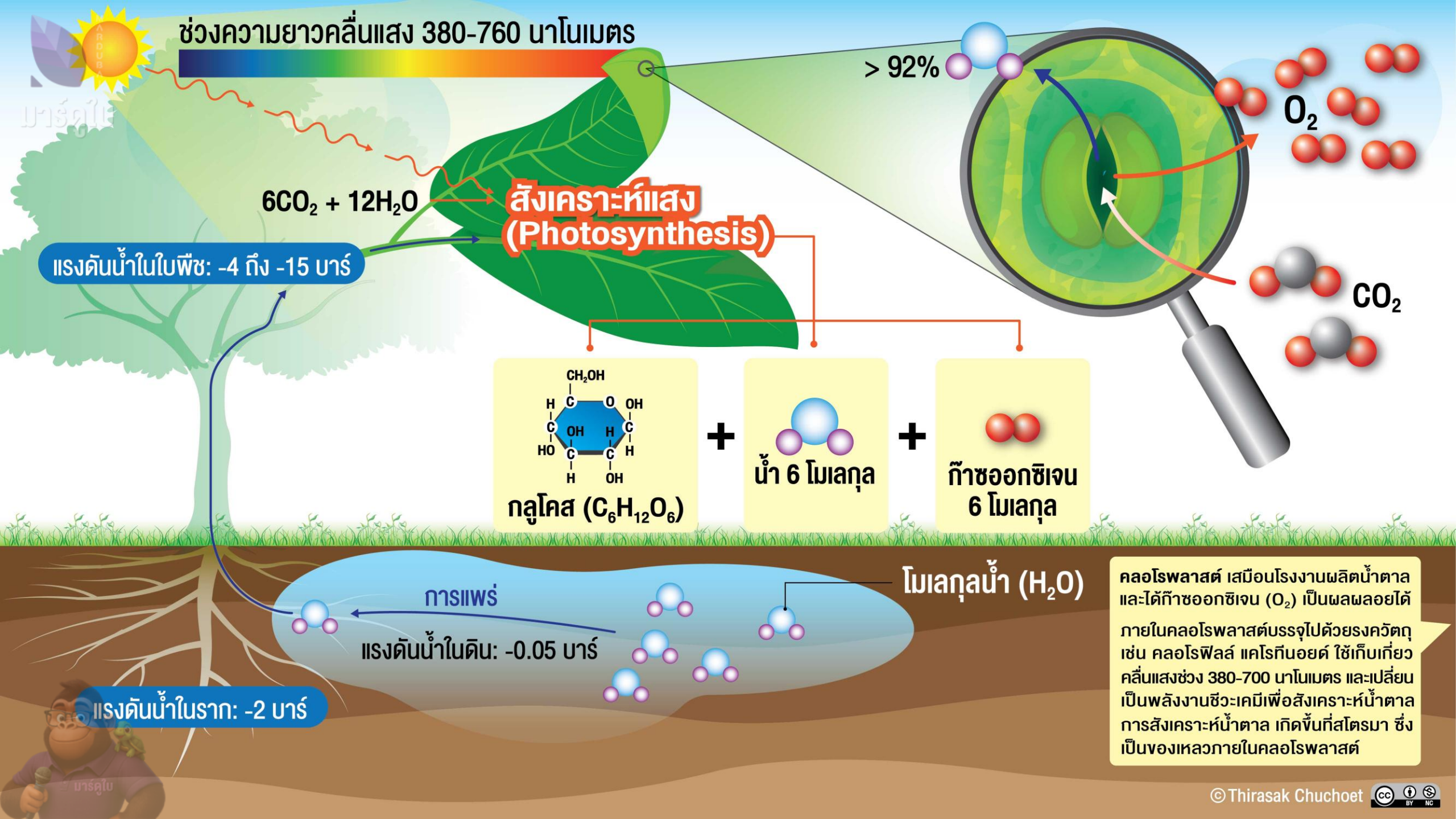
พืช (เซลล์พืช /เนื้อเยื่อ)

ดูดปุ๋ยในรูปของไอออน หรือโมเลกุลขนาดเล็ก

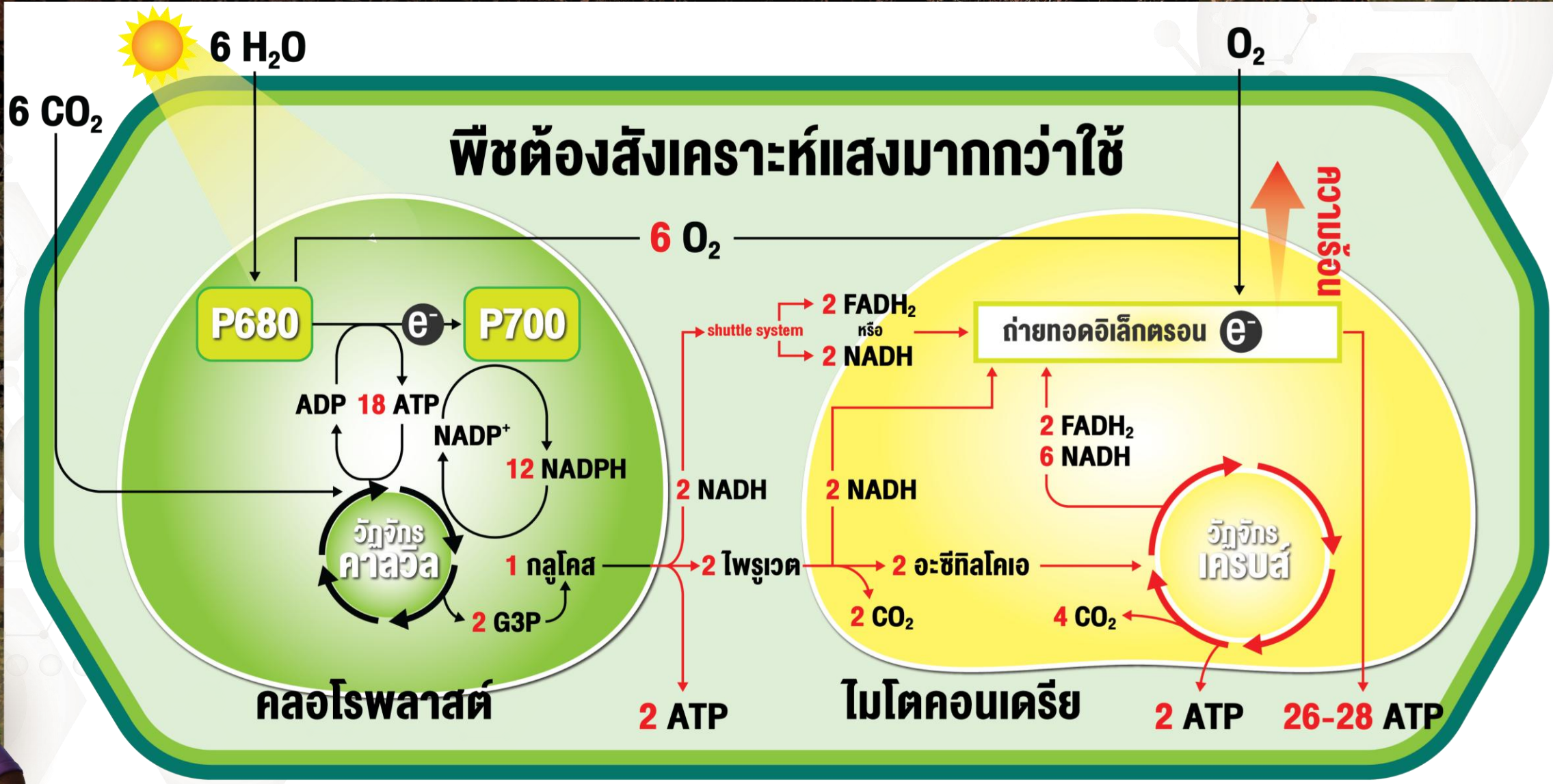
รวมร่างกับ CHO เป็นโครงสร้าง (Structure function)

โคแฟกเตอร์ (ช่วยงานเอนไซม์) (Catalytic function)

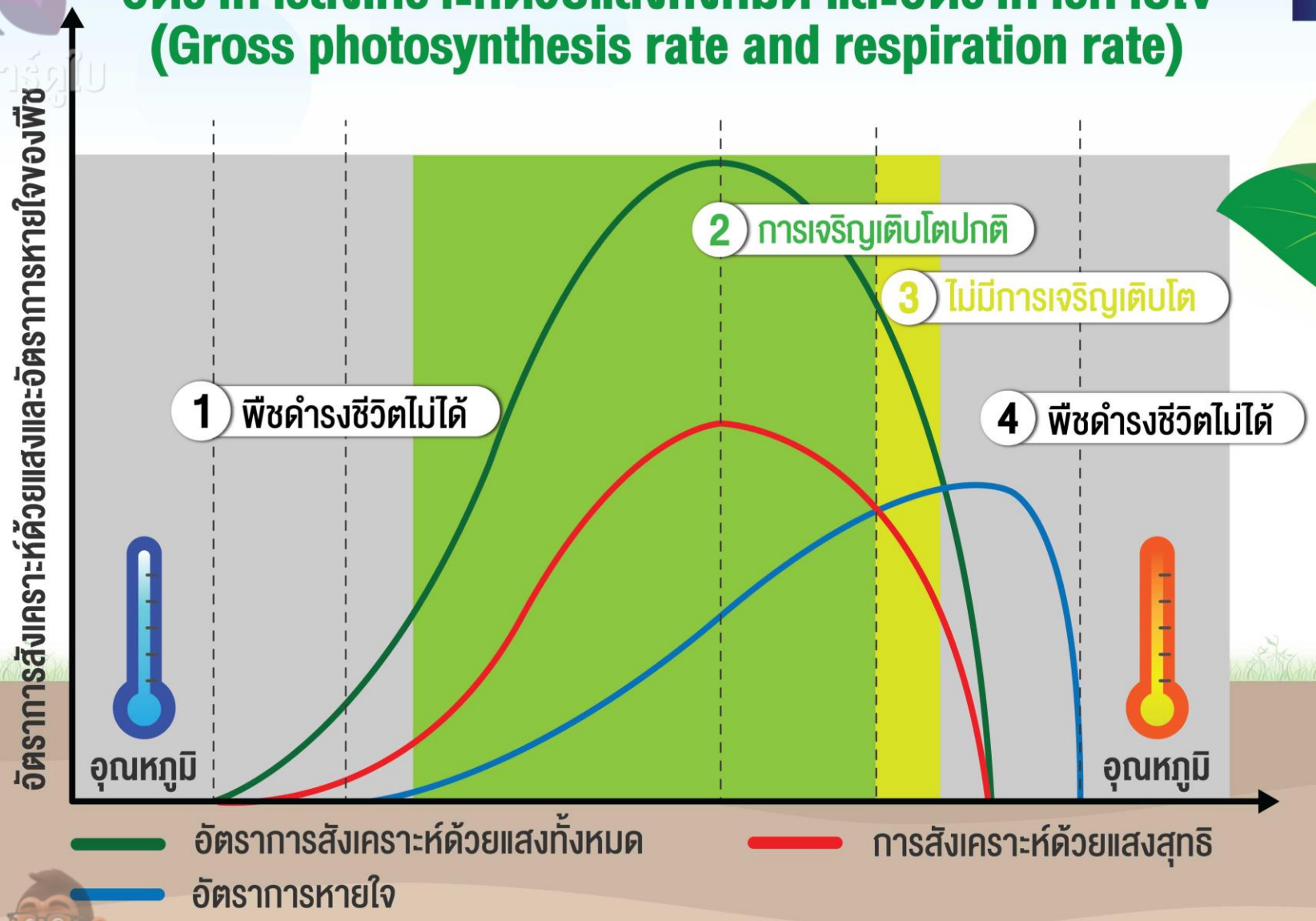
*** กรดฮิวมิก และกรดฟูลวิก รากพืชสามารถดูดใช้ได้

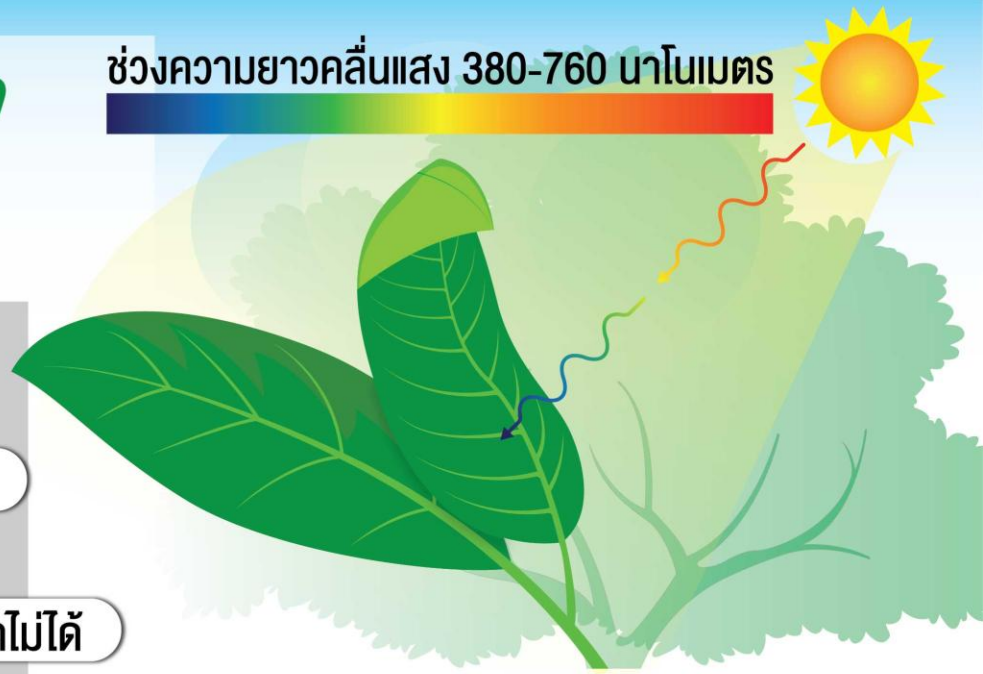

ช่วงความยาวคลื่นแสง 380-760 นาโนเมตร
> 92%
O_2
CO_2
$6CO_2 + 12H_2O$
สังเคราะห์แสง
(Photosynthesis)
แรงดันน้ำในใบพืช: -4 ถึง -15 บาร์
CH_2OH
กลูโคส ($C_6H_{12}O_6$)
น้ำ 6 โมเลกุล
ก๊าซออกซิเจน
6 โมเลกุล
โมเลกุลน้ำ (H_2O)
การแพร่
แรงดันน้ำในดิน: -0.05 บาร์
แรงดันน้ำในราก: -2 บาร์
คลอโรพลาสต์ เสมือนโรงงานผลิตน้ำตาล และได้ก๊าซออกซิเจน (O_2) เป็นผลผลอยได้
ภายในคลอโรพลาสต์บรรจุไปด้วยรงควัตถุ เช่น คลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ ใช้เก็บเกี่ยวคลื่นแสงช่วง 380-700 นาโนเมตร และเปลี่ยนเป็นพลังงานชีวะเคมีเพื่อสังเคราะห์น้ำตาล การสังเคราะห์น้ำตาล เกิดขึ้นที่สโตรมา ซึ่งเป็นของเหลวภายในคลอโรพลาสต์
©Thirasak Chuchoet

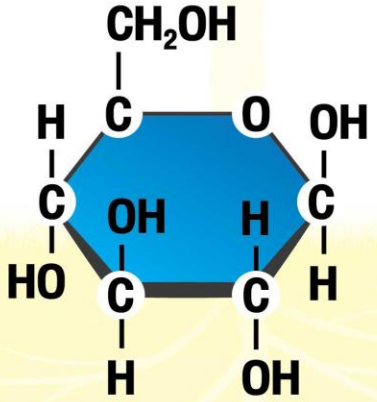
การสังเคราะห์แสง Vs การหายใจ (ระดับเซลล์)



อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงทั้งหมด และอัตราการหายใจ (Gross photosynthesis rate and respiration rate)



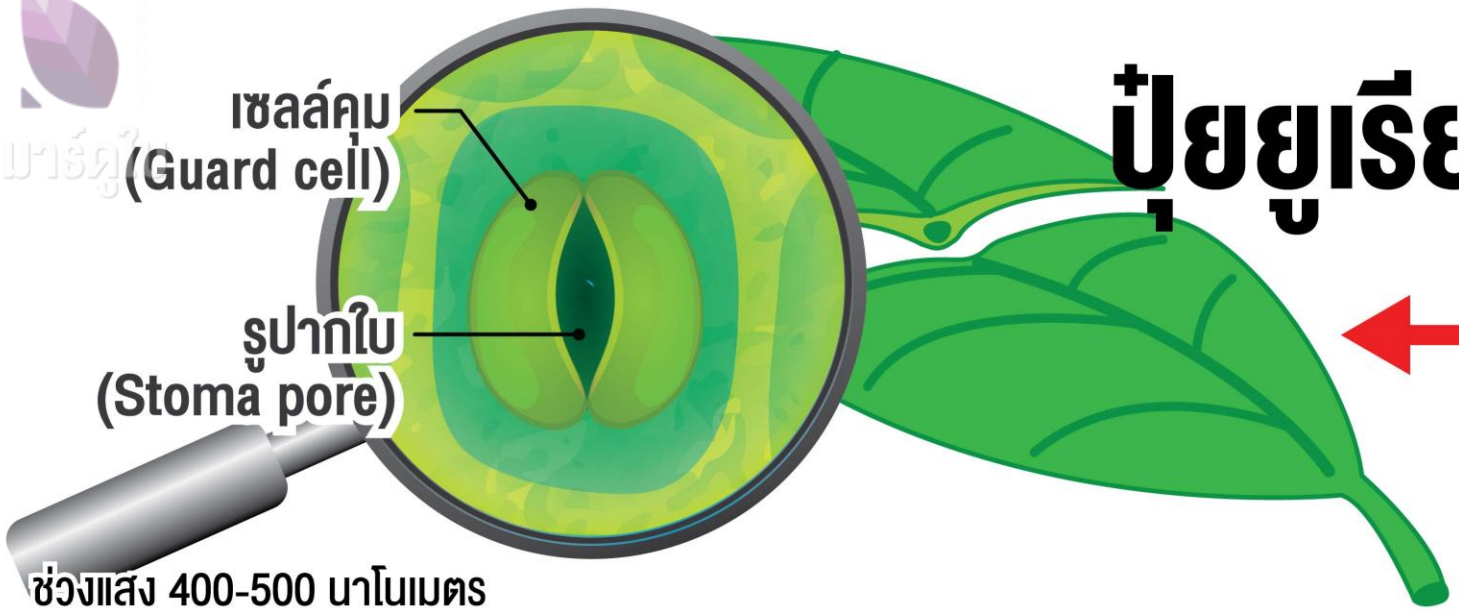


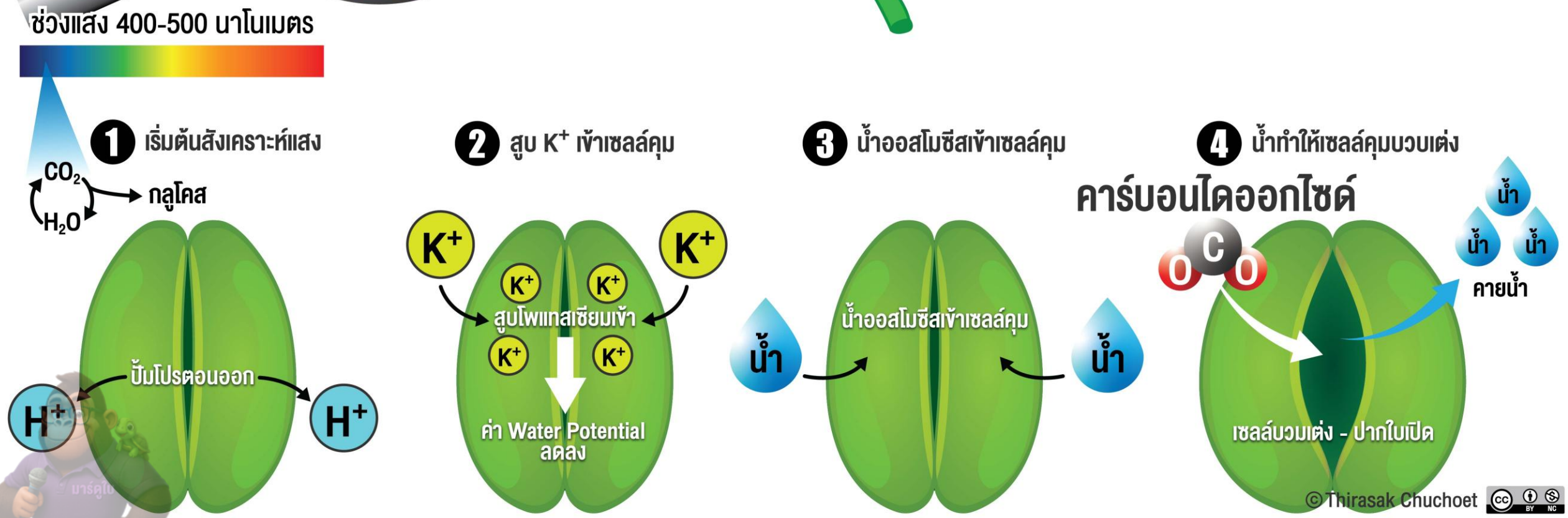


กลูโคส ($C_6H_{12}O_6$)

ปุ๋ยยูเรีย.. เปิดปากใบพืช.?

$CO(NH_2)_2$





ปริมาณการดูดซึมปุ๋ยยูเรีย Vs กรดอะมิโน

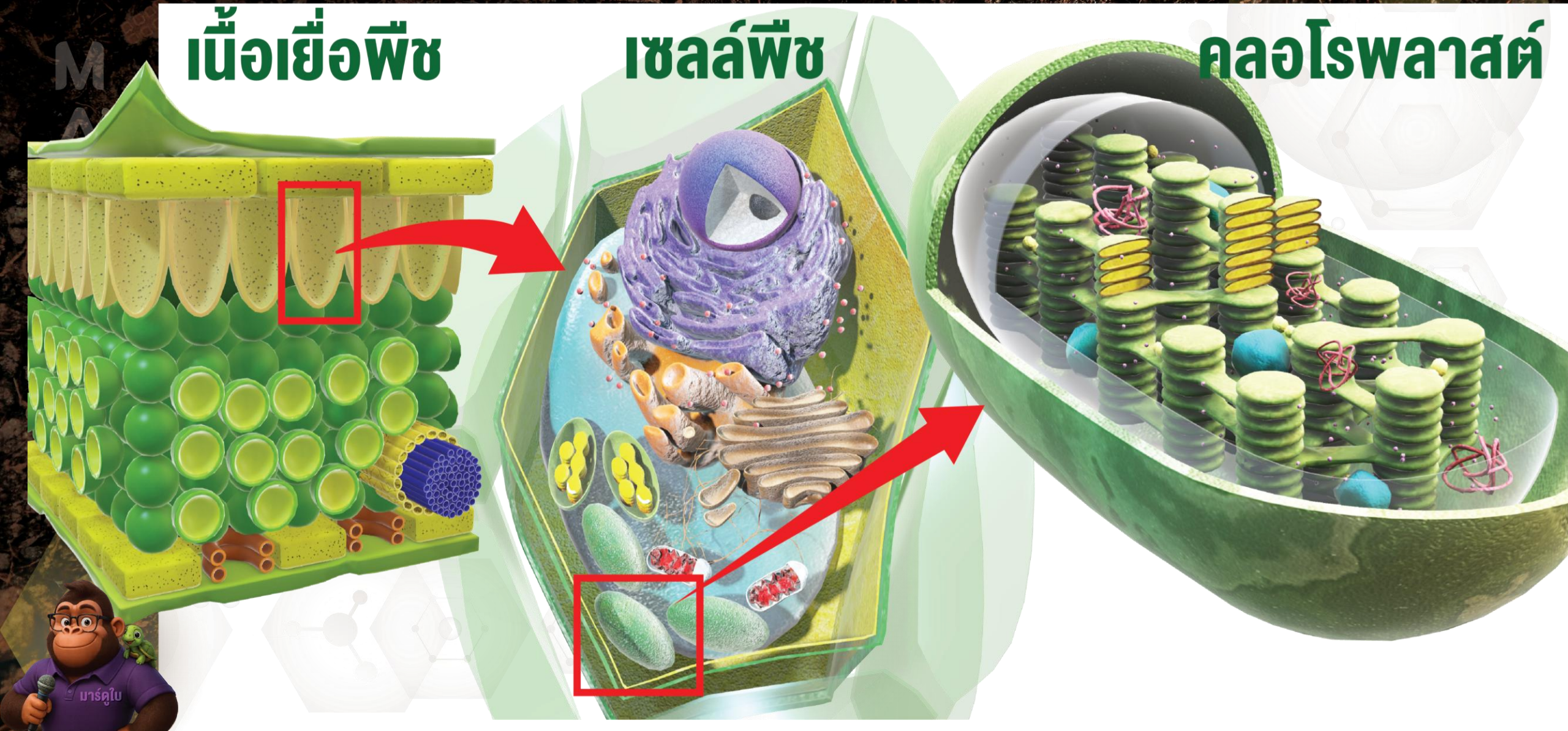
ตารางที่ 5.2

ปริมาณไนโตรเจนที่มีในต้นและที่ใบท้อดูดได้หลังการให้ปุ๋ย 70 วัน (ค่าเฉลี่ย ± ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)

ปุ๋ย	N (มก/ต้น)	จำนวนใบ/ต้น	N (มก/ใบ)	สัดส่วนที่ดูด (%)
ยูเรีย	83.9±12.0	403±137	0.224±0.046	87.7±11.9
$NaNO_3$	66.5±19.6	452±50	0.144±0.028	76.4±7.5
NH_4Cl	38.4±0.6	377±60	0.104±0.015	59.8±4.5
อะลานีน	29.9±1.1	532±57	0.055±0.018	14.2±1.1
กรดกลูตามิก	12.8±2.2	334±43	0.040±0.013	10.0±4.0
ไกลซีน	25.9±5.8	446±123	0.059±0.003	25.3±6.2
ไลซีน	36.8± .2	355±102	0.104±0.036	25.8±2.8

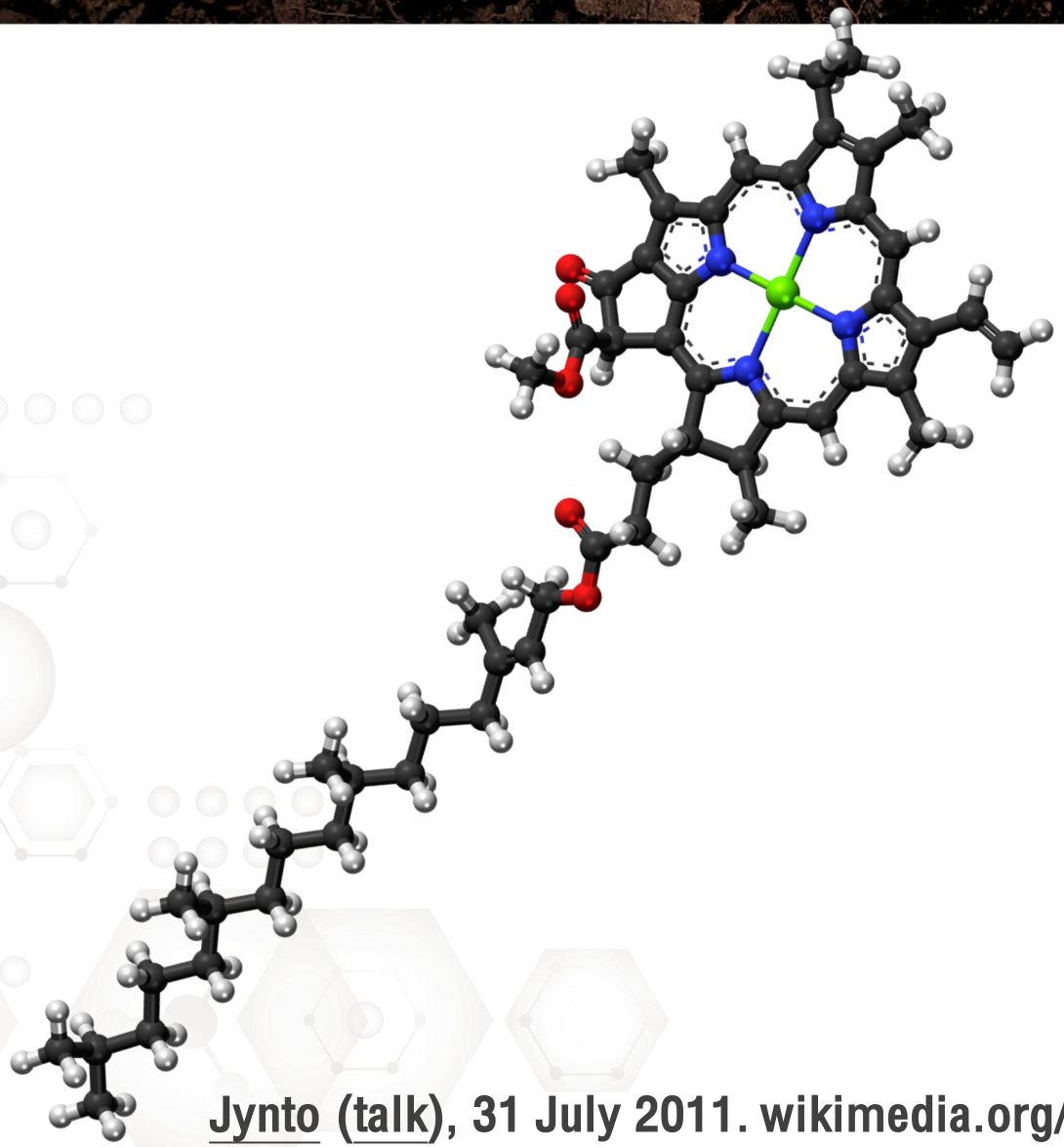
ที่มา : Furuya และ Umemiya (2002)

คลอโรพลาสต์ โรงงานไฟฟ้าของพืช



คลอโรพลาสต์ โรงงานไฟฟ้าของพืช

“คลอโรฟิลล์” เป็นเม็ดสีเขียวที่ทำหน้าที่เป็นโซล่าเซลล์



ส่วนหัว (Porphyrin ring)
แมกนีเซียม 1 ตัว (อะตอม)
ไนโตรเจน 4 ตัว (อะตอม)

ส่วนหาง (Phytol tail)

Jynto (talk), 31 July 2011. wikimedia.org/wiki/File:Chlorophyll-a-3D-balls.png

ธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบของโครงสร้าง

ไรโบโซม
(Ribosome)

[DNA, RNA]
- ไนโตรเจน (N)
- ฟอสฟอรัส (P_i)

สโตรมา
(Ribosome)

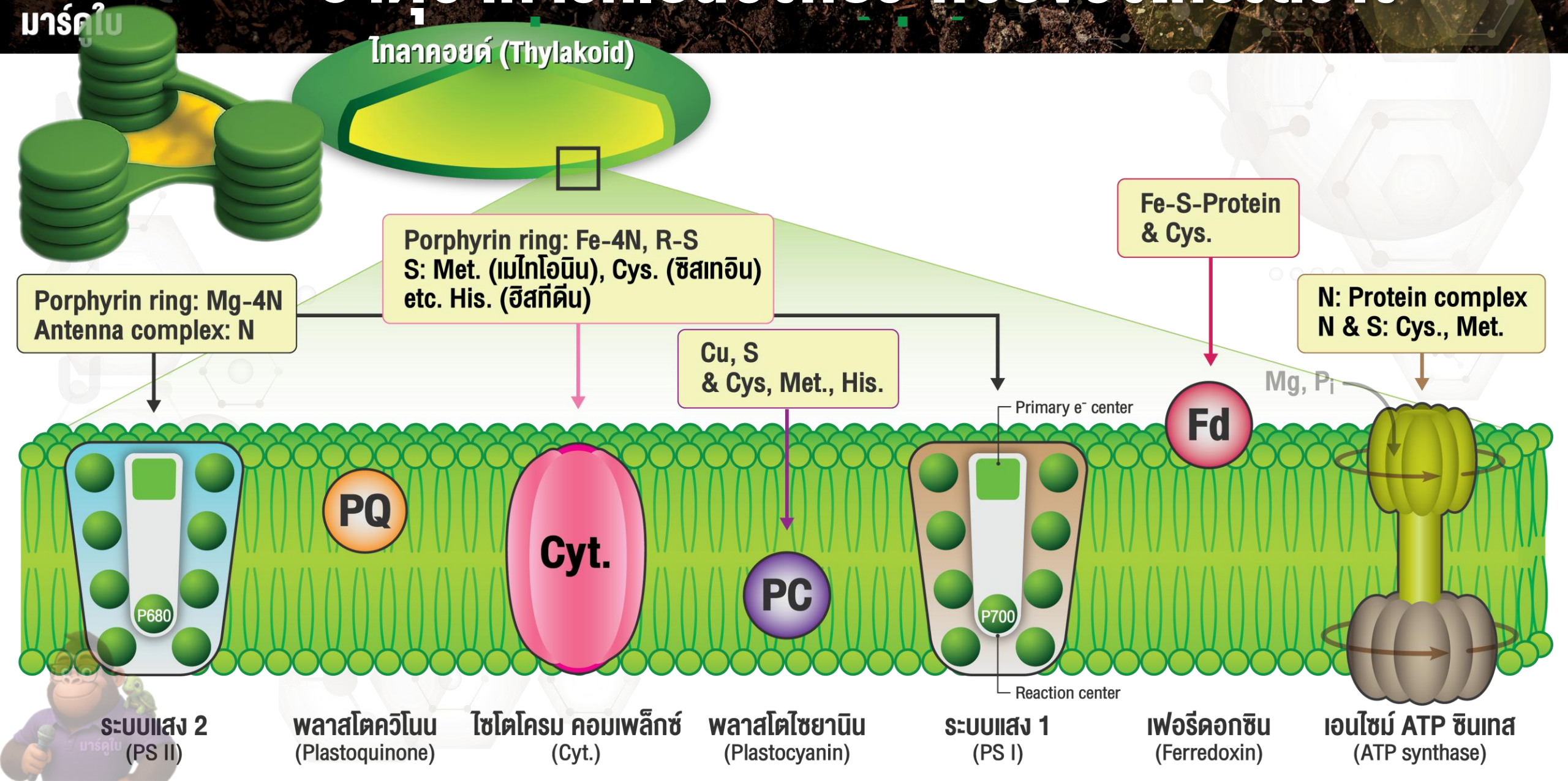
[เอนไซม์, ATP, NADPH]
- ไนโตรเจน (N)
- ฟอสฟอรัส (P_i)
- กำมะถัน (S)

*เอนไซม์ที่สำคัญ เช่น รูบิสโค (RuBisCO)

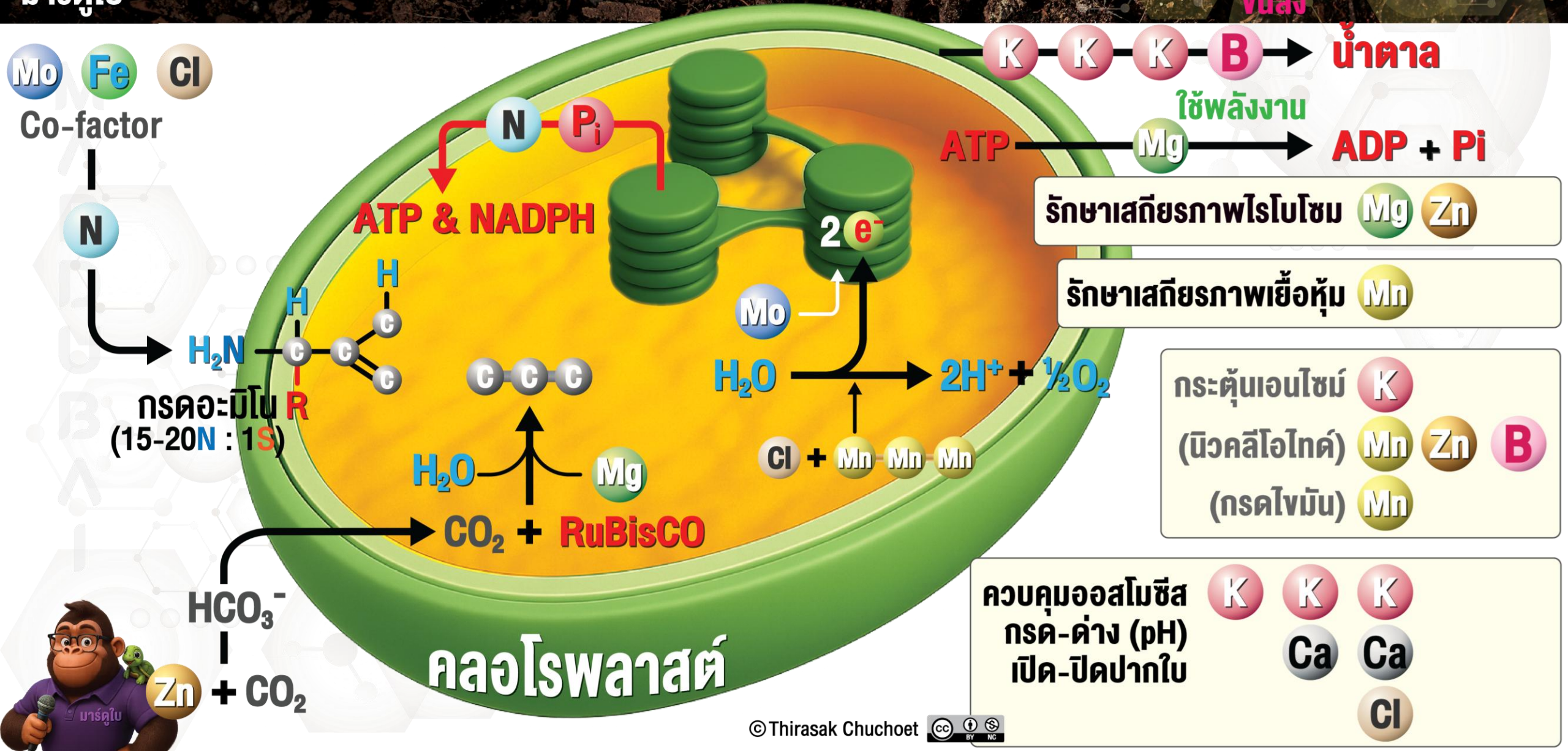
เยื่อหุ้มเซลล์
(Membrane)

[ลิพิด - โปรตีน]
- ไนโตรเจน (N)
- ฟอสฟอรัส (P_i)
- แคลเซียม (Ca)
- โบรอน (B)
- น้ำตาล (Sugar)

ธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบของโครงสร้าง



ธาตุอาหารที่ไม่เป็นองค์ประกอบของโครงสร้าง

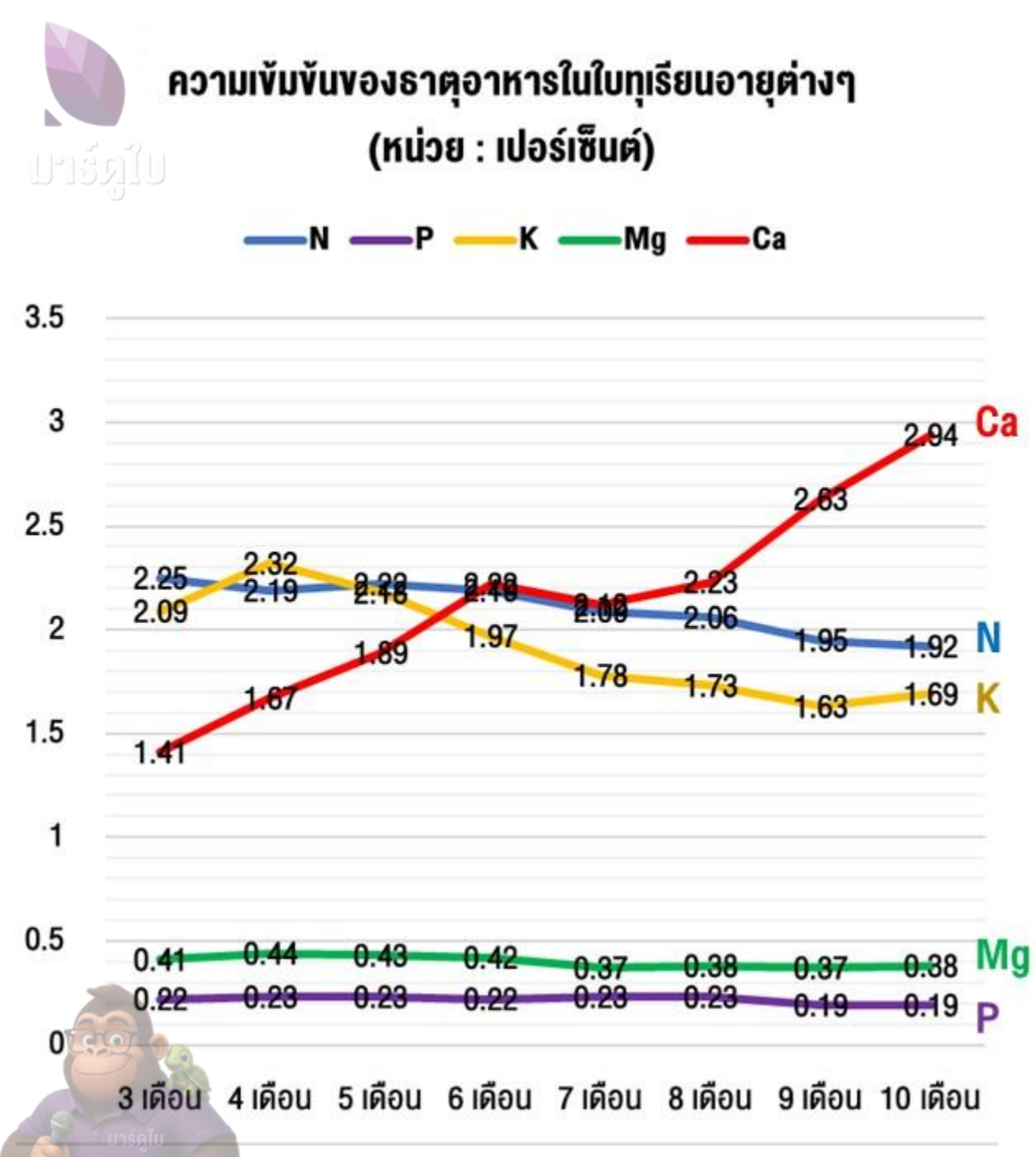


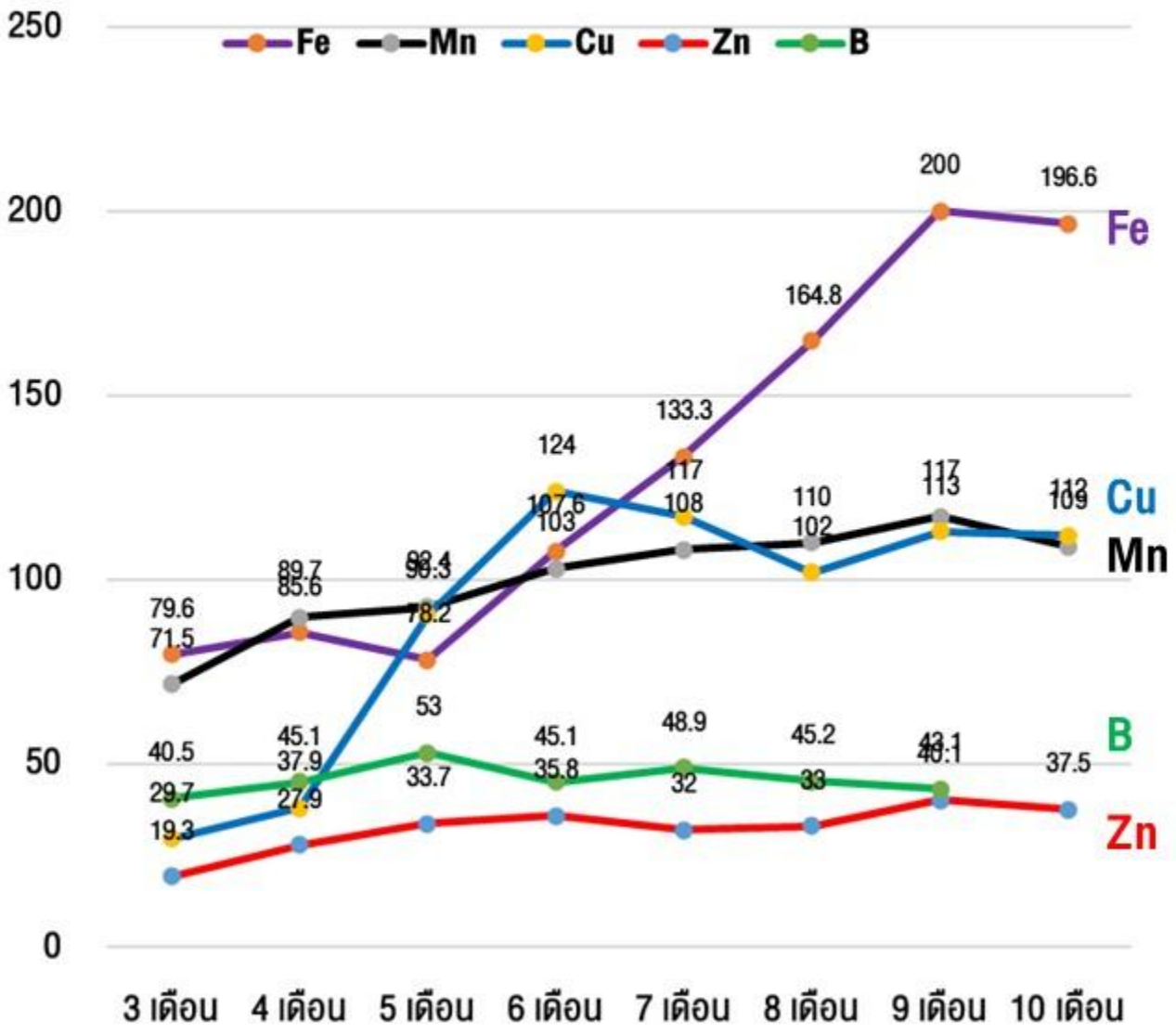
ปริมาณธาตุอาหารที่พบในใบทุเรียน เมื่ออายุเพิ่มขึ้น

อายุใบ	มหธาตุ (%)					จุลธาตุ (ppm)				
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
3 เดือน	2.25d	.22b	2.09d	1.41a	.41abc	79.6a	71.5a	29.7a	19.3a	40.5a
4 เดือน	2.19c	.23b	2.32c	1.67b	.44c	85.6a	89.7b	37.9a	27.9a	45.1b
5 เดือน	2.22cd	.23b	2.18d	1.89c	.43c	78.2a	92.4bc	90.3a	33.7bcd	53.0d
6 เดือน	2.19c	.22b	1.97c	2.22d	.42bc	107.6b	103cd	124c	35.8cd	45.1b
7 เดือน	2.09b	.23b	1.78b	2.12d	.37a	133.3c	108de	117c	32.0ab	48.9c
8 เดือน	2.06b	.23b	1.73ab	2.23d	.38ab	164.8d	110de	102bc	33.0ab	45.2b
9 เดือน	1.95a	.19a	1.63a	2.63e	.37a	200.0e	117e	113bc	40.1d	43.1ab
10เดือน	1.92a	.19a	1.69a	2.94f	.38ab	196.6e	109de	112bc	37.5cd	-

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's multiple range test

ปรับปรุงจาก: สุมิตา, 2544


ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบทุเรียนอายุต่างๆ
(หน่วย : เปอร์เซ็นต์)
N
P
K
Mg
Ca
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
Ca
N
K
Mg
P
2.25
2.09
2.32
2.19
2.06
1.95
1.92
1.41
1.67
1.89
1.97
1.78
1.73
1.63
1.69
2.23
2.63
2.94
0.41
0.44
0.43
0.42
0.37
0.38
0.37
0.38
0.22
0.23
0.23
0.22
0.23
0.23
0.19
0.19
3 เดือน
4 เดือน
5 เดือน
6 เดือน
7 เดือน
8 เดือน
9 เดือน
10 เดือน


ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบทุเรียนอายุต่างๆ
(หน่วย : ppm)
Fe
Mn
Cu
Zn
B
250
200
150
100
50
0
Fe
Cu
Mn
B
Zn
200
196.6
164.8
133.3
124
117
113
112
109
110
102
108
107.6
103
89.7
85.6
93.4
90.3
79.6
71.5
78.2
53
45.1
37.9
45.1
35.8
48.9
32
45.2
33
43.1
40.1
37.5
40.5
29.7
19.3
27.9
33.7
3 เดือน
4 เดือน
5 เดือน
6 เดือน
7 เดือน
8 เดือน
9 เดือน
10 เดือน

ธาตุอาหารพืช (ปุ๋ย) และธาตุเสริมประโยชน์

มหาธาตุ (Macronutrient) : ปริมาณในพืช > 500 มก./กก. นน.แห้ง

- ธาตุหลัก (Primary nutrient element) ;
  ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K)
- ธาตุรอง (Secondary nutrient element) ;
  แคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S)

จุลธาตุ (Micronutrient) : ปริมาณในพืช < 100 มก./กก. นน.แห้ง

เหล็ก (Fe), แมงกานีส (Mn), สังกะสี (Zn), ทองแดง (Cu), โบรอน (B), โมลิบดินัม (Mo), คลอรีน (Cl) และนิเกิ้ล (Ni)

ธาตุอาหารพืช (ปุ๋ย) และธาตุเสริมประโยชน์

ธาตุเสริมประโยชน์ (Beneficial element) :

- ไม่ใช่ธาตุอาหารพืช แต่ช่วยเรื่องการเจริญเติบโต
- เป็นธาตุอาหารของบางพืช แต่ไม่ใช่ของทุกพืช

โซเดียม (Na), ซิลิคอน (Si), โคบอลต์ (Co), ซิลีเนียม (Se), อะลูมิเนียม (Al), วาเนเดียม (V) และไทเทเนียม (Ti)

ปริมาณธาตุอาหารที่ตรวจพบในทุเรียน (นน.แห้ง)

Table 30. Comparison of durian leaf nutrient levels.

Durian Leaf Analysis		N %	P %	K %	S %	Ca %	Mg %	Na %	Cl %	Mn mg/kg	Fe mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	B mg/kg
Durian (Project samples) 23 samples March 2000 to March 2001	Av.	1.95	0.24	1.53	0.24	1.59	0.70	0.04	0.02	69.52	57.35	8.06	11.95	58.96
	St dev	0.23	0.05	0.40	0.05	0.37	0.09	0.01	0.01	30.18	18.45	1.71	2.57	18.65
Malaysian Recommended Range (leaf age 4 - 6 months)	min	1.80	0.12	1.60	0.16	0.90	0.25	na	na	25.00	50.00	6.00	15.00	15.00
	max	2.30	0.25	2.20	0.25	1.80	0.50	na	na	50.00	150.0	10.00	40.00	80.00
NT Standards (TK Lim)	min	1.58	0.18	1.48	0.17	1.11	0.25	0.01	0.05	6.25	15.02	5.82	11.92	33.29
	max	1.98	0.22	1.96	0.22	1.88	0.50	0.09	0.07	27.65	30.86	12.47	14.64	38.52
สุมิตา, 2545	ต่ำ	2.0	0.15	1.7	-	1.5	0.35	-	-	40	50	10	10	35
	สูง	2.3	0.25	2.5	-	2.5	0.6	-	-	100	120	25	30	60

ที่มา: G. Zappala, A. Zappala and Y. Diczbalis, 2002 และสุมิตา, 2545

ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของทุเรียน

ปริมาณธาตุอาหารหลัก ในส่วนต่างๆ ของทุเรียน (น.น.แห้ง)

	% N	% P	% P_2O_5	% K	% K_2O
เนื้อทุเรียน	1.12	0.11	0.25	1.43	1.72
เปลือกทุเรียน	0.61	0.17	0.39	1.59	1.91
เมล็ดทุเรียน	1.20	0.24	0.55	1.28	1.54
ใบทุเรียน	2.0-2.4	0.15-0.25	0.35-0.58	1.5-2.5	1.8-3.0

ที่มาและปรับปรุงจาก : ปรับปรุงจาก สุมิตา

ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของทุเรียน

ปริมาณธาตุอาหารที่ติดไปกับผลทุเรียน (1,000 กก. น้ำหนักสด)

กิโลกรัม

ธาตุอาหาร	% N	% P_2O_5	% K_2O	ที่มา และปรับปรุงจาก
มาเลเซีย	2.40	0.92	5.00	Ng and Thamboo, 1967
ออสเตรเลีย	2.00	0.92	5.30	Diczbalis & Westerhuis, 2005
ไทย	2.30	-	5.50	วนิดา, 2546
ไทย	1.90	0.80	3.80	นารี (ยังไม่ตีพิมพ์)
ค่าเฉลี่ย	2.15	0.88	4.90	
สัดส่วนปุ๋ย	2	1	5	

ที่มาและปรับปรุงจาก : ปรับปรุงจาก สุมิตา

มหาธาตุ (macronutrient)

ธาตุหลัก

N ไนโตรเจน	P ฟอสฟอรัส	K โพแทสเซียม

ธาตุรอง

S กำมะถัน	Ca แคลเซียม	Mg แมกนีเซียม

จุลธาตุ หรือธาตุเสริม (micronutrient)

Fe เหล็ก	Zn สังกะสี	Mn แมงกานีส	Cu ทองแดง
B โบรอน	Mo โมลิบดินัม	Cl คลอรีน	Ni นิกเกิล

* คาร์บอน, ไฮโดรเจน และออกซิเจน ได้จากน้ำ อากาศ และดิน

ผลวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นธาตุอาหารพืชในเนื้อเยื่อ (ทำให้แห้ง) นำมาใช้เป็นคำแนะนำการใช้ปุ๋ย

ตัวอย่างสัดส่วนปุ๋ย N-P-K

สัดส่วนปุ๋ย 3-1-4 เช่น ปุ๋ยสูตร 15-5-20

สัดส่วนปุ๋ย 3-1-5 เช่น ปุ๋ยสูตร 15-5-25

สัดส่วนปุ๋ย N ต่อ P ต่อ K

มาจากค่าผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่พบในเนื้อเยื่อพืช

เฉลี่ยปริมาณธาตุอาหารในทุเรียน

N: ~ 2.0%

P_2O_5: ~ 0.47%

K_2O: ~ 2.4%

↓

(N / P_2O_5): 2.0/0.47 = 4.25

(K / P_2O_5): 2.4/0.47 = 5.10

↓

สัดส่วน N-P-K = 4-1-5

สัดส่วนปุ๋ยปัจจุบันที่ใกล้เคียง = 3-1-4 หรือสูตรปุ๋ย 15-5-20

เฉลี่ยปริมาณธาตุอาหารติดไปกับผลทุเรียน

N: ~ 2.15%

P_2O_5: ~ 0.88%

K_2O: ~ 4.90%

↓

(N / P_2O_5): 2.18/0.88 = 2.48

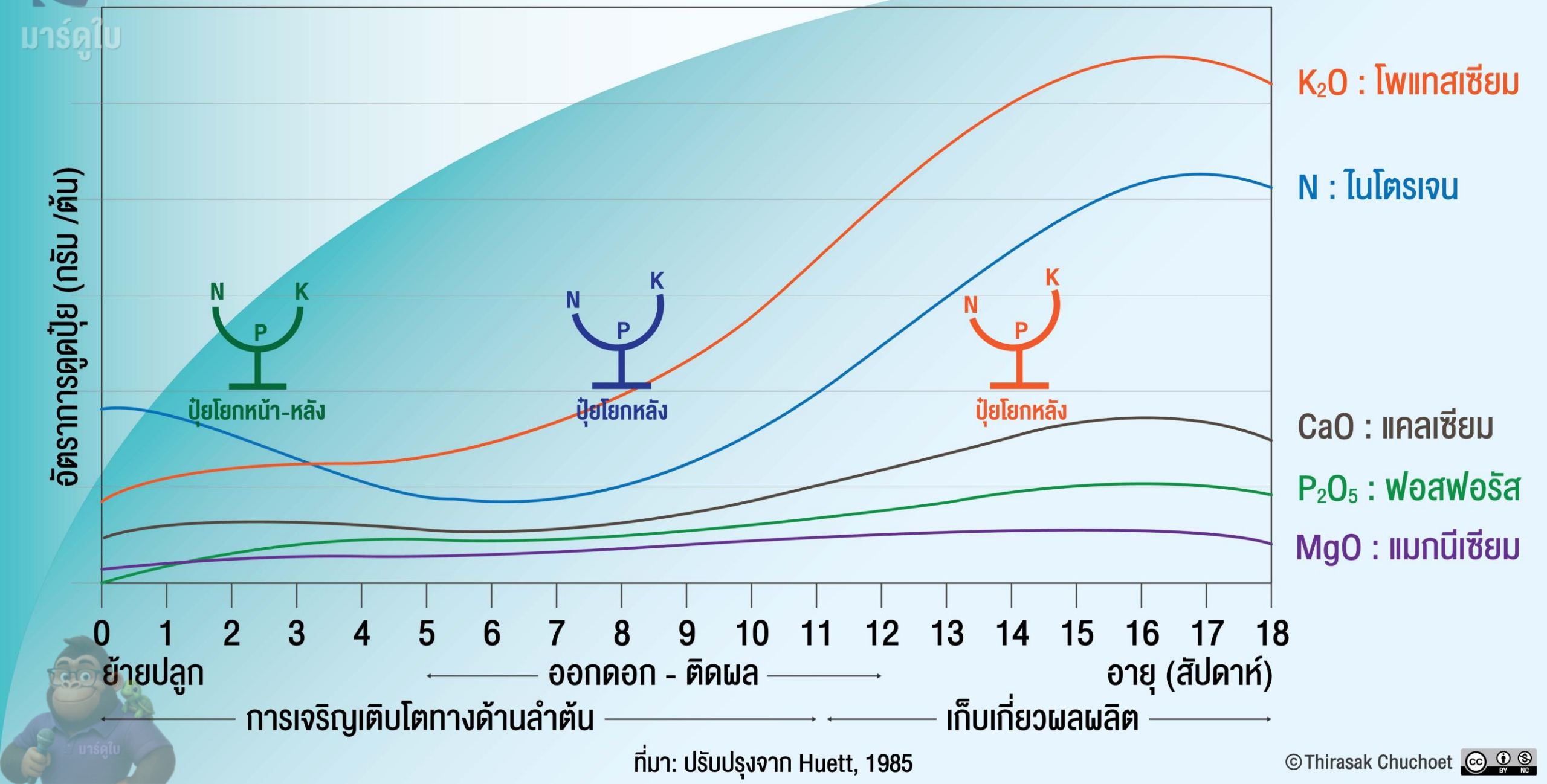
(K / P_2O_5): 4.90/0.88 = 5.57

↓

สัดส่วน N-P-K = 2.5-1-5.5

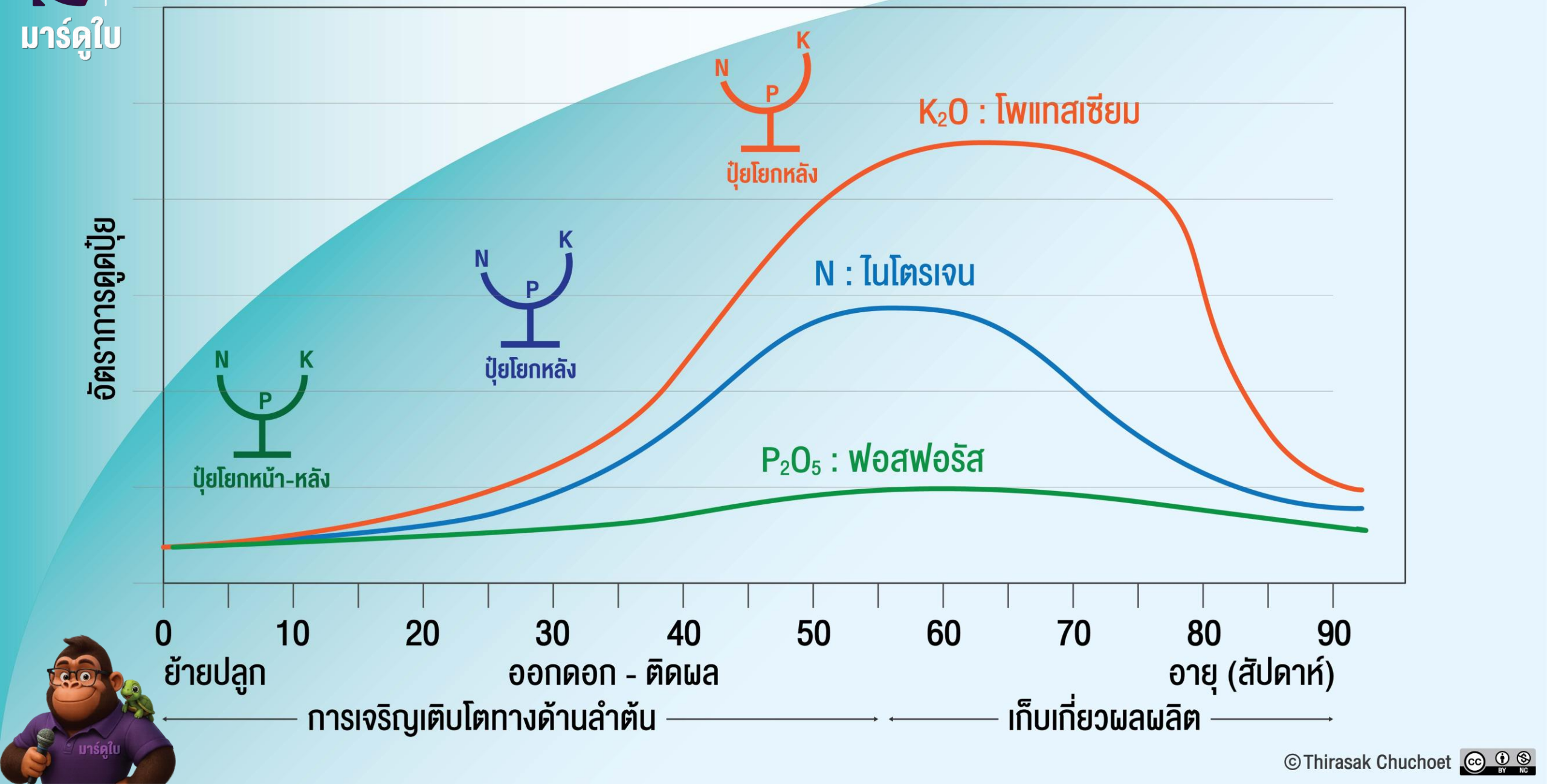
สัดส่วนปุ๋ยปัจจุบันที่ใกล้เคียง = 3-1-5, 3-1-7 หรือสูตรปุ๋ย 15-5-25, 14-7-35 และ 15-5-35

อัตราการดูดใช้ปุ๋ยของมะเขือเทศ

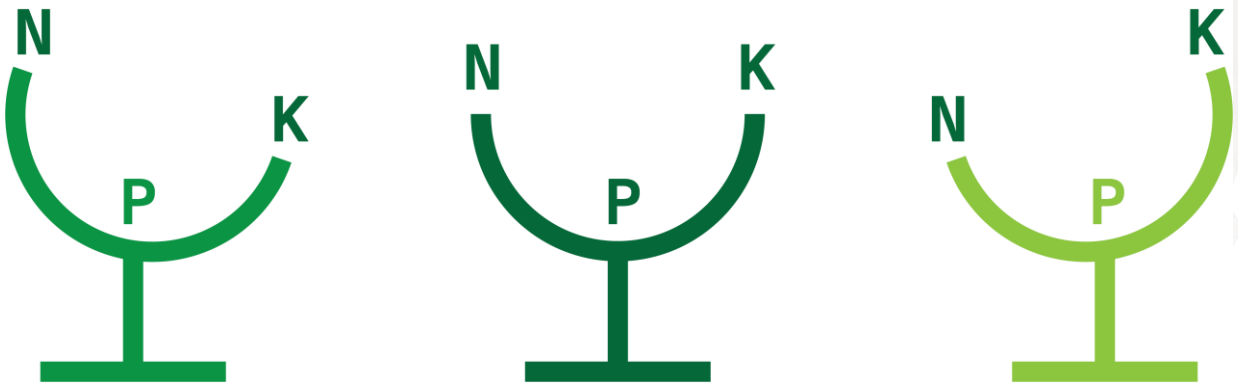


ที่มา: ปรับปรุงจาก Huett, 1985

อัตราการดูดใช้ปุ๋ยของเมล่อน



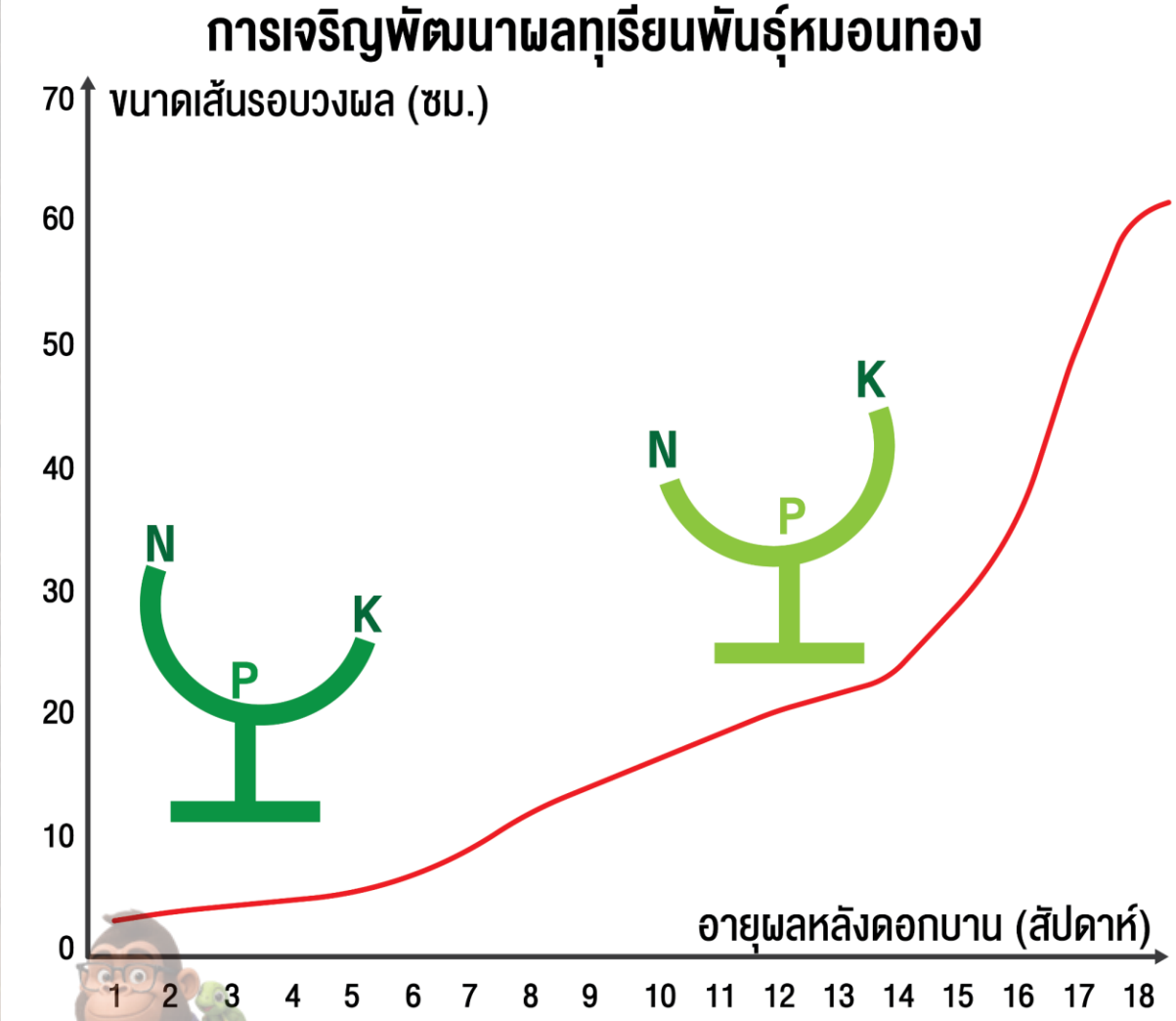
ปุ๋ยโยกหน้า, ปุ๋ยโยกหน้า-หลัง และปุ๋ยโยกหลัง



ปุ๋ยโยกหน้า | ปุ๋ยโยกหน้า-หลัง | ปุ๋ยโยกหลัง

ปรับปรุงจาก: รศ.ดร.รวี เสรฐภักดี

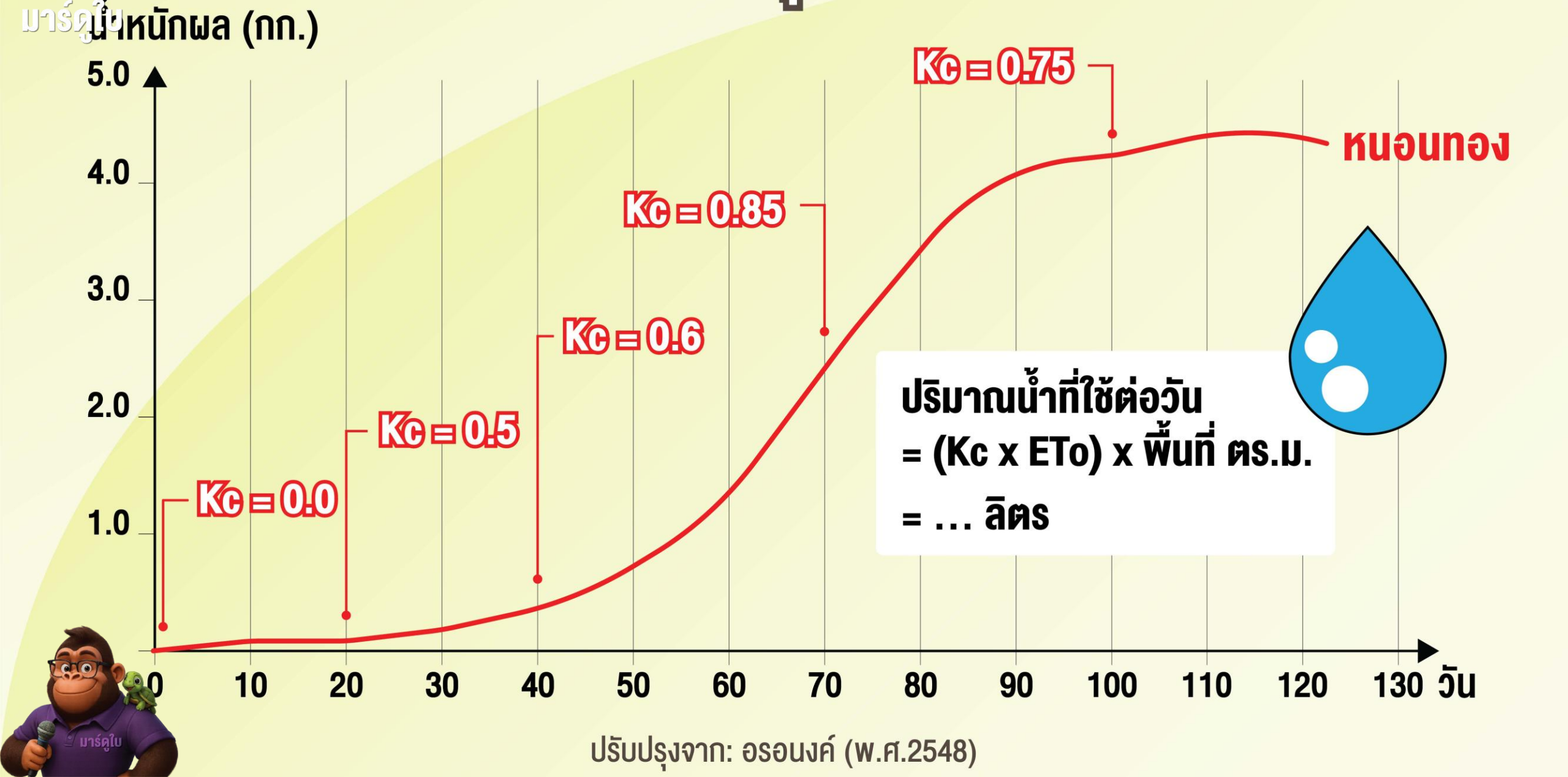
การพัฒนาของผลทุเรียน แบบ ซิกมอยด์



ปรับปรุงจาก: รัชดาภรณ์ จันทาศรีและคณะ, พ.ศ. 2549

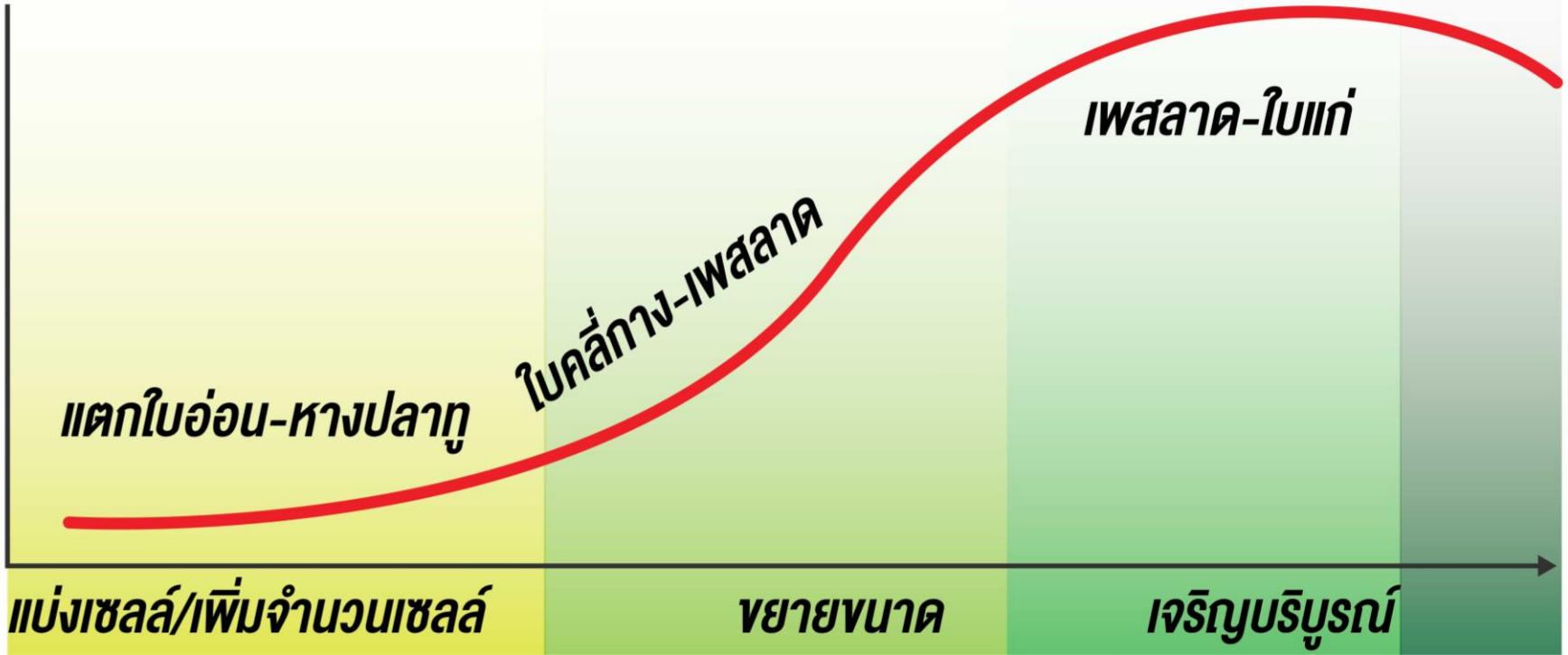
ปรับปรุงจาก: Leopold, ค.ศ. 1975

การพัฒนาของผลทุเรียนกับปริมาณน้ำ



ปรับปรุงจาก: อรอนงค์ (พ.ศ.2548)

การเจริญพัฒนาของใบไม้ผล-ไม้ยืนต้น



การเจริญพัฒนาของใบไม้ผล-ไม้ยืนต้น (1 รอบปี)

แตกใบอ่อน (Initial)	ใบหางปลาทู (Longtail leaf)	ใบคลี่กาง (Leaf spacing)	ใบเพสลาด/ใบพวง (Mature)	ใบแก่ (Matured)
3 วัน	7 วัน	20-25 วัน	7-14 วัน	10-12 เดือน

40-50 วัน

60-75 วัน ใบชุดใหม่

*** ใน 1 รอบปี จะมีใบโดยประมาณ 5-6 ชุดใบ ***

ธาตุอาหารพืช หรือปุ๋ย ที่ระบุบนกระสอบ

N - P - K

21 - 7 - 18

↓

ใบ — ดอก — ผล

ใช่ หรือ ไม่ใช่

ธาตุอาหารพืช หรือปุ๋ย ที่ระบุบนกระสอบ

ปุ๋ยคอมปาวด์ สูตร 15-5-25 +S

(ปุ๋ยซัลเฟตแท้ เกรดละลายน้ำ) ขนาด 25 กิโลกรัม

มีธาตุอาหารรับรอง ดังนี้

- ไนโตรเจน ทั้งหมด (N) 15%
- ฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5) 5%
- โพแทสเซียม ที่ละลายน้ำ (K_2O) 25%

มีธาตุอาหารรอง

- กำมะถัน (S) 7%


MARDUBAI
มาร์ดูใบ
ปุ๋ยเคมี
46-0-0
ตรา
วัดลิงขบ
ไนโตรเจน
ปุ๋ยเคมี
21-0-0
ตรา
วัดลิงขบ
ไนโตรเจน+ซัลเฟต
ปุ๋ยเคมี
18-46-0
ตรา
วัดลิงขบ
ไนโตรเจน+ฟอสเฟต
ปุ๋ยเคมี
0-0-50
ตรา
วัดลิงขบ
โพแทสเซียม
+
ซัลเฟต
ปุ๋ยเคมี
0-0-60
ตรา
วัดลิงขบ
โพแทสเซียม+คลอไรด์
ปุ๋ยเคมี
20-8-20
ตรา
วัดลิงขบ
มาร์ดูใบ

ปุ๋ยอินทรีย์เคมี.. ธาตุอาหารเป็นปุ๋ยอินทรีย์.. หรือเคมี..?

มาร์ดูใบ

ดัชนีความเค็มของปุ๋ย (Salt index)

สูตรปุ๋ย	ความเค็มเทียบปุ๋ยโซเดียมไนเตรท	ค่าความเค็มต่อหน่วย
โซเดียมไนเตรท... (16.5%N)	100.0	6.060
แอมโมเนียมไนเตรท (34-0-0)	104.0	3.059
แอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0 +24%S)	68.3	3.252
ยูเรีย (46-0-0)	74.4	1.618
ยูเรีย-แอมโมเนียมไนเตรท (28-0-0) และ (32-0-0)	63.0 และ 71.1	2.250 และ 2.221
แคลเซียมไนเตรท (15-0-0 +26%Ca)	65.0	4.194
ซุปเปอร์ฟอสเฟต (0-20-0)	7.8	0.390
ทริปเบิ้ลซุปเปอร์ฟอสเฟต (0-45-0)	10.1	0.224
โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต (11-52-0) และ (10-50-0)	26.7 และ 24.3	0.405

มาร์ดูใบ

ดัชนีความเค็มของปุ๋ย (Salt index)

สูตรปุ๋ย	ความเค็มเทียบปุ๋ยโซเดียมไนเตรท	ค่าความเค็มต่อหน่วย
โซเดียมไนเตรท... (16.5%N)	100.0	6.060
ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต: DAP (18-46-0)	29.2	0.456
แอมโมเนียมฟอสเฟต (10-34-0)	20.0	0.455
โพแทสเซียมคลอไรด์: MOP (0-0-60)	116.2	1.936
โพแทสเซียมไนเตรท (13-0-46)	69.5	1.219
โพแทสเซียมซัลเฟต: SOP (0-0-50 +18%S)	42.6	0.852
โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต (0-52-34)	8.4	0.097
แมกนีเซียมซัลเฟต (10%Mg, 14%S)	44.0	2.687
ยิบซั่ม (23%Ca, 17%S)	8.1	0.247

มาร์ดูใบ

ค่า EC ย่อมาจาก (Electrical conductivity)

วัดค่า “ไฟฟ้าประจุขั้วบวก-ลบ”

mS/cm = มิลลิซีเมน ต่อเซนติเมตร

dS/m = เดซิซีเมน ต่อเมตร

uS/cm = ไมโครซีเมน ต่อเซนติเมตร

1.0 mS/cm หรือ dS/m

เท่ากับ 1,000 uS/cm

เปิด-ปิด

โฮล์ด/อุณหภูมิ

เลือกวัดค่า

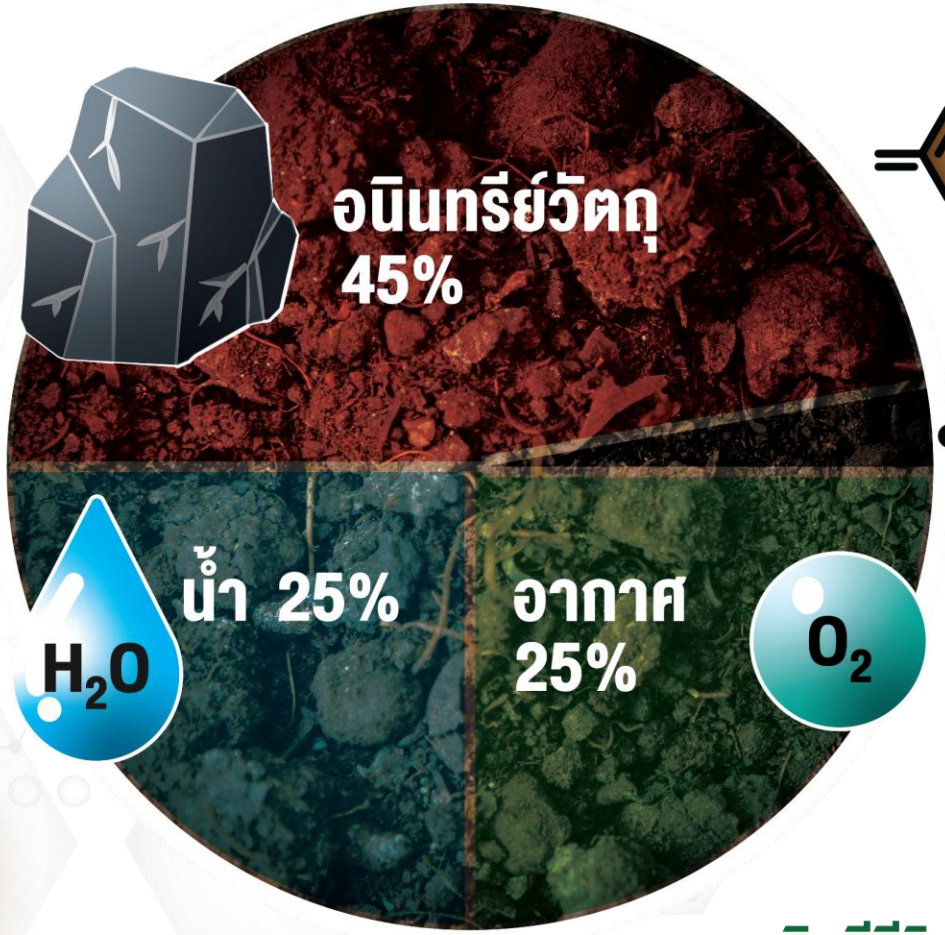
ปุ๋ยเคมีอันตราย แต่ปุ๋ยชีวภาพหรือปุ๋ยอินทรีย์ปลอดภัย.?

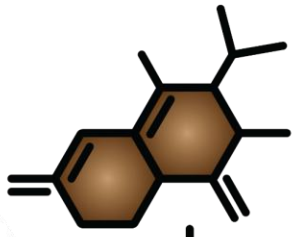
ไนโตรเจน ที่พืชดูดนำไปใช้ได้ คือ NO_3^- และ NH_4^+ (รวมถึงกรดอะมิโน)

ปุ๋ยเคมี ใช่ร่วมกับ ปุ๋ยชีวภาพหรือปุ๋ยอินทรีย์ ดีที่สุด..

อินทรียวัตถุในดิน (ความฝันอันสูงสุด) = 5%

องค์ประกอบของดินที่เหมาะสมกับพืช (ในอุดมคติ)





- อินทรีย์วัตถุ (SOM) 5%
  - ฮิวมัส (Humus) ~70%
  - สารฮิวมิก (HS) ~30%
    - ฮิวมิน (Humin)
    - กรดฮิวมิก (HA)
    - กรดฟุลวิก (FA)
    - กรดอะมิโน (AA)
    - กรดอินทรีย์

ดินมีชีวิต (จุลินทรีย์ กิ่งก้อ ตะขาบ ไส้เดือนดิน)

การจำแนกเกรดปุ๋ยตามปริมาณปุ๋ย

การจำแนกเกรดปุ๋ยตามระดับสูตรปุ๋ยธาตุหลัก (ผลรวมเปอร์เซ็นต์ N-P-K)

1) ปุ๋ยสูตรต่ำ (Low): < 15%
2) ปุ๋ยสูตรกลาง (Medium): 15-25%
3) ปุ๋ยสูตรสูง (High): 26-30%
4) ปุ๋ยสูตรเข้มข้น (Concentrated): > 30%

การหว่านปุ๋ย อัตรา และความถี่

การหว่านปุ๋ย อัตรา และความถี่

15-5-25 รวม → มากกว่า **35%ขึ้นไป**

N-P-K S 7%

หว่าน : 1 ขีด/∅ทรงพุ่ม 1 ม.
ต่อเดือน (โดยประมาณ)

6-3-3 รวม → **12%** สูตรต่ำ

N-P-K

หว่าน : 3 ขีด/∅ทรงพุ่ม 1 ม.
ต่อเดือน (โดยประมาณ)

การหว่านปุ๋ย อัตรา และความถี่

6-3-3

N-P-K

รวม → **12%** สูตรต่ำ

หว่าน : 3 ขีด/∅ทรงพุ่ม 1 ม. ต่อเดือน (โดยประมาณ)

มาร์ดูใบ

การหว่านปุ๋ย อัตรา และความถี่

ปุ๋ยเคมี + ปุ๋ยอินทรีย์
1 รอบ

ปุ๋ยเคมี + ปุ๋ยอินทรีย์
2-3 รอบ

มาร์ดูใบ

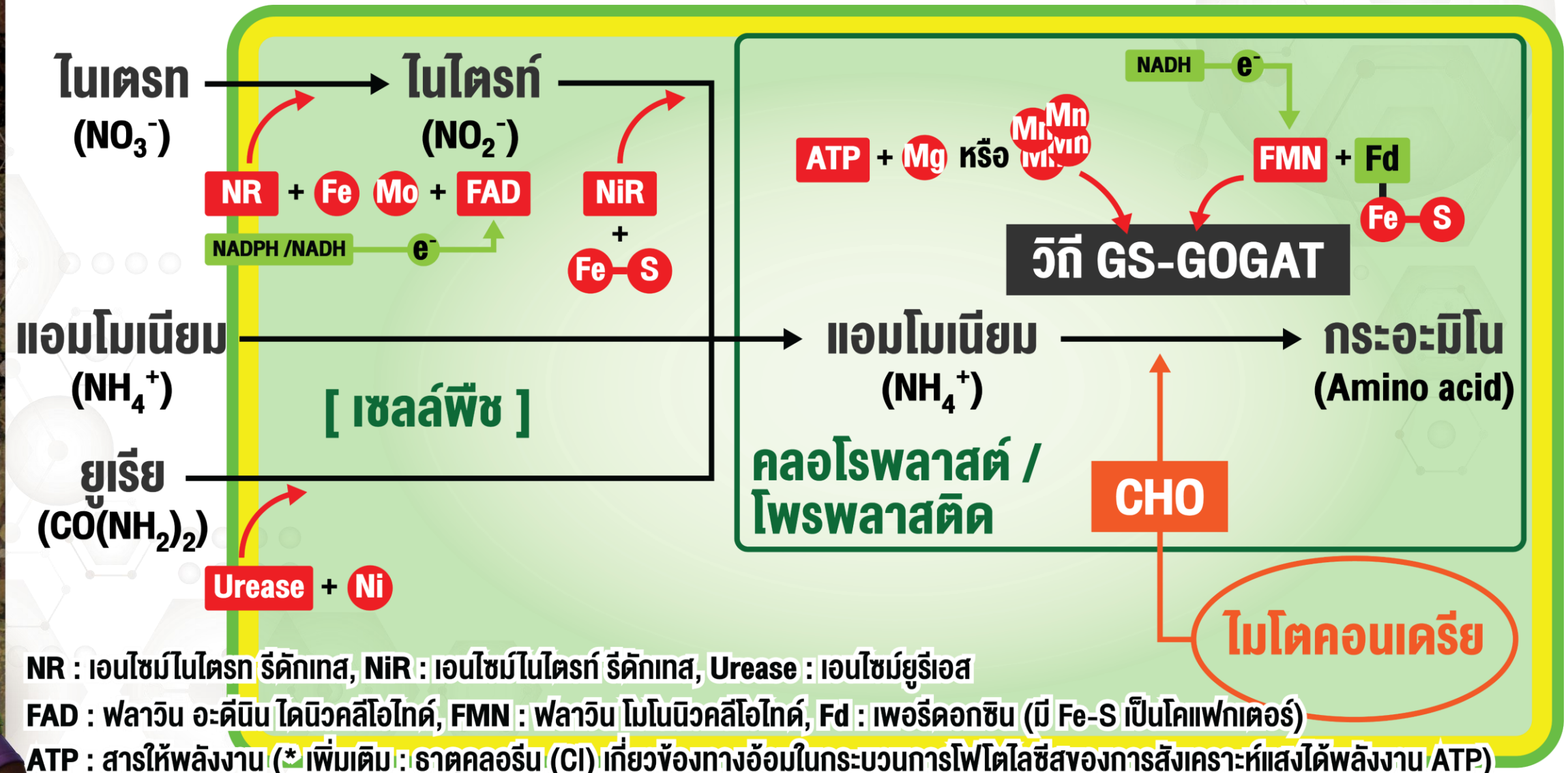
ธาตุอาหารพืช
(Plant nutrient)

มาร์ดูใบ

ไนโตรเจน
(Nitrogen : N)

การใช้ประโยชน์ของธาตุไนโตรเจน (N)

ปรับปรุงจาก: ยงยุทธ (2558)



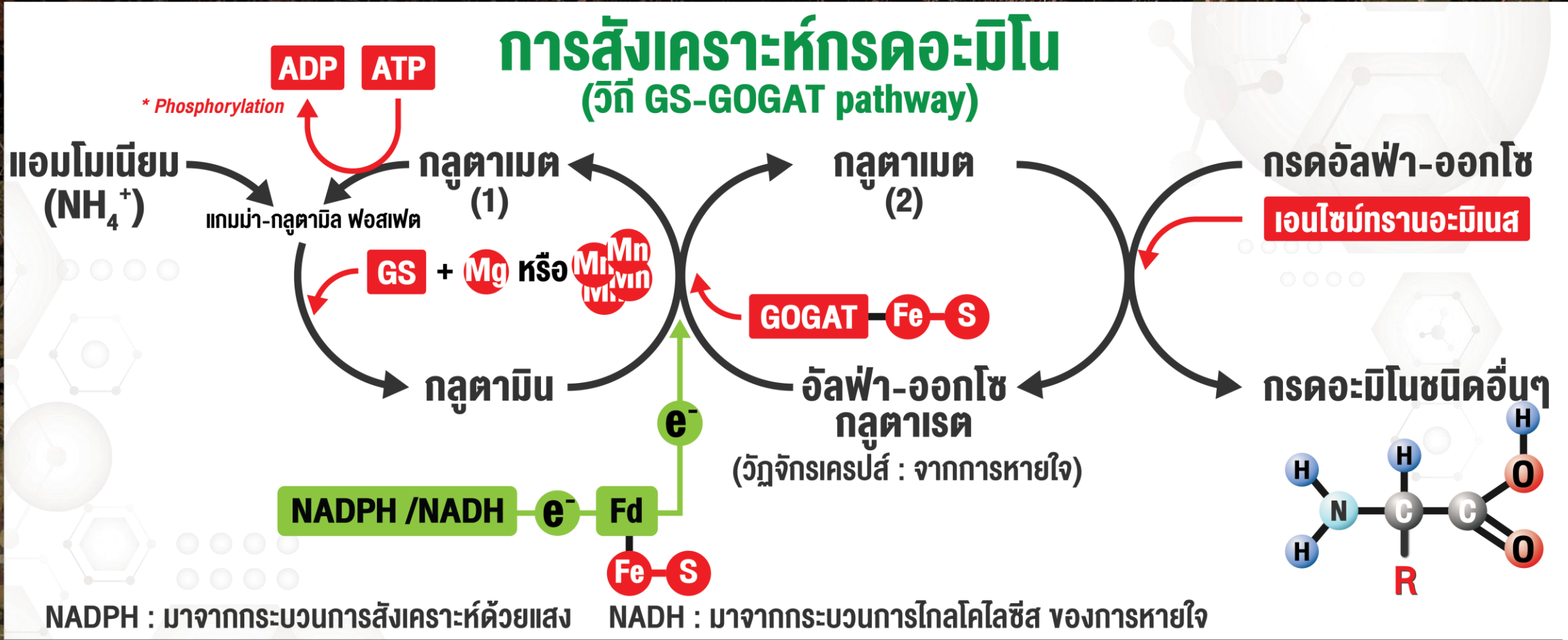
NR : เอนไซม์ไนไตรท รีดักเทส, NiR : เอนไซม์ไนไตรท์ รีดักเทส, Urease : เอนไซม์ยูรีเอส

FAD : ฟลาวิน อะดีนิน ไดนิวคลีโอไทด์, FMN : ฟลาวิน โมโนนิวคลีโอไทด์, Fd : เฟอรีดอกซิน (มี Fe-S เป็นโคแฟกเตอร์)

ATP : สารให้พลังงาน (* เพิ่มเติม : ธาตุคลอรีน (Cl) เกี่ยวข้องทางอ้อมในกระบวนการโฟโตไลซีสของการสังเคราะห์แสงได้พลังงาน ATP)

การใช้ประโยชน์ของธาตุไนโตรเจน (N)

ปรับปรุงจาก: ยงยุทธ (2558)



NADPH : มาจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง NADH : มาจากกระบวนการไกลโคไลซีส ของการหายใจ

* เพิ่มเติม : ธาตุคลอรีน (Cl) ในงานวิจัยใหม่ๆ พบว่า ถ้ามีปริมาณที่เหมาะสมช่วยส่งเสริมการใช้ไนโตรเจน โดยเกี่ยวข้องกับวิถี GS-GOGAT และเกี่ยวข้องต่อการเร่งกระบวนการหายใจแสง (Photorespiration) ซึ่งปลดปล่อยแอมโมเนียม (NH_4^+) ออกมา

GS : เอนไซม์กลูตามิน ซินเทเทส, GOGAT : เอนไซม์กลูตาเมต ซินเทส, NADH และ NADPH : ตัวถ่ายทอดอิเล็กตรอน

บทบาทของธาตุหลัก : ไนโตรเจน (N)

ที่มา: ยงยุทธ โอสถสภา (2558)

บทบาท : เป็นองค์ประกอบของ “กรดอะมิโน” หน่อยย่อยของโปรตีน

ไนโตรเจน + อัลฟ่าออกโซกลูตาเลต (ผลิตผลจากการหายใจ /วัฏจักรเครบส์)

↓

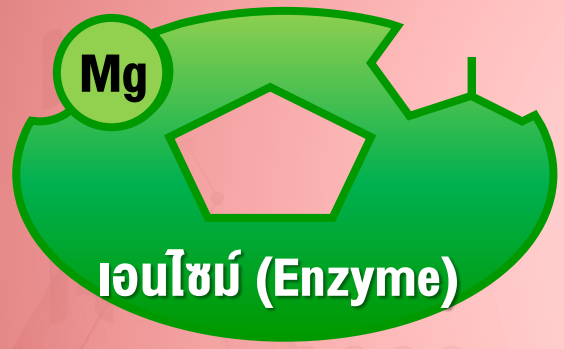
“กรดอะมิโน (Amino acid)”

↓

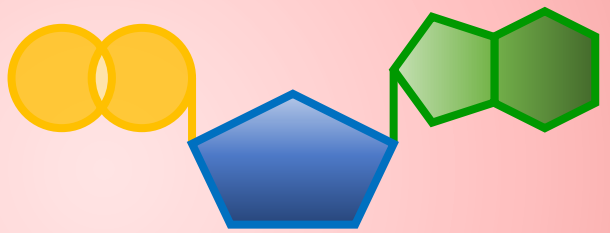
โปรตีน (เอนไซม์ และองค์ประกอบสารอินทรีย์โปรตีน)

เอนไซม์ = เร่งปฏิกิริยา (Catalysis) [เมตาบอลิซึม]

ที่มา: ยงยุทธ โอสถสภา (2558)



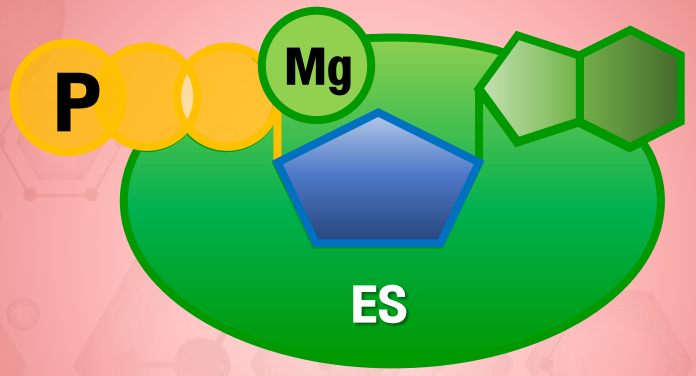
เอทีพี ซินเทส
(ATP synthase)



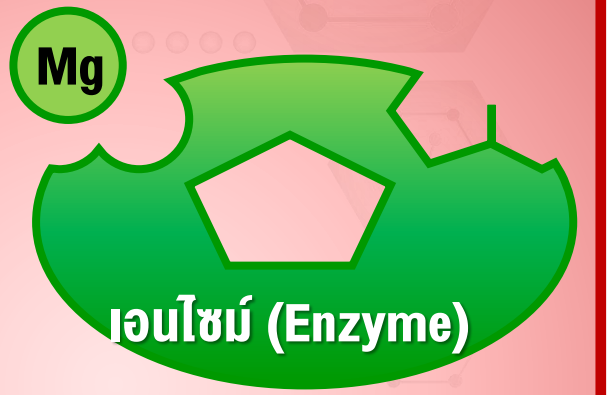
อะดีโนซีน ไดฟอสเฟต (ADP)

ฟอสเฟต

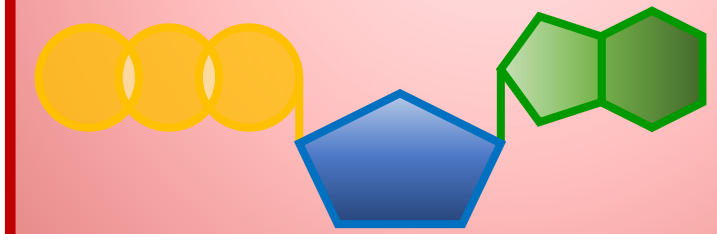
[Induced fit theory การเหนี่ยวนำให้เข้ารูป]



สารเชิงซ้อน เอนไซม์-ซับสเตรท
(Enzyme-Substrate complex)



และ



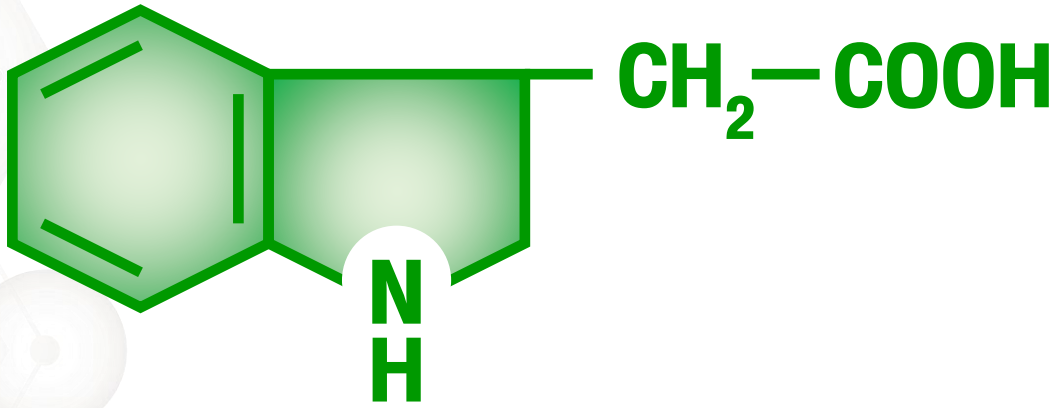
อะดีโนซีน ไตรฟอสเฟต (ATP)

กรดอะมิโนเป็นองค์ประกอบของฮอร์โมนบางชนิด

ที่มา: ยงยุทธ โอสถสภา (2558)

ฮอร์โมน : ออกซิน (Auxin)

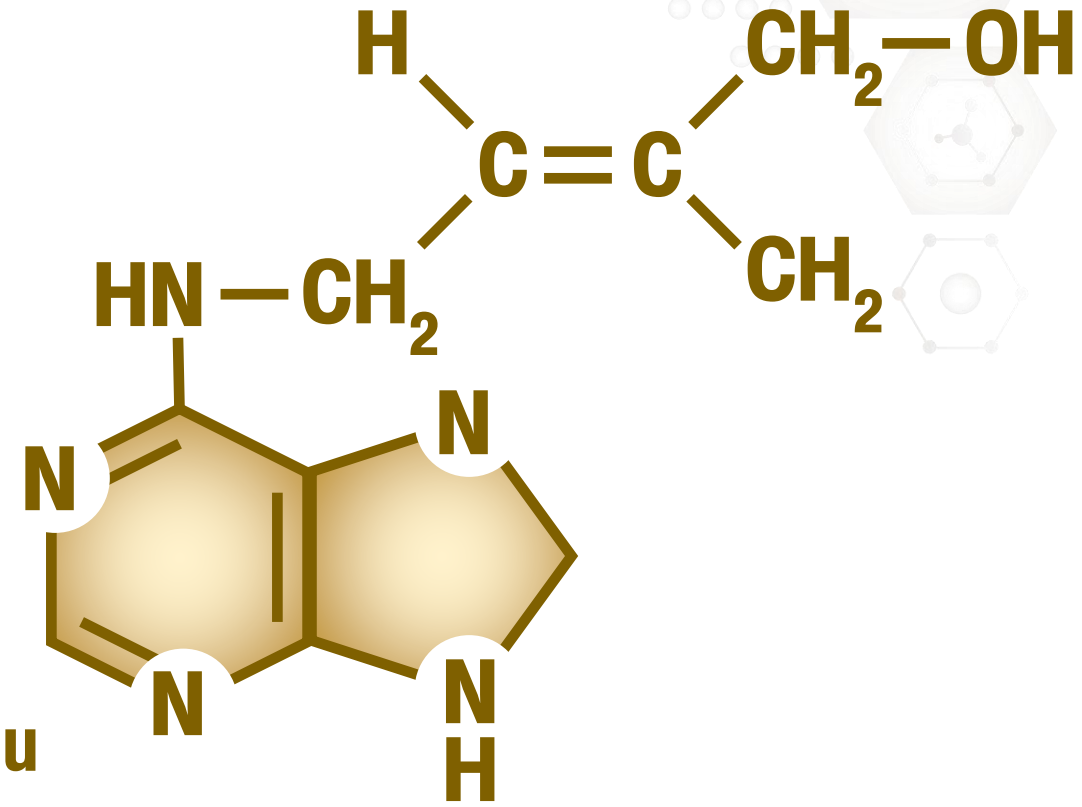
▶ ไอเอเอ (IAA)



สารตั้งต้น คือกรดอะมิโนทริพโตเพน

ไซโตไคนิน (Cytokinin)

▶ ซีเทอิน (Zeatein)

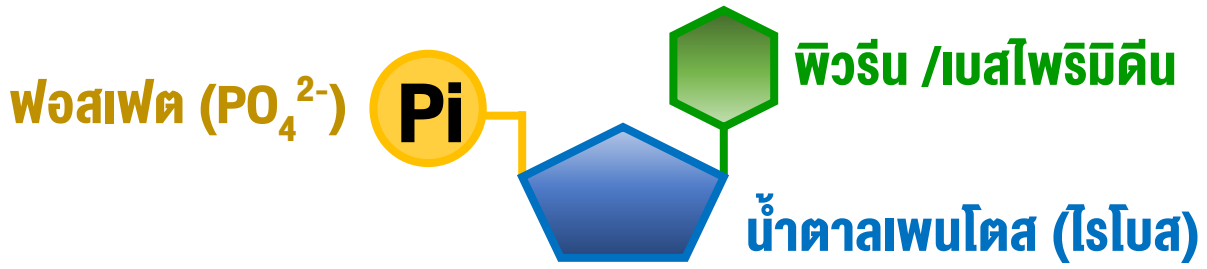


อนุพันธุ์ของ ไอโซเพนทีนิลอะดีนีน

บทบาทของธาตุหลัก : ไนโตรเจน (N)

ที่มา: ยงยุทธ โอสถสภา (2558)

องค์ประกอบ “กรดนิวคลีอิก” : สารพันธุกรรม (DNA, RNA)



[นิวคลีโอไทด์ (Nucletide)]

องค์ประกอบ “ไฟโตอะเล็กซิน และ กรดซาลิไซลิก” [ฟีนิลอะลานิน]

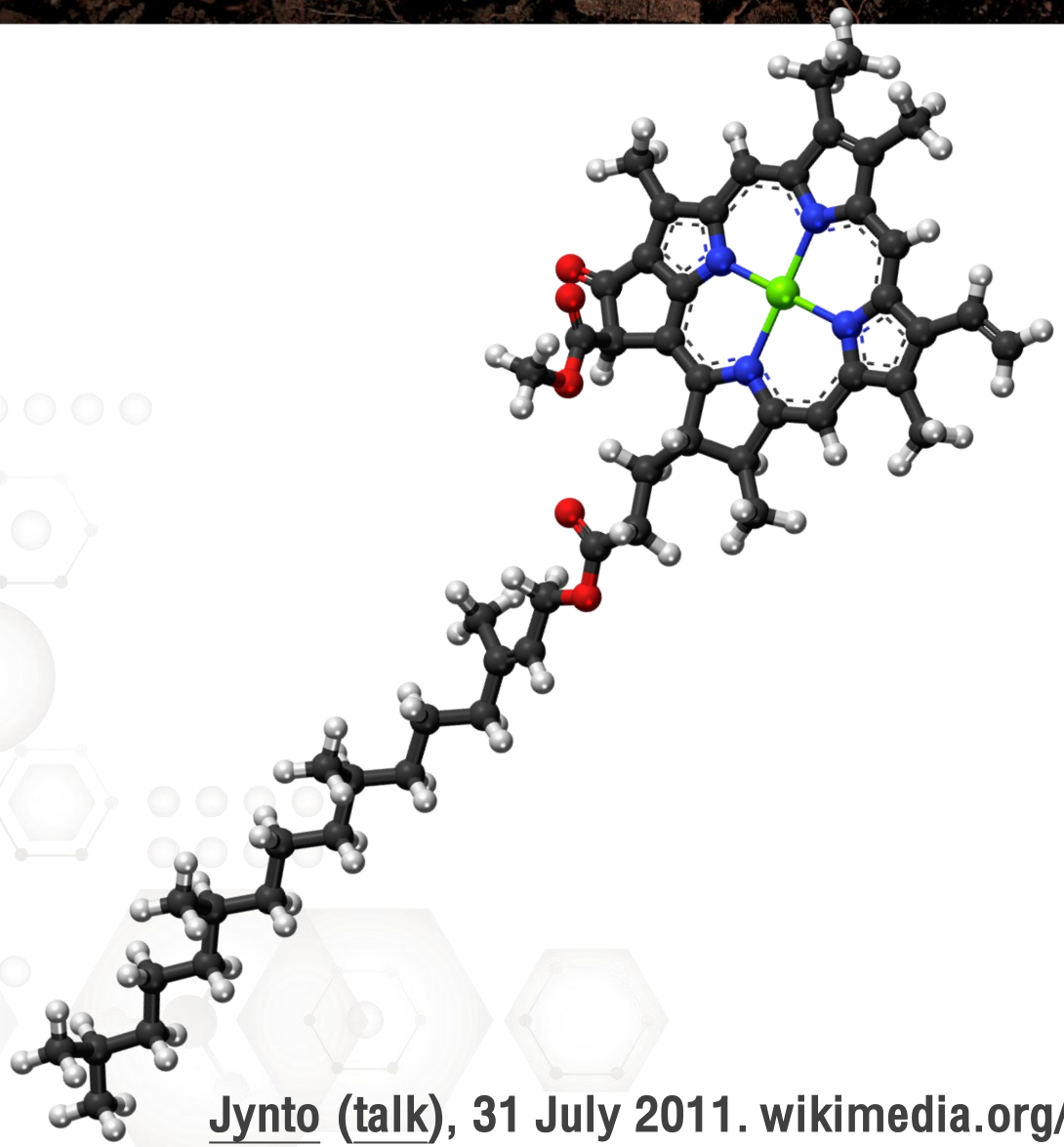
องค์ประกอบ “ATP, ADP, NAD^+, $NADP^+$, FAD และ Co-Enzyme A”

สะสมในรูป “อัลคาลอยด์” เช่น นิโคติน, มอร์ฟีน

บทบาททางสรีระวิทยา เช่น เพปไทด์ และพอลี่เอมีน

ไนโตรเจน ต่อบทบาท “การสังเคราะห์ด้วยแสง”

ที่มา: ยงยุทธ โอสถสภา (2558)



ส่วนหัว (Porphyrin ring)
แมกนีเซียม 1 ตัว (อะตอม)
ไนโตรเจน 4 ตัว (อะตอม)

ส่วนหาง (Phytol tail)

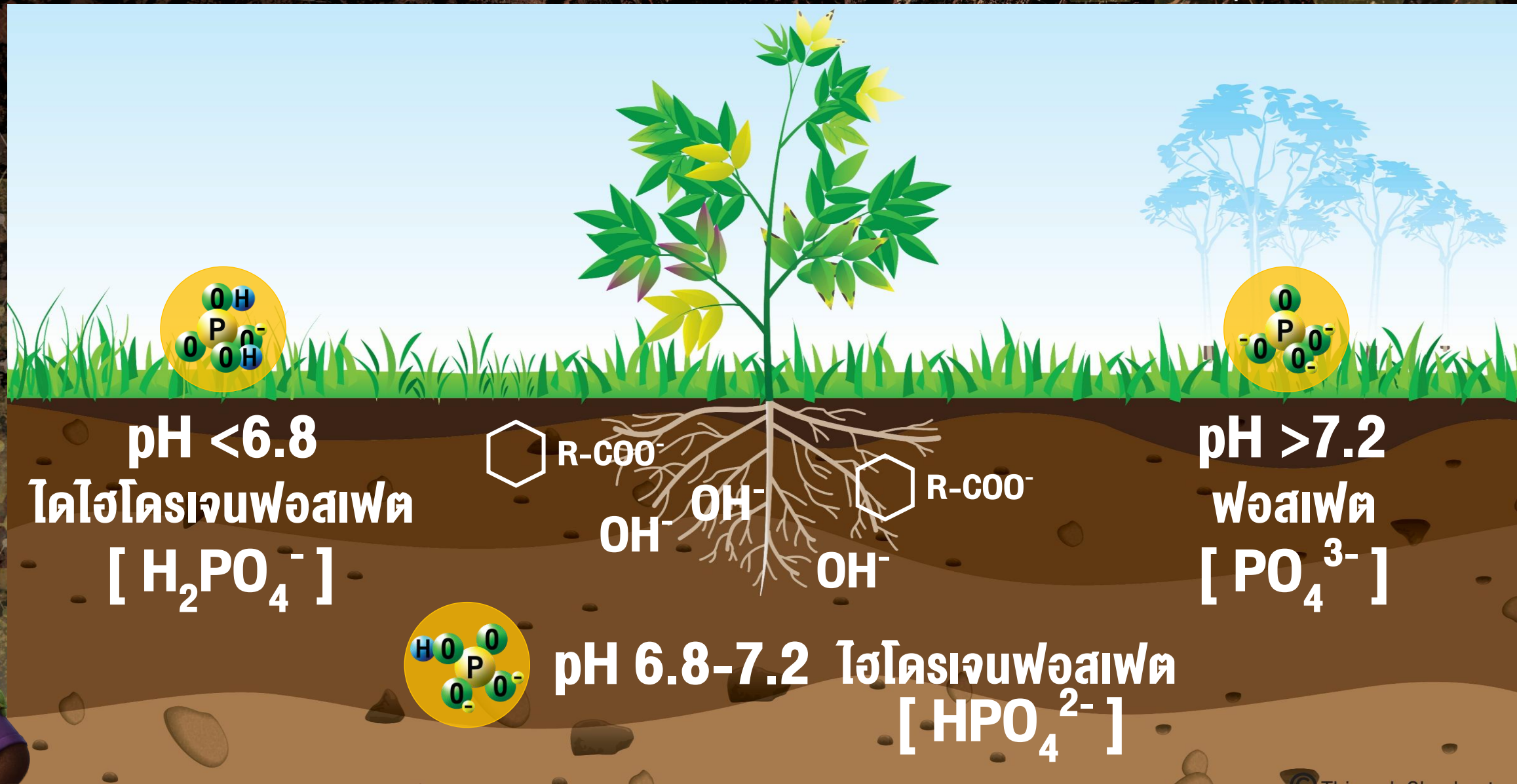
Jynto (talk), 31 July 2011. wikimedia.org/wiki/File:Chlorophyll-a-3D-balls.png

มาร์ดูใบ

ฟอสฟอรัส
(Phosphorus : P)

พืชดูดธาตุฟอสฟอรัสในรูป : ฟอสเฟต

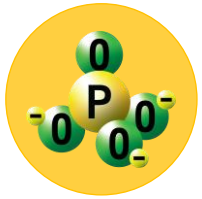
ที่มา: ยงยุทธ โอสถสภา (2558)



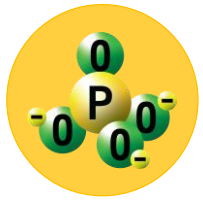
การใช้ประโยชน์ฟอสฟอรัสของพืช

ที่มา: ยงยุทธ โอสถสภา (2558)

P = 5-15%
นำไปใช้ (เมตาบิลิซึม)



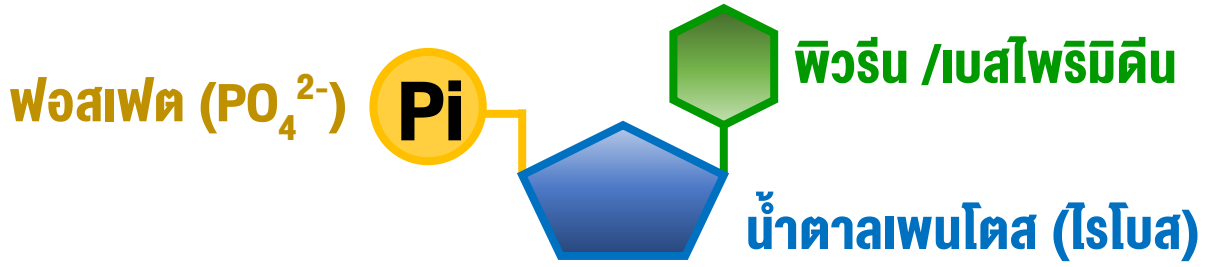
P = 85-95%
เก็บสำรอง ในถุงเก็บสาร
(ถุงแวคิวโอล : Vacuole)



บทบาทของธาตุหลัก : ฟอสฟอรัส (P)

ที่มา: ยงยุทธ โอสถสภา (2558)

องค์ประกอบ “กรดนิวคลีอิก” : สารพันธุกรรม (DNA, RNA)



[นิวคลีโอไทด์ (Nucletide)]

เชื่อมสายพันธุกรรม “DNA” (HPO_4^{2-}) และการทำงานของยีน

องค์ประกอบ “ฟอสโฟลิพิด” ของเยื่อหุ้ม

องค์ประกอบของ “ATP, ADP, NAD^+, $NADP^+$, FAD” (รีไซเคิล ได้)

สะสมในรูป “กรดไฟติก หรือ ไฟเตท” (การงอกของเมล็ดและละอองเรณู)

องค์ประกอบอื่นๆ RuBP (การตรึงคาร์บอน), กลูโคส-6-ฟอสเฟต (ไกลโคไลซีส)

ฟรุกโตส-1-6-ฟอสเฟต (ไกลโคไลซีส กับ วัฏจักรคาลวิน)

มาร์ดูใบ

โพแทสเซียม
(Potassium : K)

การใช้ประโยชน์โพแทสเซียมของพืช : ไอออนอิสระ (K+)

ที่มา: ยงยุทธ โอสถสภา (2558)

โคแฟกเตอร์ /กระตุ้น
(Cofactor /Activator)

เช่น เอนไซม์การสะสมแป้ง, เอทีพีเอส (ATPase), โปรตอน เอทีพีเอส (H^+ ATPase), เอนไซม์รูบิสโค (ตรึงคาร์บอน) และเอนไซม์อื่นๆ มากกว่า 60 ชนิด

มีบทบาทสังเคราะห์โปรตีน เชื่อม tRNA กับไรโบโซม

รักษาสมดุลไอออน
(K^+ /anion)

เป็นไอออนเดียวที่ไม่เป็นพิษต่อเซลล์ (แม้มีในไซโตซอล 100-150 mM)

ควบคุมศักย์ออสโมซีส, ในพืชทำปฏิกิริยา แล้วไม่ตกตะกอน

ทำให้เอนไซม์คงสภาพ-เพิ่มกิจกรรม, รักษาสมดุล pH ในพืช

ควบคุมการเปิด-ปิดปากใบ, ควบคุมการขยายขนาด, รักษาสภาพคลอโรฟิลล์

ควบคุมการเคลื่อนย้ายสารอาหารและธาตุในท่อลำเลียงอาหาร (Phloem loading)

มาร์ดูใบ

ธาตุรอง
(Secondary nutrient element)

บทบาทธาตุรอง : แคลเซียม, แมกนีเซียม และกำมะถัน

ที่มา: ยงยุทธ โอสถสภา (2558)

กำมะถัน (SO_4^{2-}) → **(SO_4^{2-})**

- สังเคราะห์กรดอะมิโน (ซิสเทอีน, เมไทโอนีน)
- สังเคราะห์ซัลโฟลิพิด (เกิดขึ้นในคลอโรพลาสต์)
- เก็บสำรองในถุงเก็บสาร Vacuole

แคลเซียม (Ca^{2+}) → **(Ca^{2+})**

- อยู่ในโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์
- เป็น “โคแฟกเตอร์”

แมกนีเซียม (Mg^{2+}) → **(Mg^{2+})**

- เก็บสำรองใน Vacuole และออร์กาเนลล์ (อวัยวะระดับเซลล์)

เซลล์พืช

บทบาทธาตุรอง : กำมะถัน (S)

ที่มา: ยงยุทธ โอสถสภา (2558)

องค์ประกอบ “กรดอะมิโน” : เมไทโอนิน (Met.) และ ซิสเทอิน (Cys.)

↓

ขจัดอนุมูลอิสระบางตัว (รวมถึงสารพิษอื่นๆ) ← แอสคอร์เบท (วิตามิน ซี) + กลูตาไทโอน (Glutathione)

กลูตามิน (Gln.) + ซีสเทอิน (Cys.) + ไกลซีน (Gly)

↓

Phytochelatin-Cd ← ดักจับโลหะหนัก ← ไฟโตคีเลติน (Phytochelatin)

[กลูตามิน + ซีสเทอิน]$_{n2-11}$ + ไกลซีน (Gly)

องค์ประกอบ “ไฟโตโครม” เช่น ควบคุมการงอกของเมล็ด

องค์ประกอบ “สารระเหย” เช่น อัลลีอีน, กลูโคซิโนเลต, น้ำมันมาสตาร์ด

บทบาทธาตุรอง : แคลเซียม (Ca)

ที่มา: ยงยุทธ โอสถสภา (2558)

เป็นแคลเซียม-แพกเตท

ส่งเสริมการปฏิสนธิ, การงอกของเมล็ด (เป็นโคแฟกเตอร์ย่อยแป้ง, เร่งการยืดของโคลีออปไทด์)

รักษาสภาพเยื่อหุ้ม (ควบคุมคัดเลือกการดูดไอออน, ป้องกันการรั่วไหลของสาร, ป้องกันเยื่อหุ้มเสื่อมสภาพจากภาวะวิกฤต)

เป็นตัวนำรหัสสัญญาณที่ 2

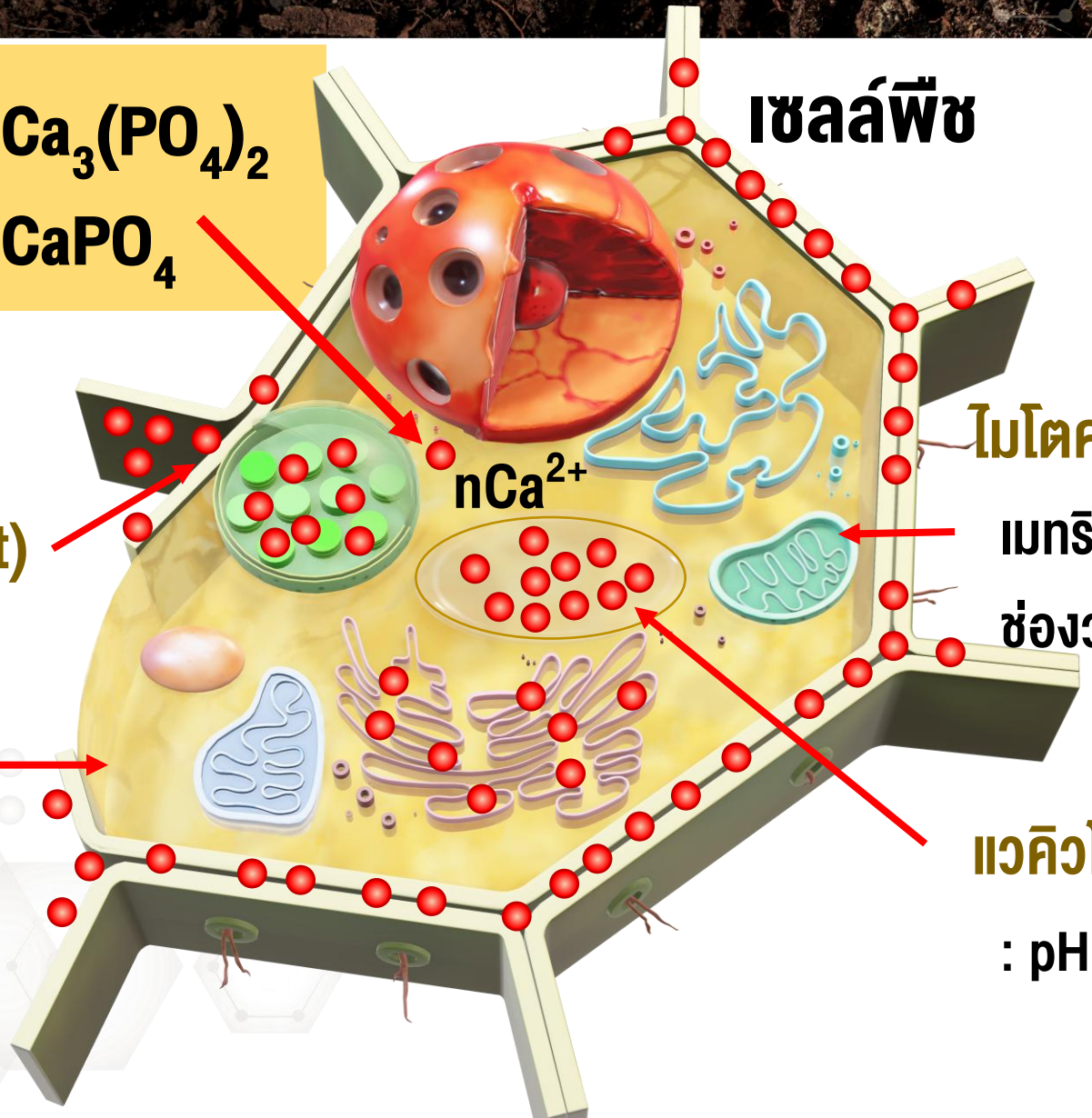
การกระจายตัวของแคลเซียม - ดำรงดุลแคลเซียม

ที่มา: ยงยุทธ โอสถสภา (2558)

$$3Ca^{2+} + 2PO_4^{3-} \longrightarrow Ca_3(PO_4)_2$$

$$Ca^{2+} + HPO_4^{2-} \longrightarrow CaPO_4$$

● = แคลเซียม



อะโพพลาสต์ (Apoplast)

: pH 4-5

ไซโทซอล (Cytosol)

: pH 7.4, -120 mV

ไมโตคอนเดรีย (Mitochondria)

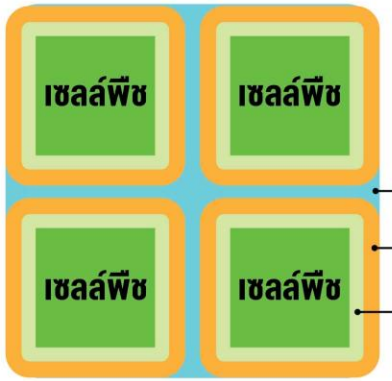
เมทริกซ์ : pH 8, -80 mV

ช่องว่างเยื่อหุ้ม : pH 7, -240 mV

แวคิวโอล (Vecuole)

: pH 5.5, -90 mV

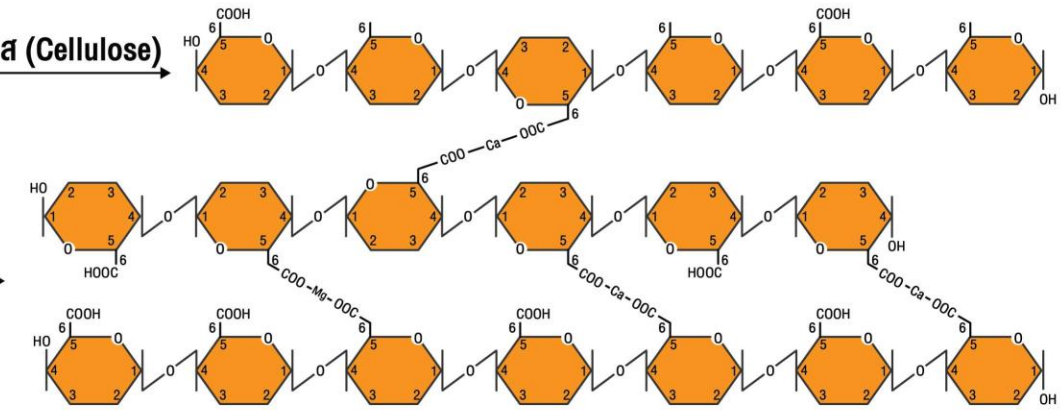
แคลเซียม เชื่อมไขว้สายโซ่เซลลูโลส

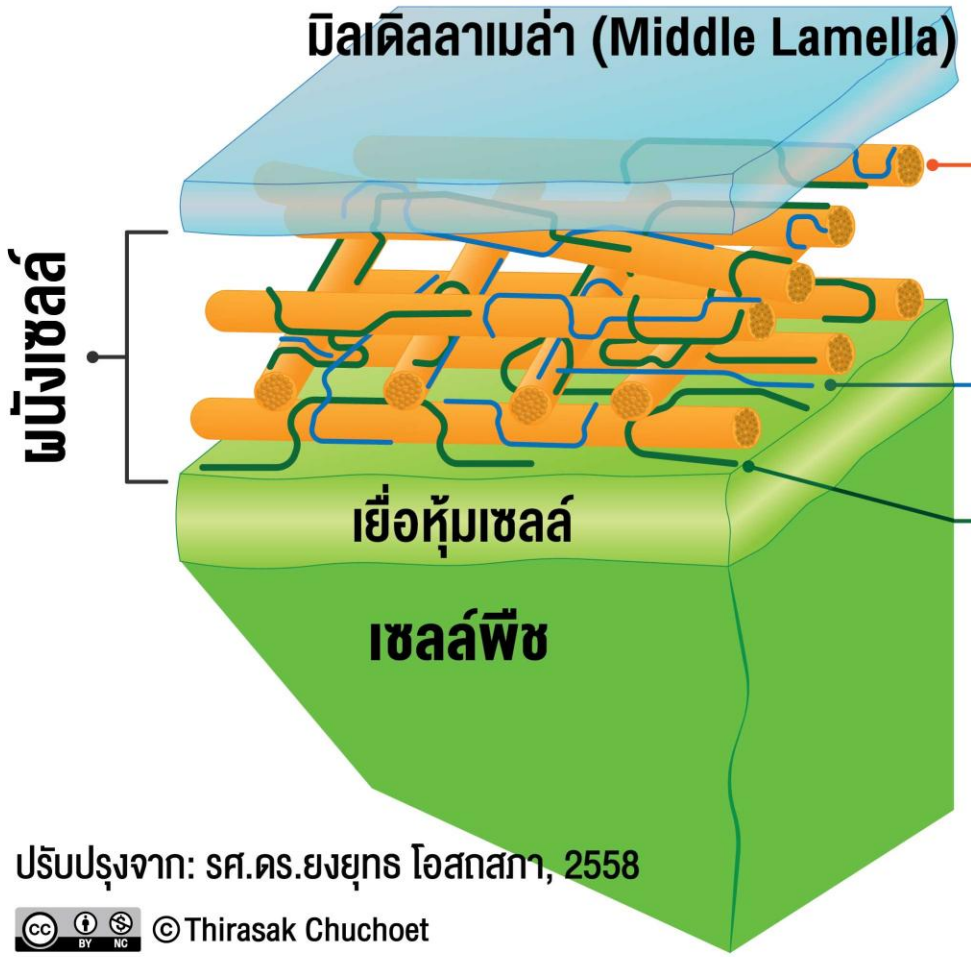


มิลเดิลลาเมล่า (Middle Lamella)

ผนังเซลล์ (Cell wall)

เยื่อหุ้มเซลล์ (Cell membrane)

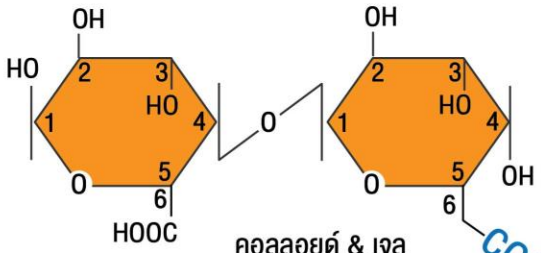


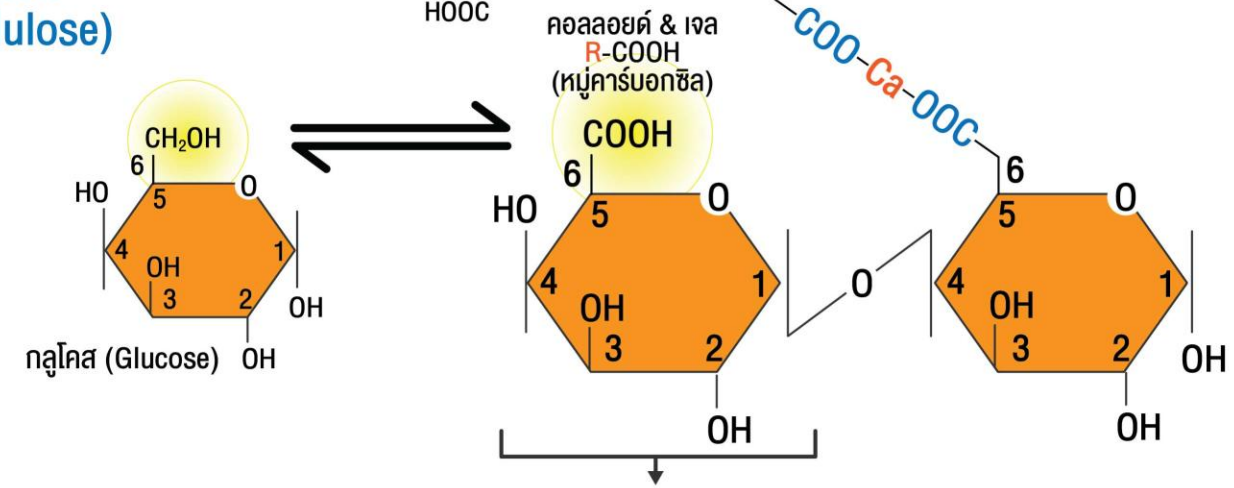


เส้นใยเซลลูโลส
(Cellulose Microfibril)

เฮมิเซลลูโลส
(Hemicellulose)

เพกติน
(Pectin)





กรดเพกติก (Pectic acid)

ปรับปรุงจาก: รศ.ดร.ยงยุทธ โอสถสภา, 2558

แคลเซียม : เป็นตัวนำรหัสสัญญาณที่ 2

ที่มา: ยงยุทธ โอสถสภา (ไม่ทราบปีพิมพ์)

อะโพพลาสต์

ไซโทซอล

1. กระตุ้น

ตัวรับ

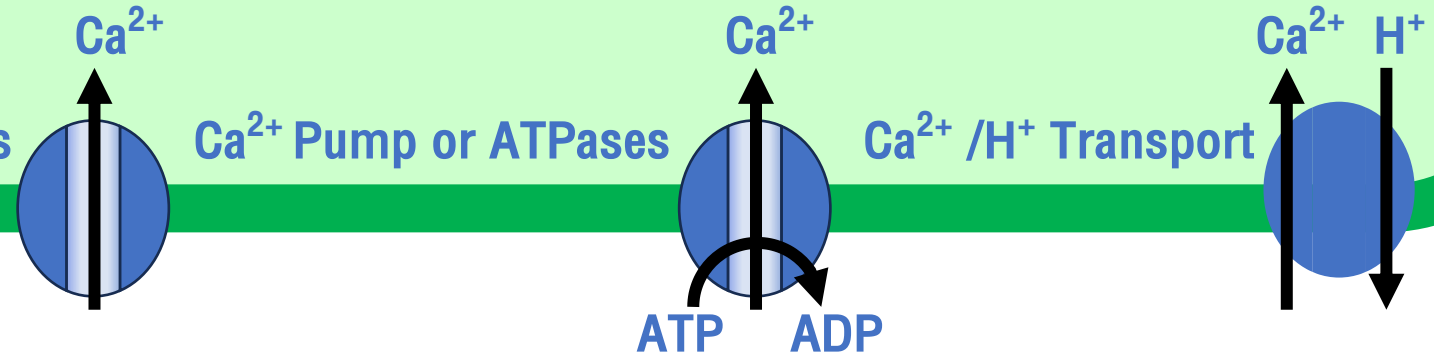
เซนเซอร์โปรตีน
- Calmodulin (CaM)
- Calmodulin-like (CML)
- Ca^{2+} dependent protein kinases (CDPKs)

2. ถ่ายทอดสัญญาณ

ตัวถ่ายทอดสัญญาณ เช่น Ca^{2+}, ไซคลิก นิวคลีโอไทด์, ฟอสโฟลิพิด, น้ำตาล, กระอะมิโน

3. การตอบสนอง

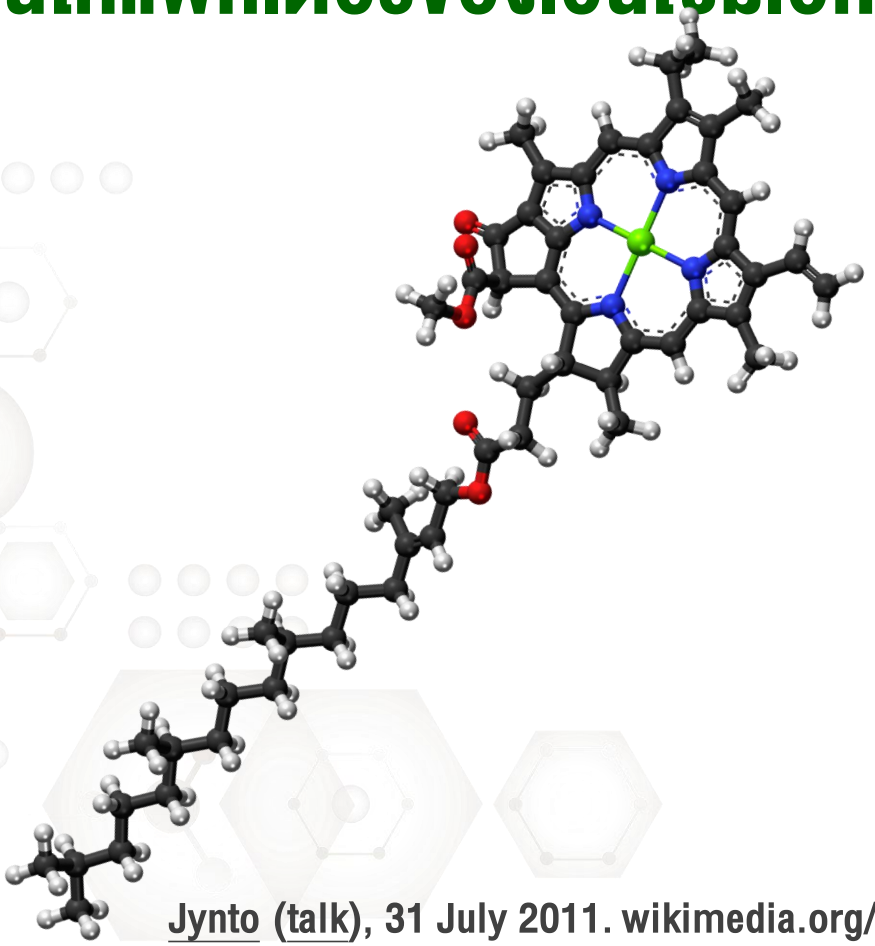
- ไมโตคอนเดรีย
- แวคลิโอล
- คลอโรพลาสต์
- ร่างแหเอนโดพลาซึม



บทบาทธาตุรอง : แมกนีเซียม (Mg)

ที่มา: ยงยุทธ โอสถสภา (2558)

เป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์ ที่ใช้ตรึงคาร์บอน (สังเคราะห์แสง)
เป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์เอทีพีเอส (ATPase)



ส่วนหัว (Porphyrin ring)
แมกนีเซียม 1 ตัว (อะตอม)
ไนโตรเจน 4 ตัว (อะตอม)

ส่วนหาง (Phytol tail)

Jynto (talk), 31 July 2011. wikimedia.org/wiki/File:Chlorophyll-a-3D-balls.png

มาร์ดูใบ

จุลธาตุ
(Micronutrient)

บทบาทของจุลธาตุ (ธาตุเสริม) ต่อการต้านอนุมูลอิสระ

ที่มา: ยงยุทธ โอสถสภา (2558)

[ไมโตคอนเดรีย] → Mn-SOD (Mn = โคแฟกเตอร์)

[ไซโตพลาสซึม] → Cu/Fe-SOD (Cu = โคแฟกเตอร์, Fe = โครงสร้าง)

[คลอโรพลาสต์] → Fe-SOD (Fe เป็นโคแฟกเตอร์)

$O_2^{\bullet}$ (ซุปเปอร์ออกไซด์) + SOD (ซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส) → H_2O_2 (ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์) + Catalase [เพอออกซิโซม] (แคทตาเลส)

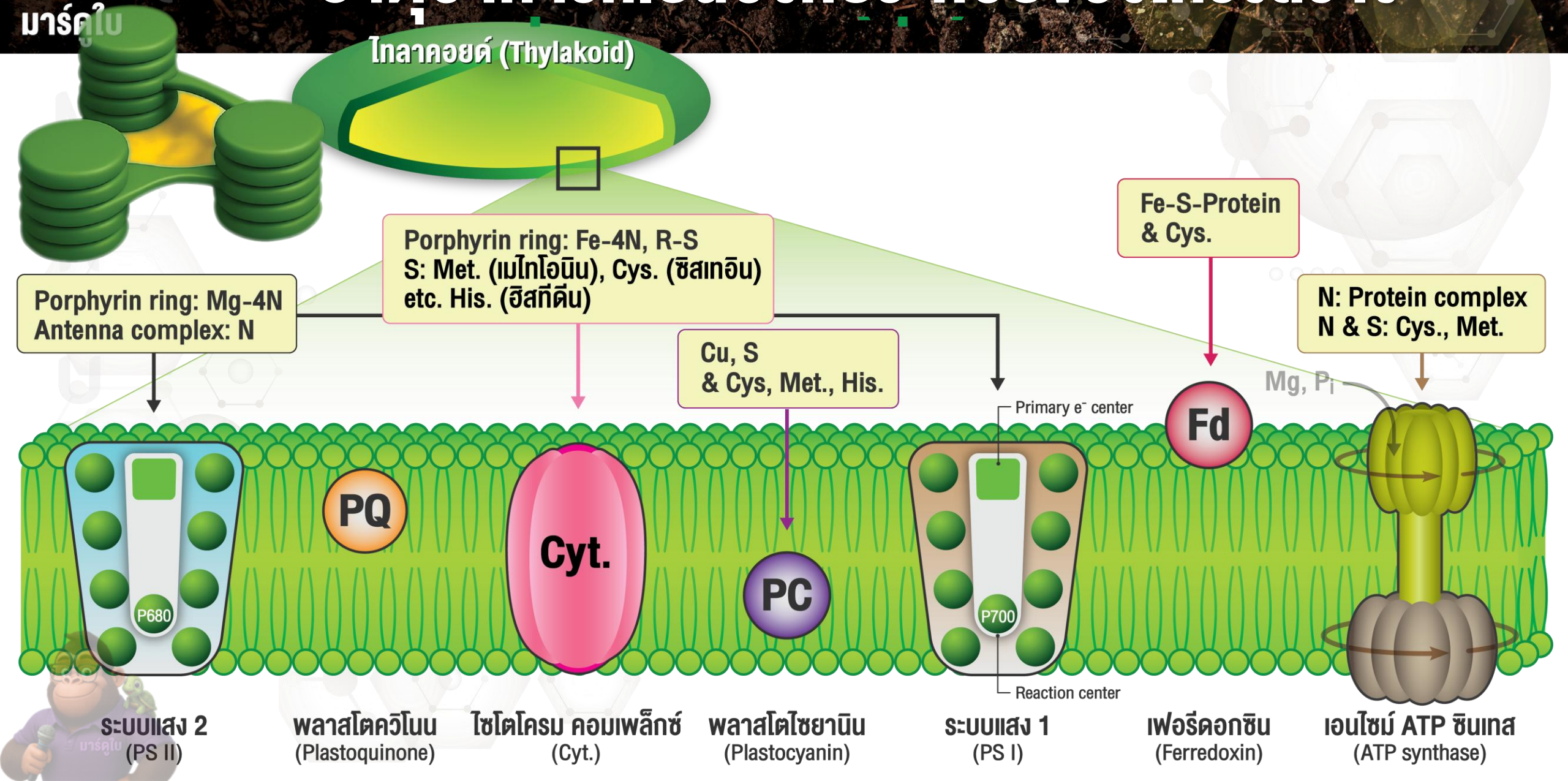
หรือ

Ascorbate peroxidase (แอสคอร์เบท เพอร์ออกซิเดส) [ไซโตซอล]

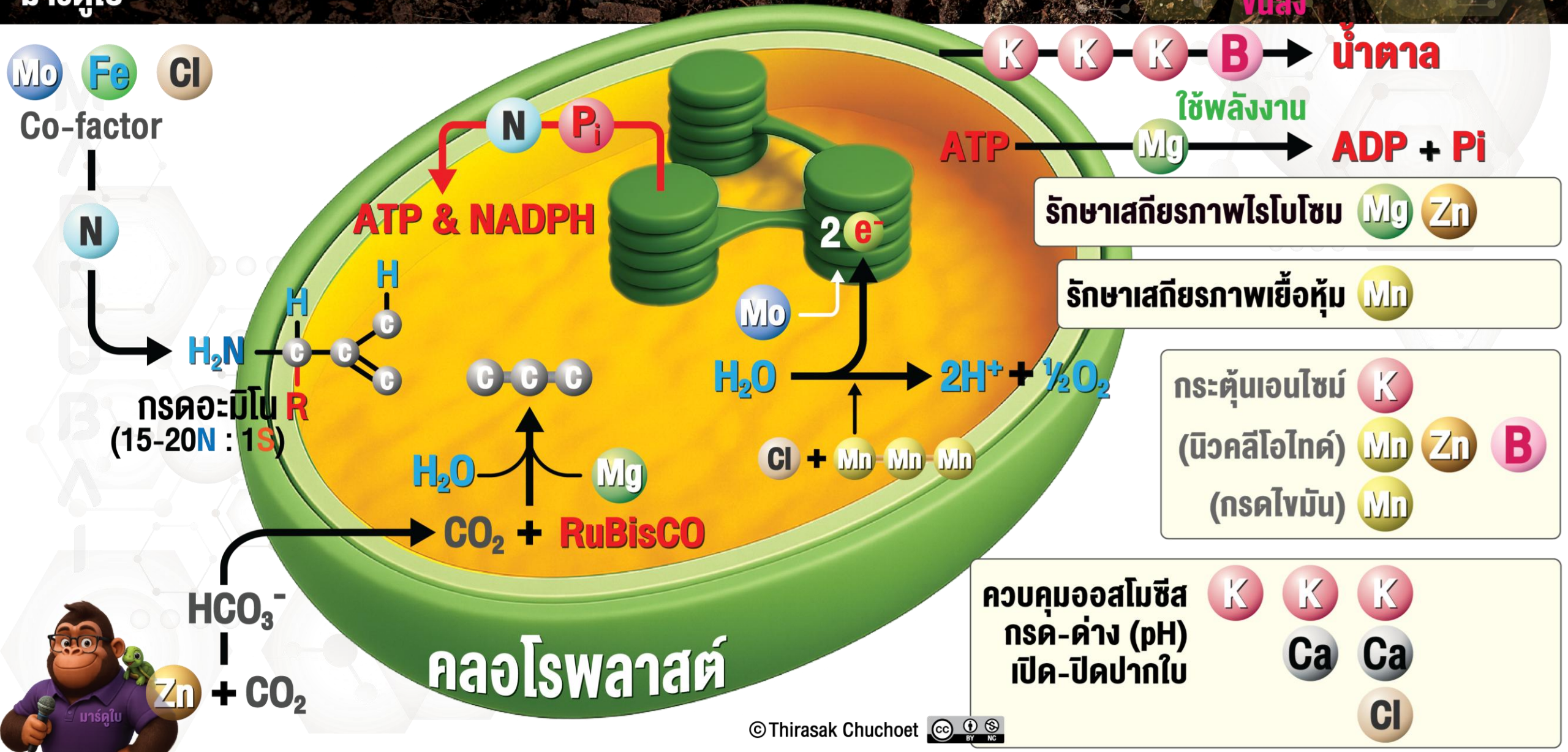
→ น้ำ และ ½ ก๊าซออกซิเจน

* ไอออนอิสระของจุลธาตุบางตัว เช่น เหล็ก และทองแดง สร้างอนุมูลอิสระได้เช่นกัน ซึ่งเกิดจาก H_2O_2

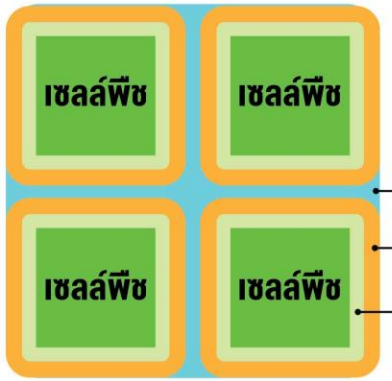
ธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบของโครงสร้าง

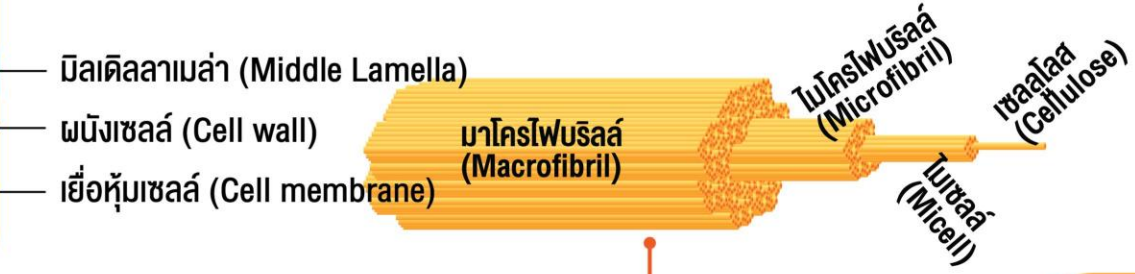


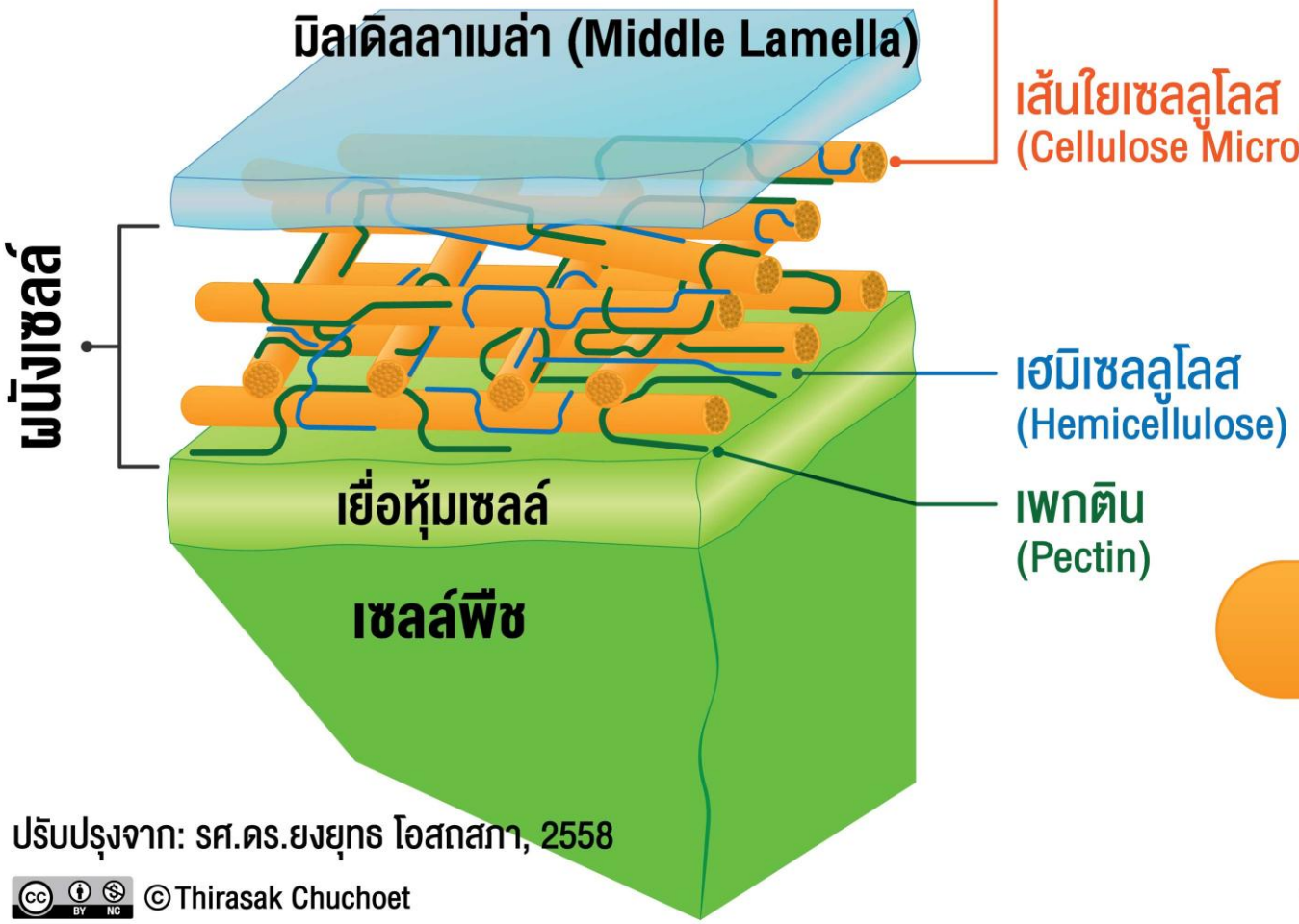
ธาตุอาหารที่ไม่เป็นองค์ประกอบของโครงสร้าง

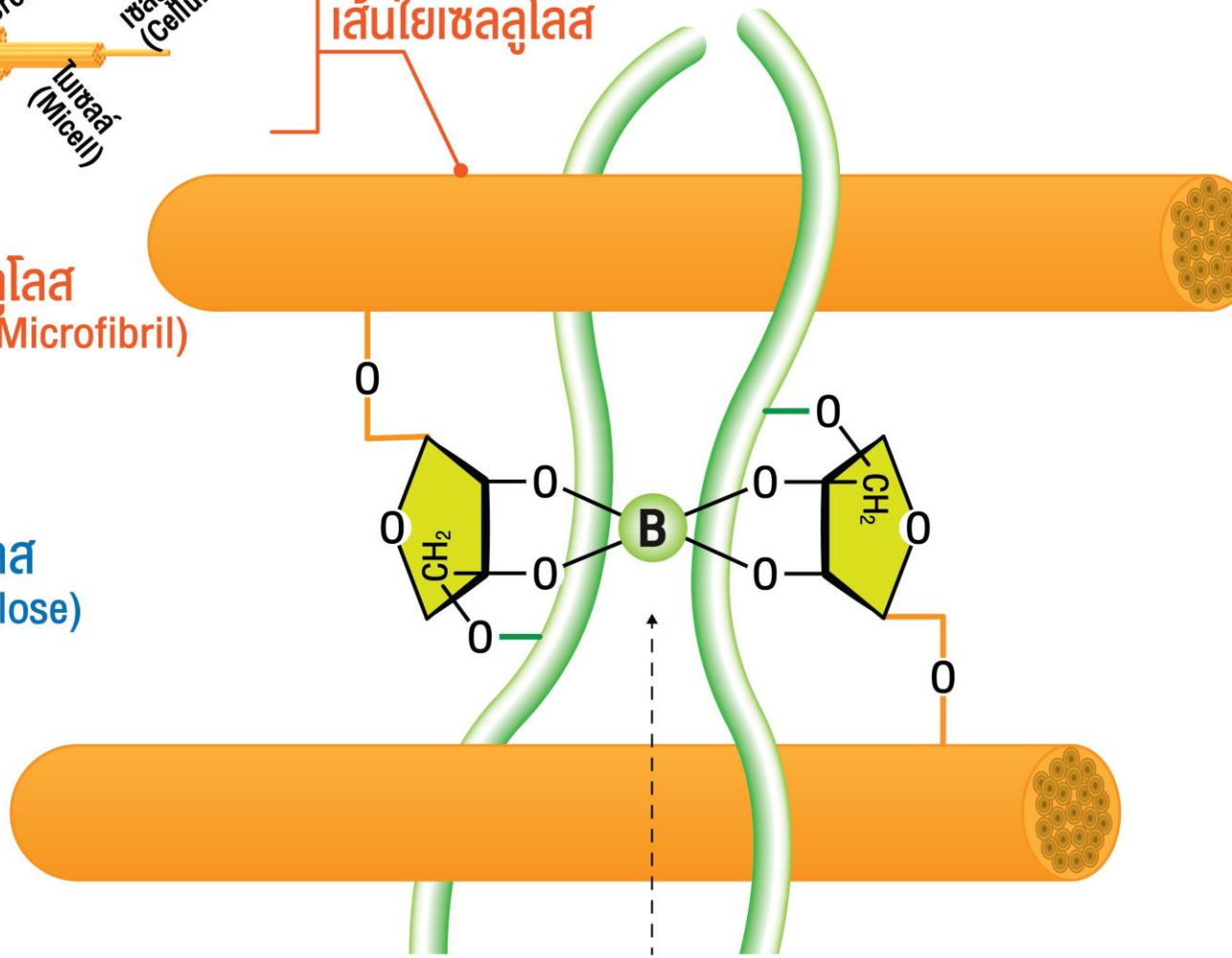


โบรอน เชื่อมเส้นใยเซลลูโลส









$$B(OH)_3 + H_2O \longrightarrow B(OH)_4^- + H^+$$

(กรดบอริกละลายน้ำ) (บอเรต)

ปรับปรุงจาก: รศ.ดร.ยงยุทธ โอสถสภา, 2558

การมีไนเตรทในเนื้อเยื่อมากเกินไป อาจทำให้เกิดการขาดธาตุเหล็ก

H^+ H^+ H^+

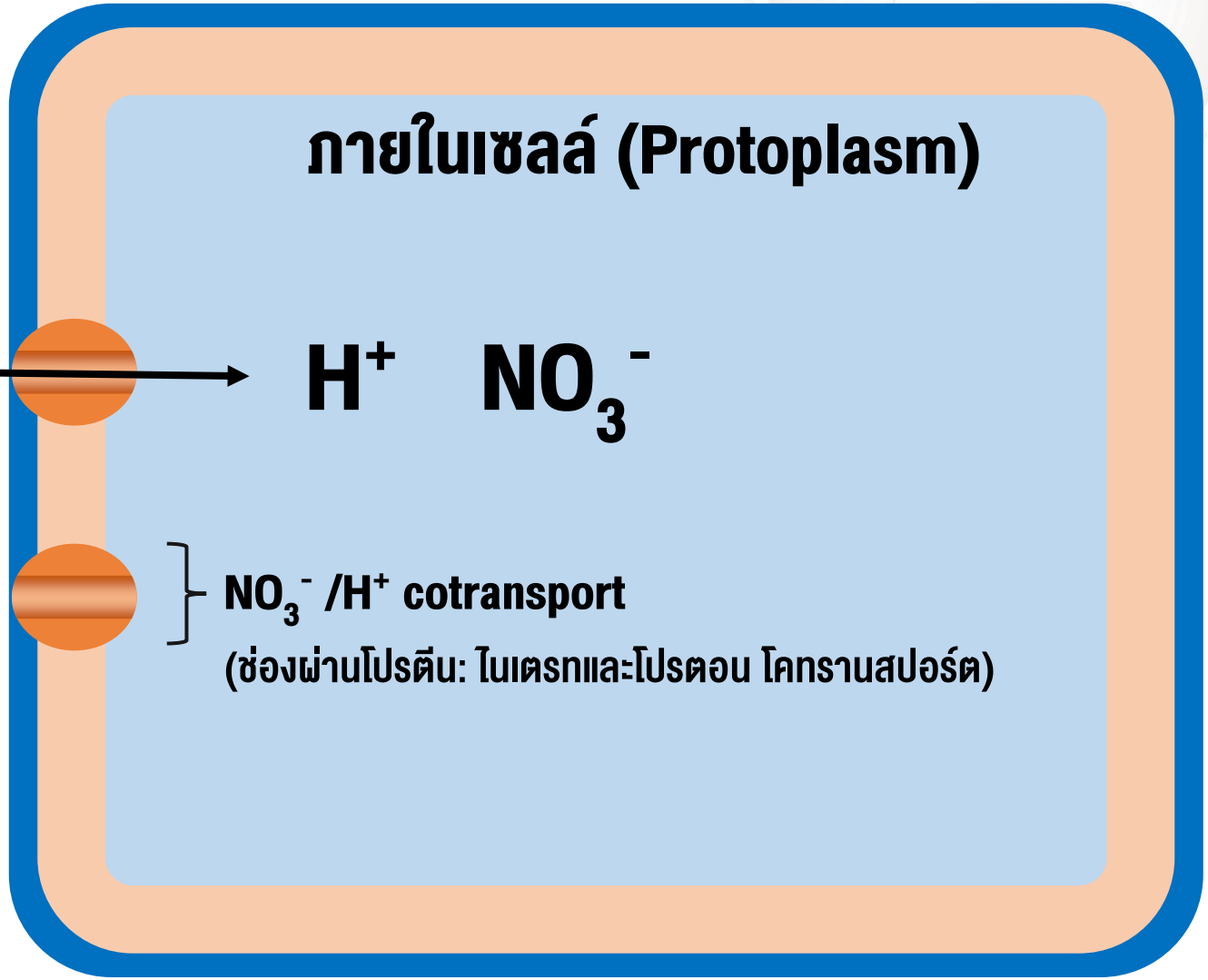
H^+ ลดลง, pH เพิ่ม

ลดกิจกรรม

Fe (III)-reductase

H^+

NO_3^-



มาร์ดูใบ

อาการขาดธาตุ
(Plant deficiency)

การเคลื่อนที่ (Mobility) ของธาตุในโฟลเอ็ม (Phloem)

ที่มา: ยงยุทธ โอสถสภา (2558)

การเคลื่อนที่ (Mobility) *โดยประมาณ

เคลื่อนที่ได้ต่ำ (Low)

- Ca แคลเซียม
- B โบรอน

เคลื่อนปานกลาง (Intermediate)

- Fe เหล็ก
- Mn แมงกานีส
- Zn สังกะสี
- Cu ทองแดง
- Mo โมลิบดินัม

เคลื่อนที่ได้สูง (High)

- N ไนโตรเจน
- P ฟอสฟอรัส
- K โพแทสเซียม
- Mg แมกนีเซียม
- S กำมะถัน
- Cl คลอรีน
- B โบรอน

อาการขาดธาตุอาหารของพืช

อาการขาดเกิดขึ้นที่ใบอ่อน :

จุลธาตุ /ธาตุอาหารเสริม : พบบ่อย เช่น เหล็ก สังกะสี แมงกานีส และโบรอน , ไม่ค่อยพบ เช่น ทองแดง โมลิบดินั่ม คลอรีน นิเกิล (โบรอน : เกาแตก ลำต้นกลวง ไส้ผลล้ม)

ธาตุรอง : แคลเซียม และจุลธาตุ โบรอน พบที่ยอดอ่อน ดอก ผล

อาการขาดเริ่มจาก/พบมากในใบพึ่งแก่ :

ธาตุรอง : แมกนีเซียม, กำมะถัน

อาการขาดเกิดขึ้นกับใบล่างก่อนเสมอ :

ธาตุหลัก : ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (โพแทสเซียม : ผลใกล้สุกแก่)

พืชผัก, ไม้ดอกไม้ประดับ, พืชไร่ พืชล้มลุก

อาการขาดธาตุอาหารของพืช

อาการขาดเกิดขึ้นที่ใบอ่อน :

จุลธาตุ /ธาตุอาหารเสริม : พบบ่อย เช่น เหล็ก สังกะสี แมงกานีส และโบรอน , ไม่ค่อยพบ เช่น ทองแดง โมลิบดินั่ม คลอรีน นิเกิล (โบรอน : ผลก่อนระยะเก็บเกี่ยว)

ธาตุรอง : แคลเซียม และจุลธาตุ โบรอน พบที่ยอดอ่อน ดอก ผล

อาการขาดเริ่มจาก/พบมากในใบพึ่งแก่ :

ธาตุรอง : แมกนีเซียม, กำมะถัน

อาการขาดเกิดขึ้นกับใบล่างก่อนเสมอ :

ธาตุหลัก : ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม (โพแทสเซียม : ผลก่อนระยะเก็บเกี่ยว)

พืชผัก, ไม้ดอกไม้ประดับ, พืชไร่ พืชล้มลุก

อาการขาดธาตุอาหารของพืช

อาการขาดธาตุอาหารของพืชเกิดขึ้นจากหลายปัจจัย.!!

ตัวอย่างสาเหตุการขาดธาตุ เช่น

1. คุณสมบัติชนิดของดิน : ดินทรายไม่ดูดซับธาตุ ดินเหนียวจะดูดซับและตรึงธาตุประจุบวกไว้แน่น จนพืชนำไปใช้ได้ยาก
2. pH ของดิน : มีผลโดยตรงต่อการละลายและความเป็นประโยชน์ของธาตุ pH 5.5-6.8 เหมาะสม
3. ดินขาดอินทรียวัตถุ : อินทรีย์วัตถุช่วยดูดซับธาตุและค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุ
4. การใส่ปุ๋ยไม่ครบ หรือใส่ปุ๋ยธาตุใดธาตุหนึ่งมากเกินไป
5. ฟ้าปิดฝนตกต่อเนื่องนานมากกว่า 4-5 วัน หรืออุณหภูมิสูง มีลมโชย พืชคายน้ำมากกว่าปกติ ทำให้ขาดแคลเซียม และโบรอน ฯลฯ

ลักษณะอาการขาด : จุลธาตุ (ที่พบบ่อย)

อาการขาดธาตุอาหารของพืช

อาการขาดธาตุสังกะสี (Zinc deficiency)

อาการขาดธาตุสังกะสี (Zinc deficiency)

อาการขาดธาตุแมงกานีส (Manganese deficiency)

อาการขาดธาตุแมงกานีส (Manganese deficiency)

อาการขาดธาตุแมงกานีส (Manganese deficiency)

อาการขาดธาตุแมงกานีส (Manganese deficiency)

อาการขาดธาตุแมงกานีส (Manganese deficiency)

อาการขาดธาตุเหล็ก (Iron deficiency)

อาการขาดธาตุเหล็ก (Iron deficiency)

อาการขาดธาตุเหล็ก (Iron deficiency)

อาการขาดธาตุเหล็ก (Iron deficiency)

อาการขาดเป็น “แพ็คเกจ”

โรคเข้าซ้ำ

ขาดธาตุเป็น “แพ็คเกจ” เหล็ก (Fe)+สังกะสี (Zn)+แมงกานีส (Mn)

ขาดธาตุเป็น “แพ็คเกจ” เหล็ก (Fe)+สังกะสี (Zn)+แมงกานีส (Mn)

ขาดธาตุเป็น “แพ็คเกจ” เหล็ก (Fe)+สังกะสี (Zn)+แมงกานีส (Mn)

ขาดธาตุเป็น “แพ็คเกจ” เหล็ก (Fe)+สังกะสี (Zn)+แมงกานีส (Mn)

ขาดธาตุเป็น “แพ็คเกจ” เหล็ก (Fe)+สังกะสี (Zn)+แมงกานีส (Mn)

อาการขาดธาตุแมกนีเซียม (Magnesium deficiency)

อาการขาดธาตุแมกนีเซียม (Magnesium deficiency)

อาการขาดธาตุแมกนีเซียม (Magnesium deficiency)

อาการขาดธาตุแมกนีเซียม (Magnesium deficiency)

อาการขาดธาตุแคลเซียม (Calcium deficiency)

อาการขาดธาตุแคลเซียม (Calcium deficiency)

อาการขาดธาตุแคลเซียม (Calcium deficiency)

Photo by: Hoong Zhun Chan

Photo by: Hoong Zhun Chan

Photo by: Hoong Zhun Chan

อาการขาดธาตุแคลเซียม (Calcium deficiency)

อาการเตาเผา

เนื้อดำ

เนื้อแข็งเป็นไต

อาการขาดธาตุโบรอน (Boron deficiency)

อาการขาดธาตุโบรอน (Boron deficiency)

อาการขาดธาตุโบรอน (Boron deficiency)

อาการธาตุโบรอนเป็นพิษ (Boron toxicity)

ทุเรียน “มีแนวโน้ม” ต้องการธาตุโบรอนมาก (แต่ไม่ควรใส่ทางดิน)

อาการธาตุโบรอนเป็นพิษ (Boron toxicity)

อาการขาดธาตุโพแทสเซียม (Potassium deficiency)

อาการขาดธาตุโพแทสเซียม (Potassium deficiency)

อาการขาดธาตุโพแทสเซียม (Potassium deficiency)

ขอบใบเหลืองเหมือนภาษาอังกฤษตัว V

อาการขาดธาตุโพแทสเซียม (Potassium deficiency)

ขอบใบเหลืองเหมือนภาษาอังกฤษตัว V

อาการขาดธาตุโพแทสเซียม (Potassium deficiency)

แพ็กเกจ โพแทสเซียม (บน)-แมกนีเซียม (ล่าง)

อาการขาดธาตุโพแทสเซียม (Potassium deficiency)

อาการขาดธาตุโพแทสเซียม (Potassium deficiency)

อาการขาดธาตุโพแทสเซียม (Potassium deficiency)

อาการขาดธาตุโพแทสเซียม (Potassium deficiency)

อาการขาดธาตุโพแทสเซียม (Potassium deficiency)

ภาวะ “โรคแทรกซ้อน” (โรคใบจุด-ขอบใบไหม้ เชื้อรา “โพมอฟซีส”)

อาการขาดธาตุโพแทสเซียม (Potassium deficiency)

อาการขาดโพแทสเซียมรุนแรงมาก (สวนนี้ปลูกในพื้นที่ดินทรายจัด)

อาการขาดธาตุโพแทสเซียม (Potassium deficiency)

ทุเรียน “เนื้อลายเสือ” เมื่อสุกแก่จะสุกครึ่ง-ไม่สุกครึ่ง (กินไม่ได้)

อาการขาดธาตุโพแทสเซียม (Potassium deficiency)

ใน 1 เม็ด นิ่มฝั่งหนึ่ง-อีกฝั่งเนื้อแข็งไม่มีรสชาติ

อาการปลายใบไหม้ ที่แลดูคล้ายอาการขาดธาตุ

อาการปลายใบไหม้ ที่เกิดจากความเค็ม (Salt toxicity)

อาการปลายใบไหม้ ที่เกิดจากความเค็ม (Salt toxicity)

ขอบใบเหลืองเหมือนภาษาอังกฤษตัว V

อาการปลายใบไหม้ ที่เกิดจากความเค็ม (Salt toxicity)

อาการปลายใบไหม้ ที่เกิดจากความเค็ม (Salt toxicity)

อาการปลายใบไหม้เกิดขึ้นมาได้สักพักใหญ่ (จนบางครั้งหาต้นตอไม่พบ)

อาการปลายใบไหม้ ที่เกิดจากความเค็ม (Salt toxicity)

อาการปลายใบไหม้เกิดขึ้นมาได้สักพักใหญ่ (จนบางครั้งหาต้นตอไม่พบ)

ปลายใบ-ขอบใบเหลือง และไหม้ จากโซเดียม (Sodium toxicity)

น้ำที่ใช้รดเป็น “น้ำที่บำบัดวิธีการทั่วไป ใกล้โรงงาน” เมื่อนำน้ำไปตรวจ พบ “โซเดียมเข้มข้น”

ปลายใบ-ขอบใบเหลือง และไหม้ จากโซเดียม (Sodium toxicity)

ปลายใบ-ขอบใบเหลือง และไหม้ จากโซเดียม (Sodium toxicity)

เมื่อนำน้ำไปตรวจ พบ “โซเดียมเข้มข้น”

ปลายใบ-ขอบใบเหลือง และไหม้ จากโซเดียม (Sodium toxicity)

เมื่อนำน้ำไปตรวจ พบ “โซเดียมเข้มข้น”

ปลายใบ-ขอบใบไหม้ จากซิงค์ออกไซด์ (Zinc toxicity)

ปลายใบ-ขอบใบไหม้ จากซิงค์ออกไซด์ (Zinc toxicity)

ปลายใบ-ขอบใบไหม้ จากซิงค์ออกไซด์ (Zinc toxicity)

อาการใบเหลืองจากไส้เดือนฝอยศัตรูพืช (Nematodes)


มาร์ดูใบ
MARDUBAI
อาการใบเหลืองคล้ายอาการขาดธาตุ แต่มีความแตกต่าง
©Thirasak Chuchoet
©Thirasak Chuchoet


มาร์ดูใบ
MARDUBAI
มาร์ดูใบ
©Thirasak Chuchoet


©Thirasak Chuchoet


MARDUBAI
มาร์ดูใบ
มาร์ดูใบ


©Thirasak Chuchoet


©Thirasak Chuchoet


MARDUBAI
มาร์ดูใบ
มาร์ดูใบ
© Thirasak Chuchoet


MARDUBAI
มาร์ดูใบ
มาร์ดูใบ
© Thirasak Chuchoet


© Thirasak Chuchoet


MARDUBAI
มาร์ดูใบ
มาร์ดูใบ


มาร์ดูใบ


MARDUBAI
มาร์ดูใบ
มาร์ดูใบ


MARDUBAI
มาร์ดูใบ
มาร์ดูใบ


MARDUBAI
มาร์ดูใบ
มาร์ดูใบ

ใบเหลืองผิดปกติจากไนโตรฟิโนเลต (Excessive Ethylene)

ใบเหลืองผิดปกติจากไนโตรฟิโนเลต (Excessive Ethylene)

เหลืองผิดปกติจากไนโตรฟิโนเลต (Excessive Ethylene)

เหลืองผิดปกติจากไนโตรฟิโนเลต (Excessive Ethylene)

การทิ้งผลที่ตัดแต่ง/หลุดร่วง และผลสุกแม้ตัดลงมาแล้ว


MARDUBAI
มาร์ดูใบ
เฮ้อ.!!
ฟังแล้วท้อ..
ยิ่งฟัง-ยิ่งเหนื่อยใจ.!!
มาร์ดูใบ