

PENGARUH PERUBAHAN IKLIM TERHADAP FISILOGI TANAMAN



Dosen Pengampu: Prof. Bambang Pudjiasmanto

Outline

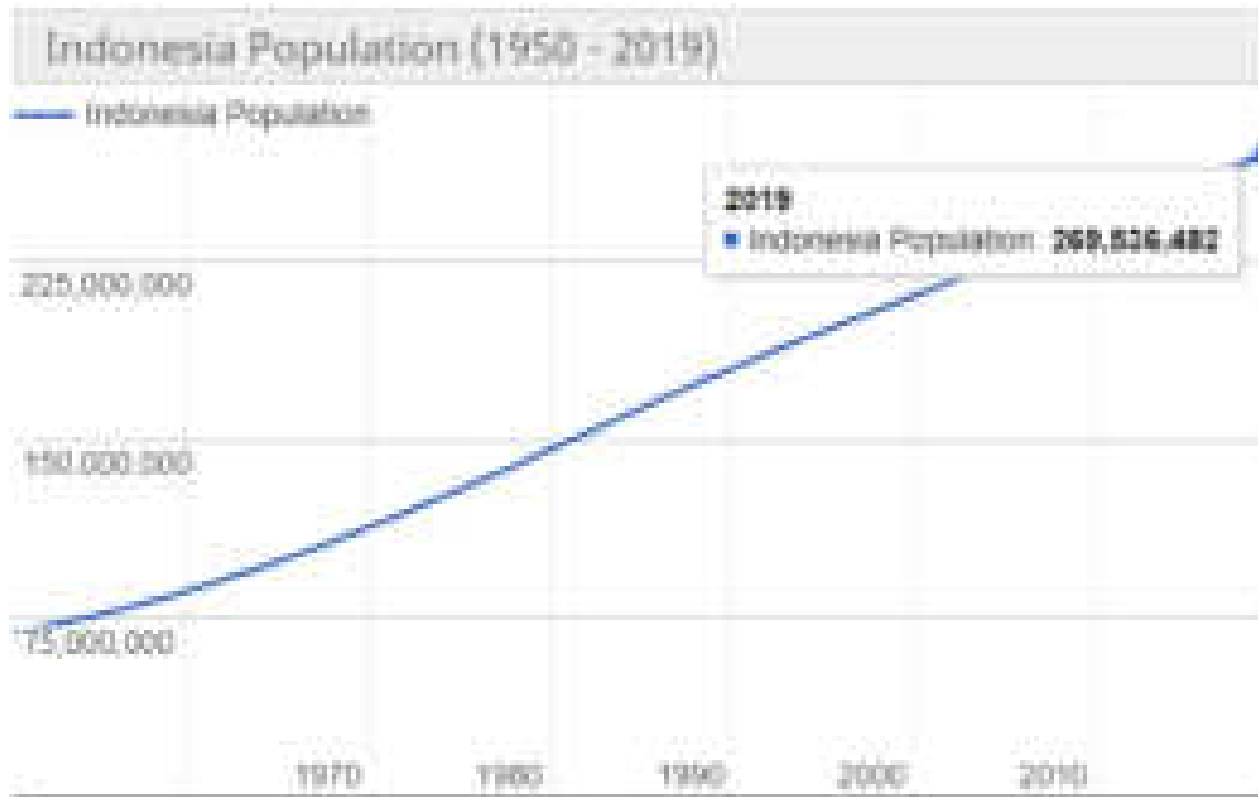
1. Pendahuluan

2. Perubahan Iklim dan Dampak

3. Respon Fisiologi

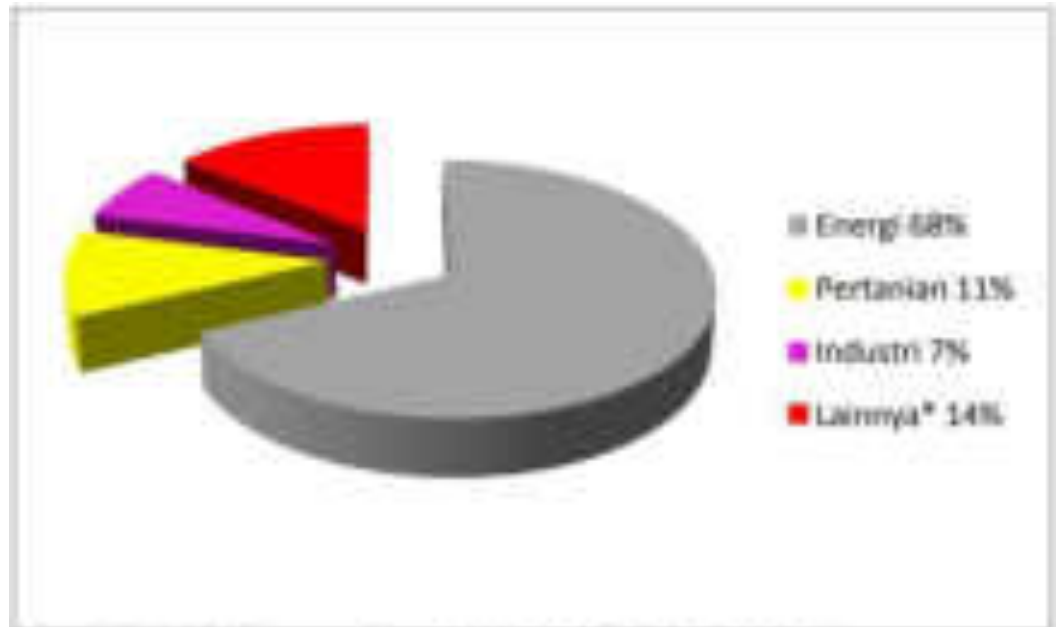
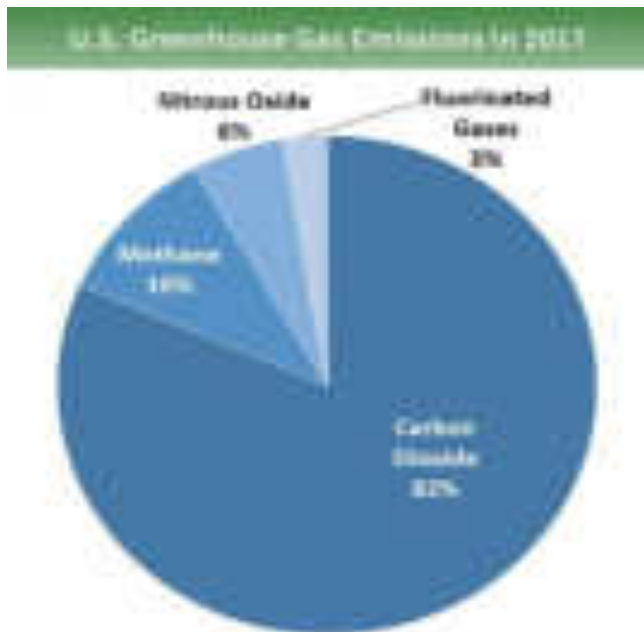
4. Adaptasi Morfologi dan Anatomi

Pendahuluan



Perubahan Iklim

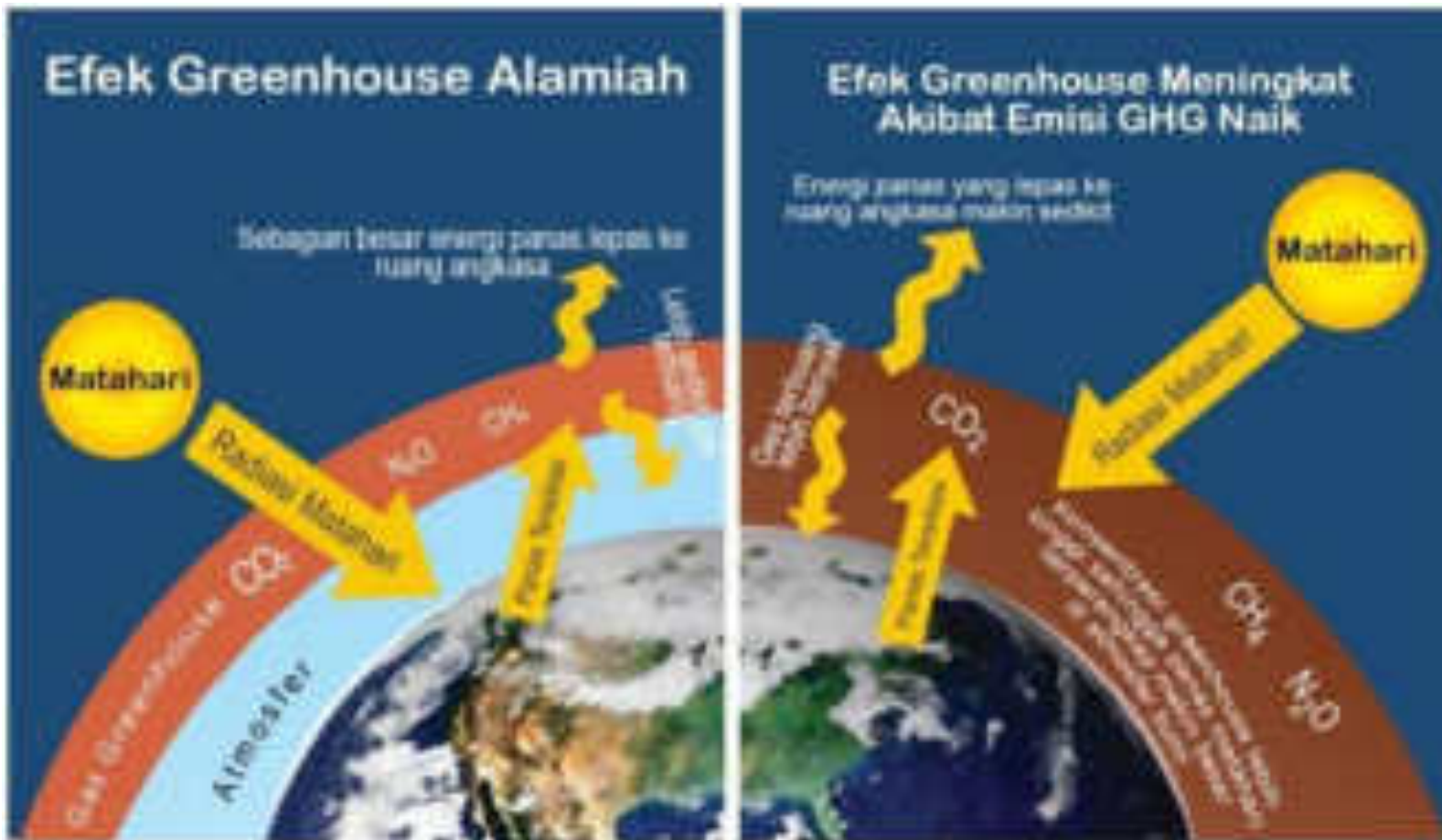
- Yaitu berubahnya kondisi rata-rata iklim dan/atau keragaman iklim dari satu kurun waktu ke kurun waktu yang lain sebagai akibat dari aktivitas manusia.



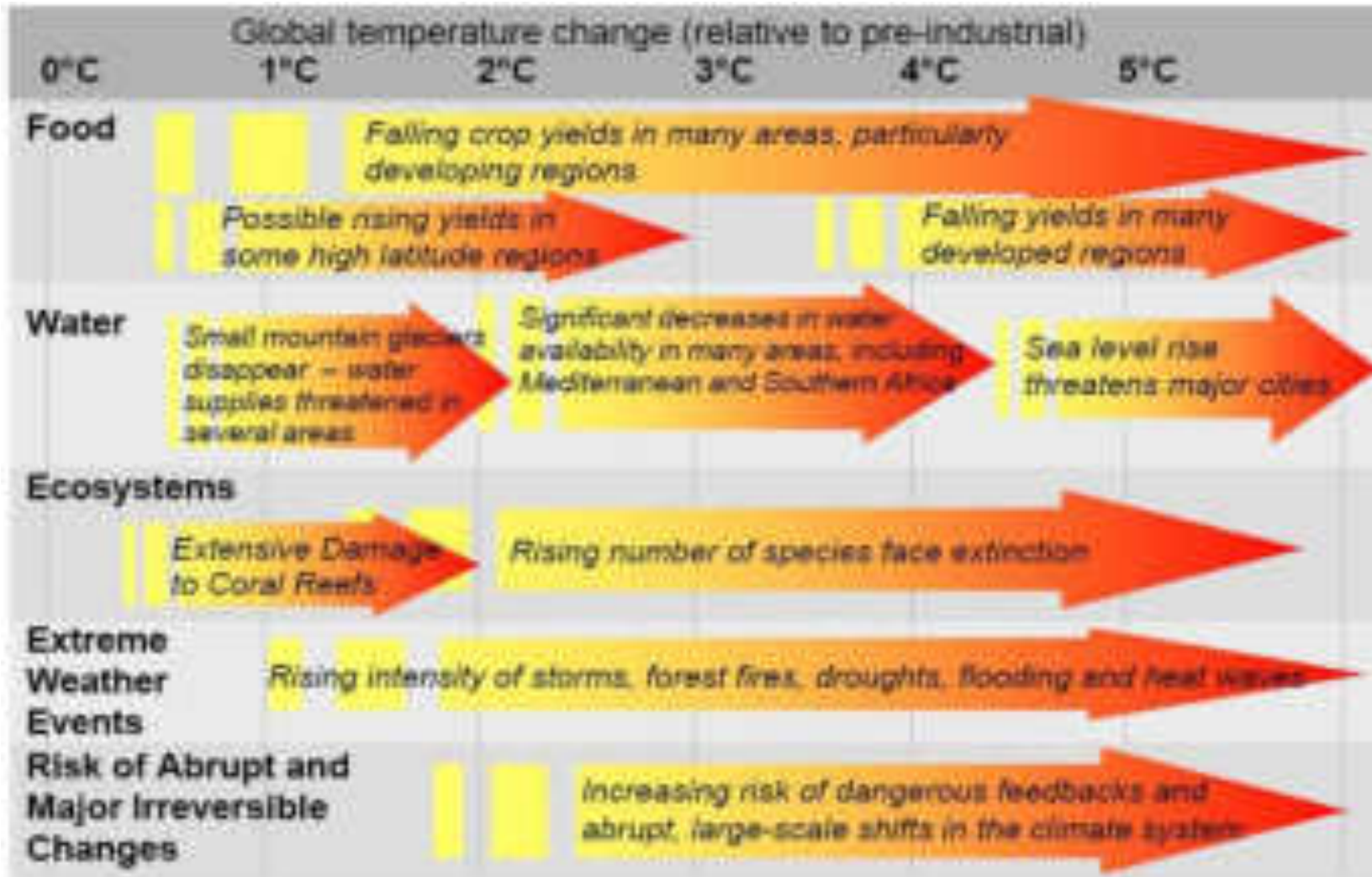
Gambar 6.4. Penyumbang GHG Global (IEA, 2016)

* mencakup emisi Arsenik, karbon hitam, metana dan lainnya.

Perubahan Iklim



Dampak dari perubahan Iklim





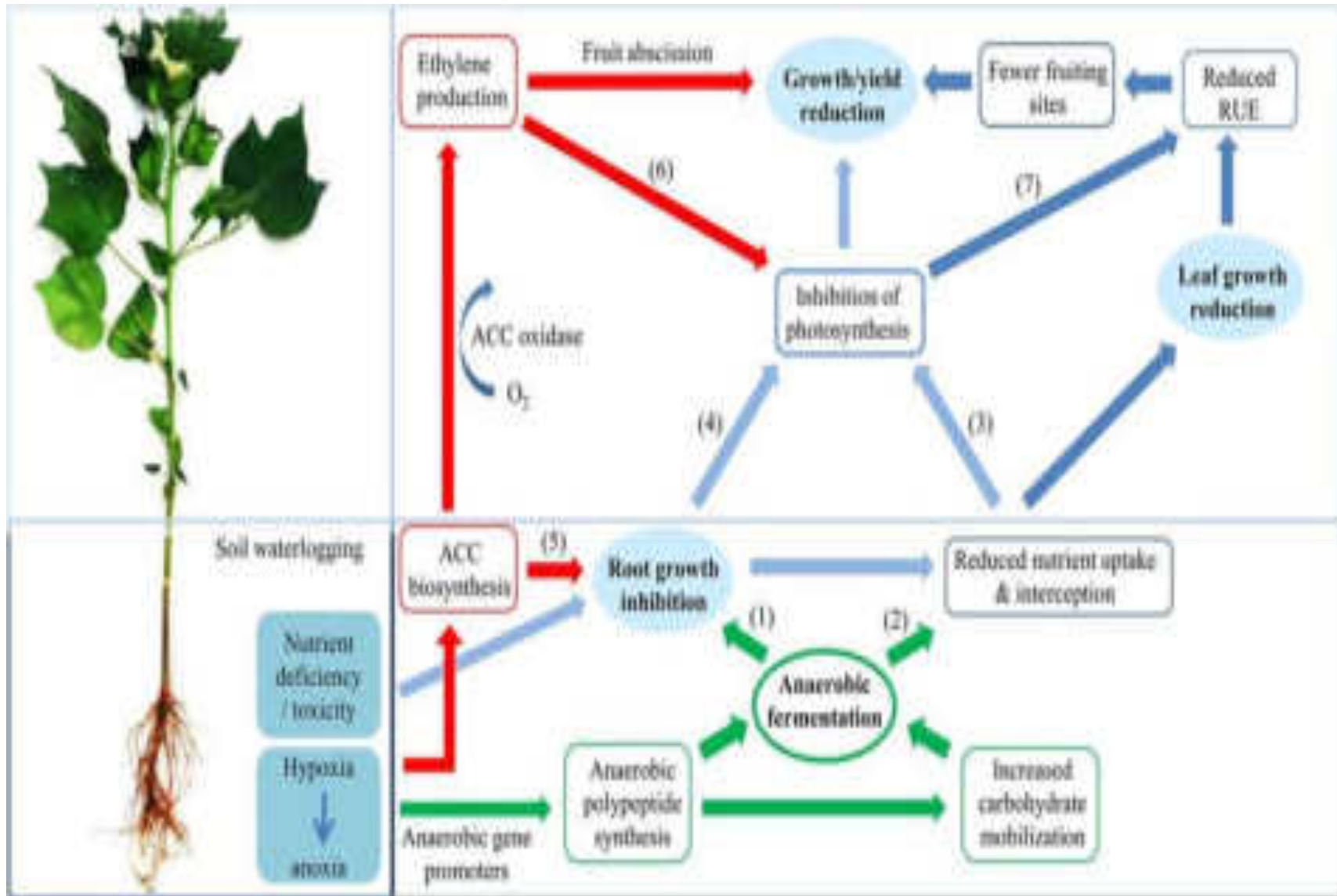
Dampak tergenang



N-deficiency in waterlogged

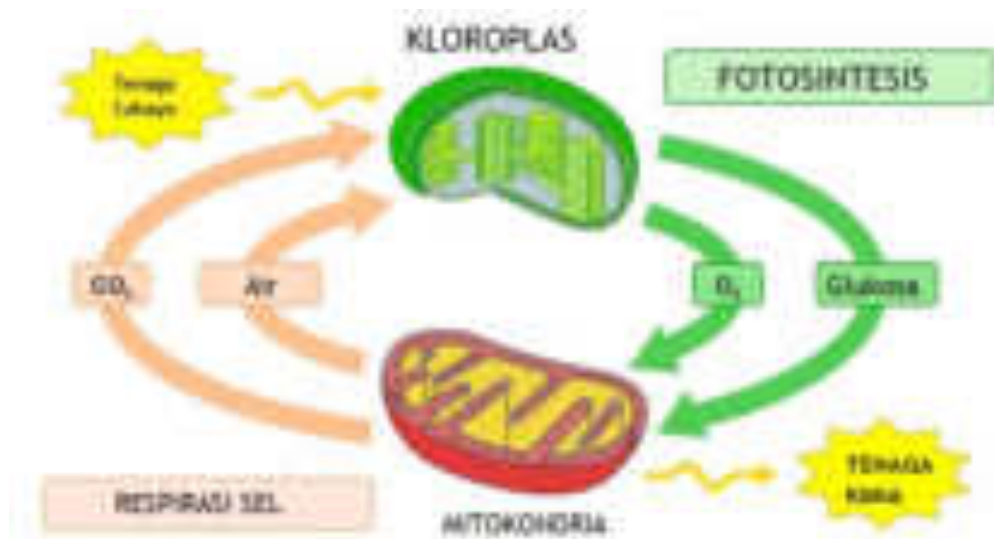


Fisiologi tanaman pada kondisi tergenang



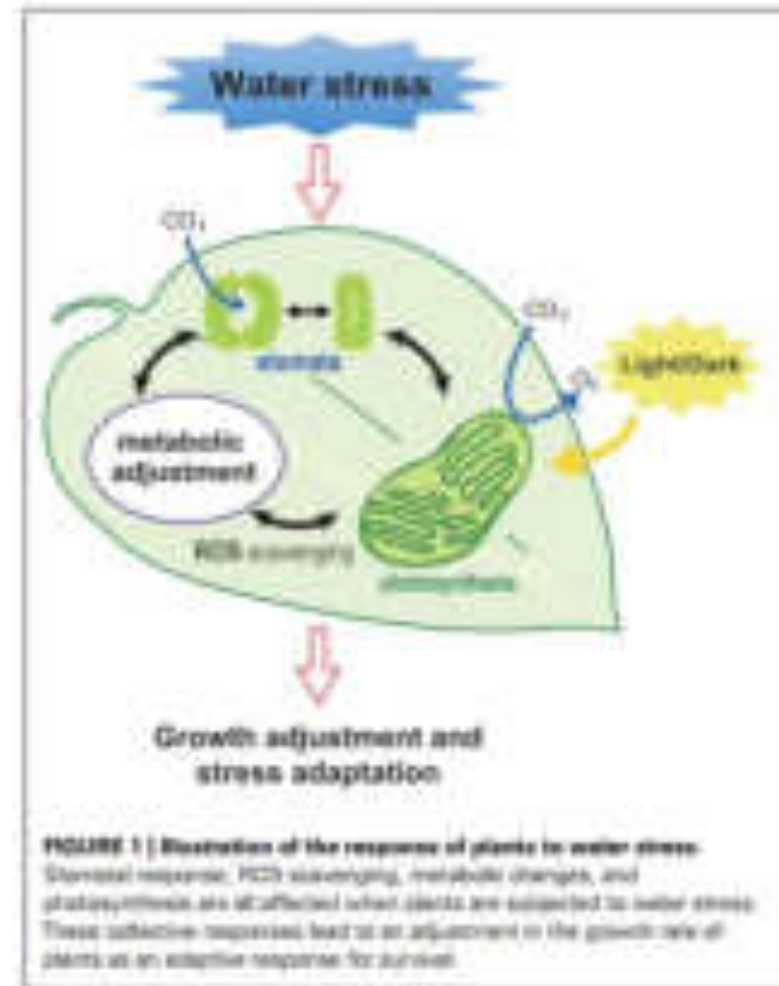
Respon fisiologi

- Terganggunya proses respirasi
 - ❖ Terganggunya siklus kreb
- Terganggunya proses fotosintesis
 - ❖ Penutupan stomata
 - ❖ Rendah kandungan klorofil
 - ❖ Fotosistem II

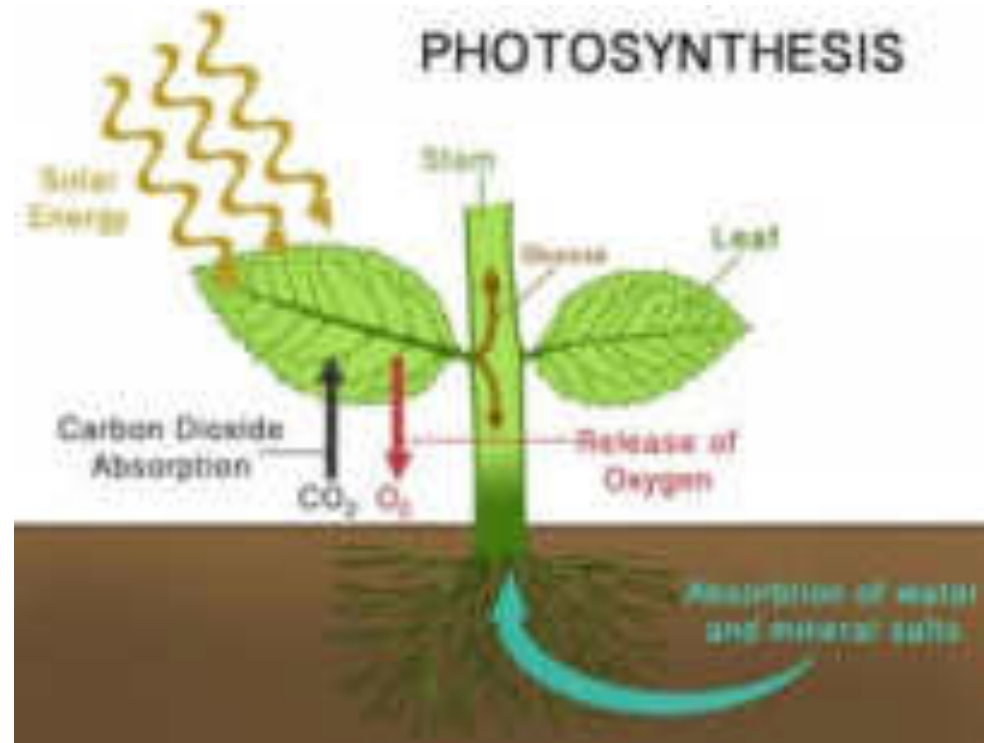
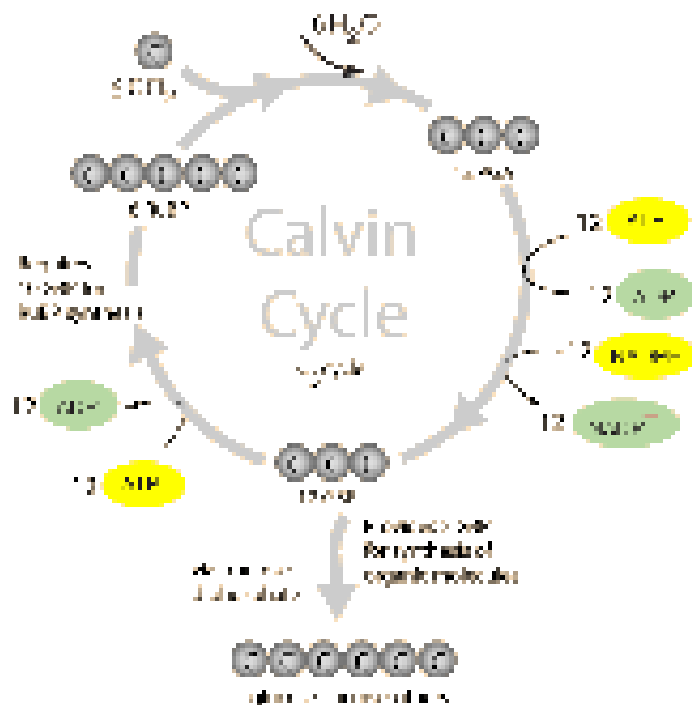


Respon Fisiologi—stomata menutup

- Respon pertama ketika terjadi genangan adanya sinyal transduksi dari akar ke daun, sehingga stomata menutup
- Konduktivitas stomata menurun
- Etilen meregulasi ekspresi Asam absisat (ABA) di mesopil daun dan diikuti dengan penutupan stomata.

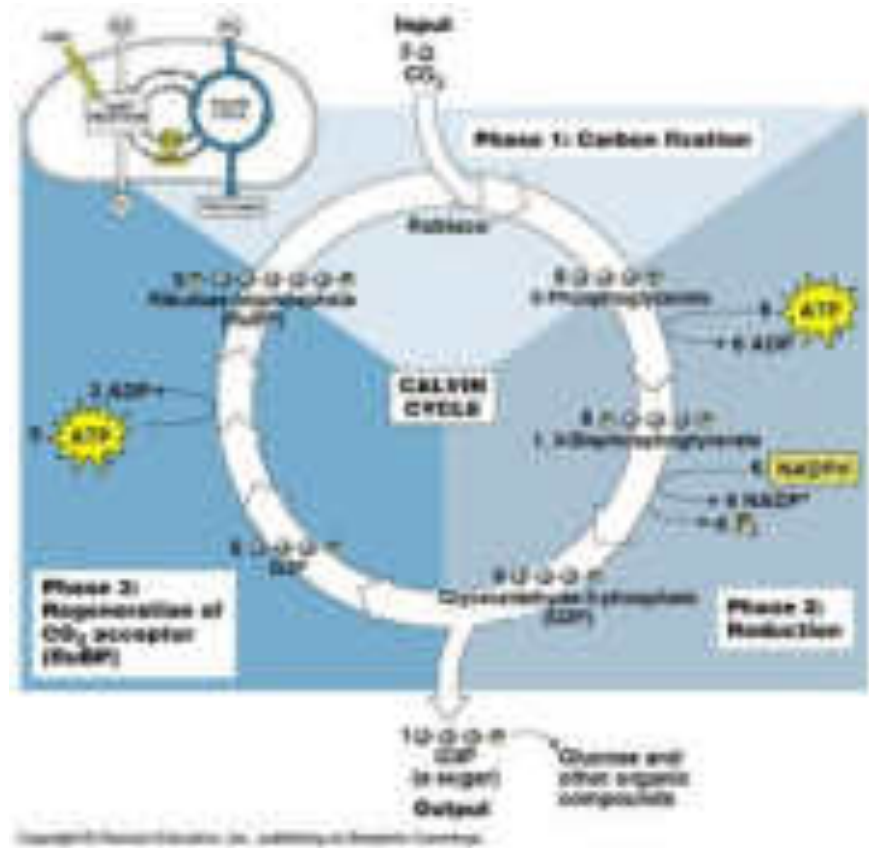


- Penutupan Stomata– mengurangi pertukaran gas – CO₂



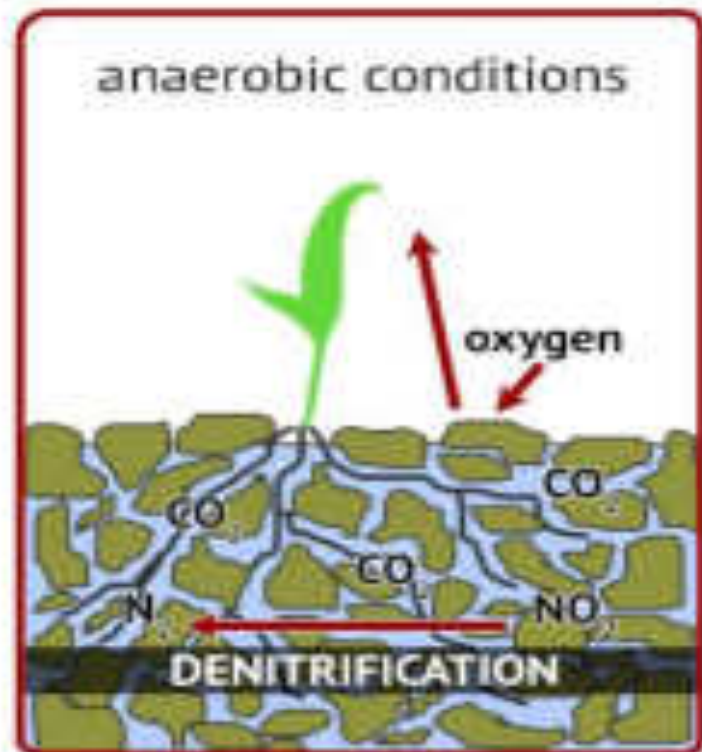
Respon Fisiologi—terganggunya siklus Calvin

- Terbatas aktivitas ribulosa bifosfat karboksilase (RuBPC), phosphoglycollate dan glycollate oxidase (Yordanova dan Popova, 2001),





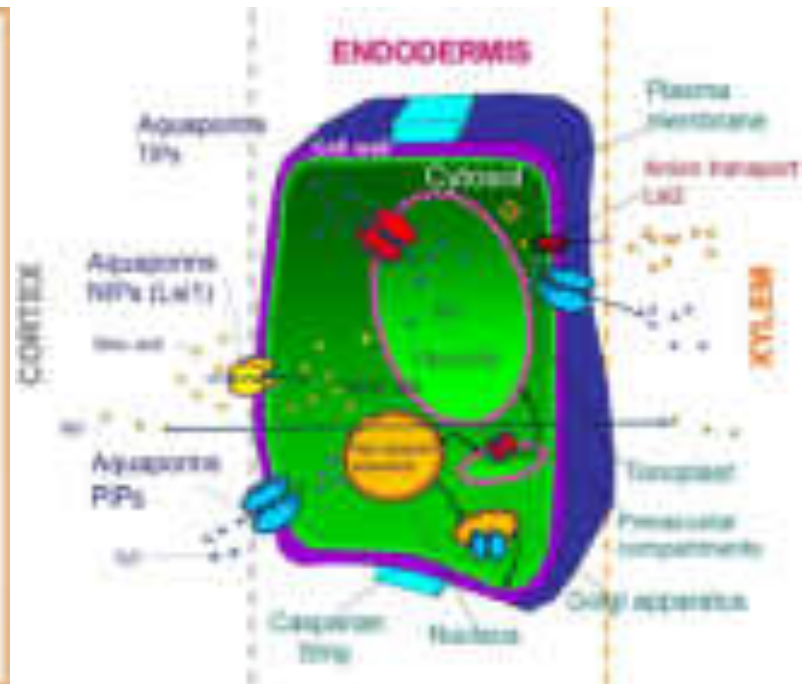
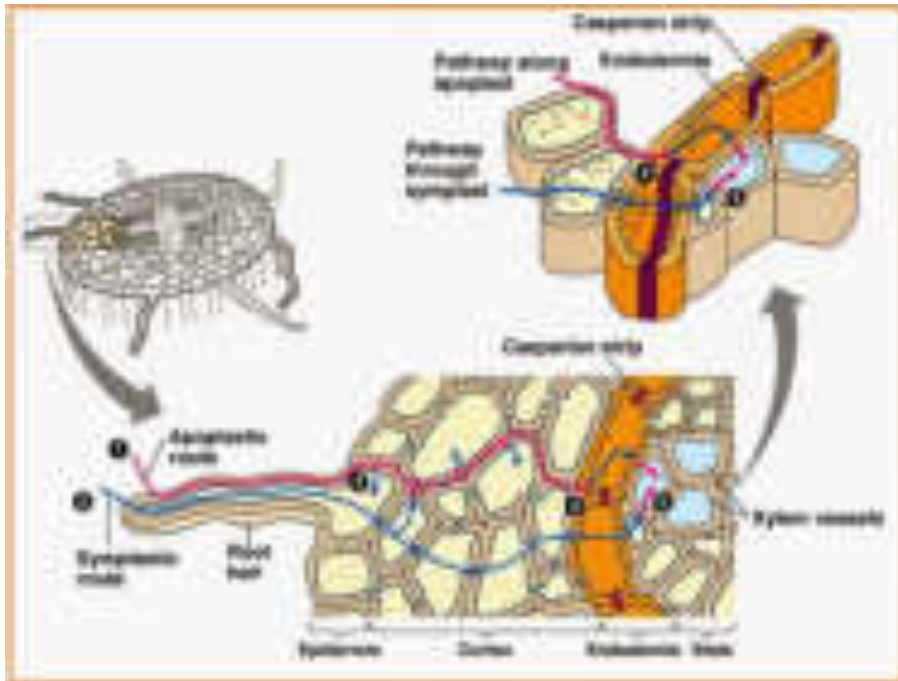
well-aerated soil



waterlogged soil

Rusaknya klorofil

- Terbloknya penyerapan nutrisi dan air



kondisi hipoksia menginduksi keasaman (pH) sitosol yang menyebabkan perubahan komposisi aquaporin dalam akar dan menghambat transpor air ke daun (Parent et al., 2008)

- Hara tidak dapat diserap--- konsentrasi Nitrogen (N)--- menurunkan kandungan klorofil--- daun senescen lebih awal



Table 6. Mineral concentrations of spring barley and spring wheat shoots as related to soil N days period of till level (averages of the country location)

Nutrient	Wheat			Barley		
	control	20.7	PC	control	20.7	PC
mg/kg dry matter						
N	46.6	30.7*	46.6	41.3	34.7*	20-26
P	13	14	13.6	14	14	13-14
K	33.9	24.7*	34.4	34.4	34.7	34-35
mg/kg dry matter						
Mg	138.9	24.7*	138.9	144.6	34.7*	138-140
Ca	38.5	14	38.5	41	14	37-41
Fe	189.1	102.1	-	102.1	189.1	-
Zn	64	34.7*	64	64	34.7	64-65

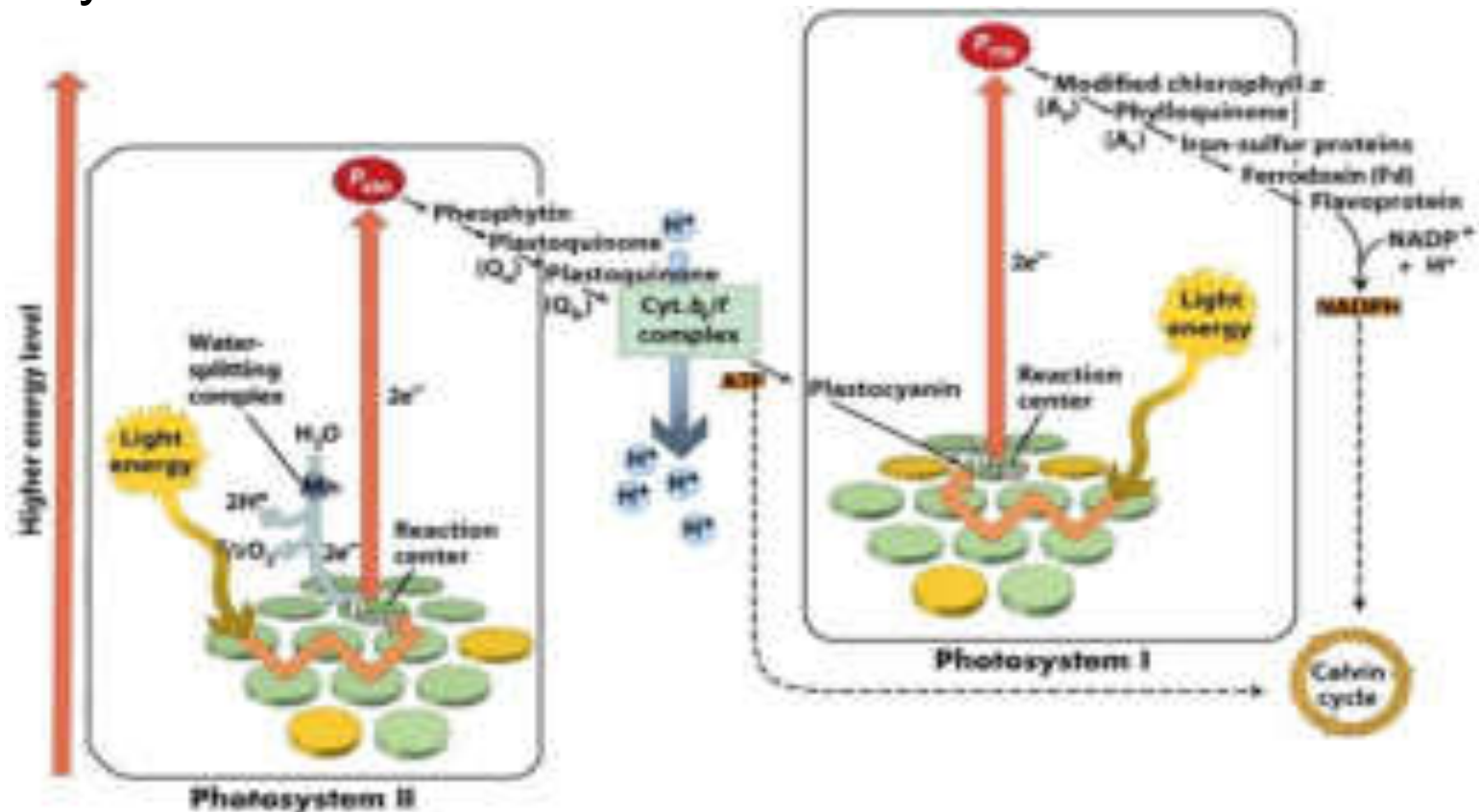
PC = sufficient concentrations according to Bergersen (1962). *Significant difference at the 1% probability level

PLANT AND SOIL INTERACT. 11, 289 (1975) 343-352

349

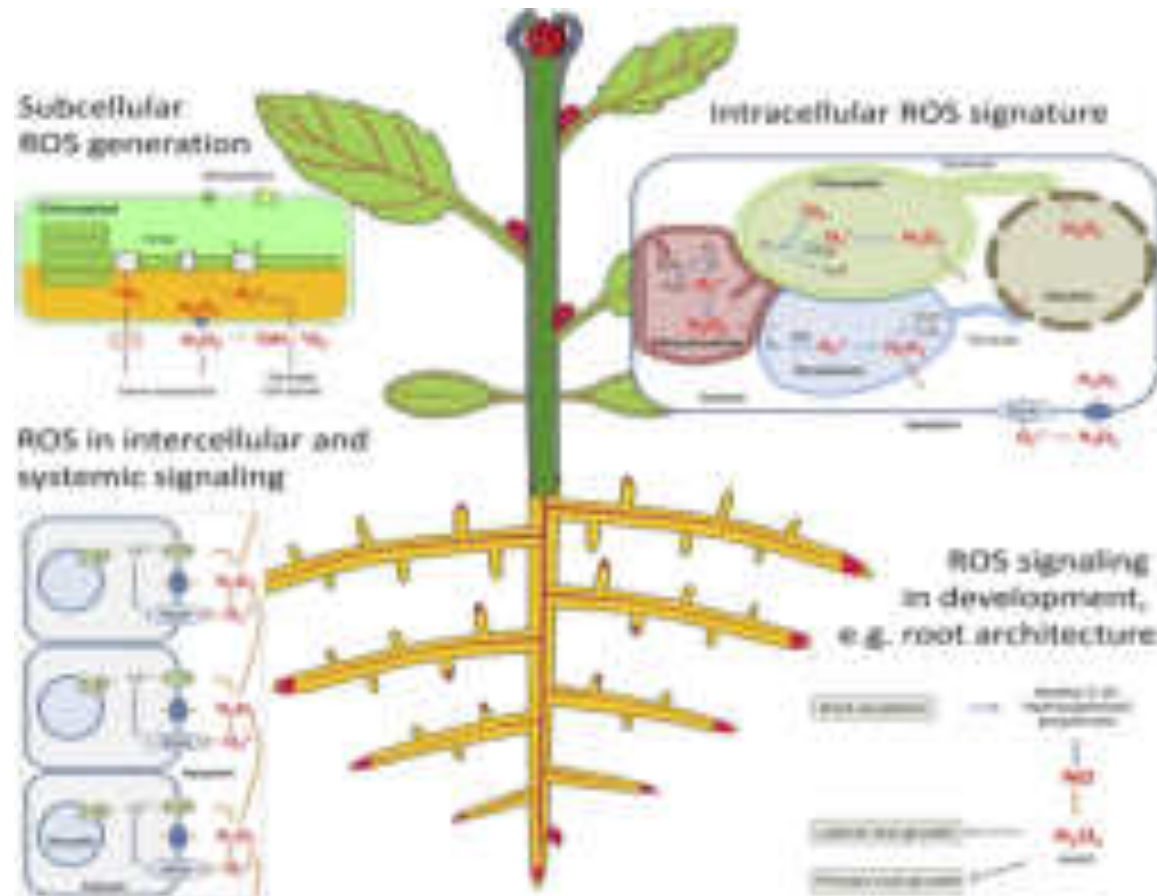
Fotosintesis Juga Menurun

- efisiensi PS II terhalang disebabkan oleh kekurangan N, P, K, Mg dan Ca (Smethurst et al., 2005).
- perubahan fluoresensi klorofil menentukan fungsi dan stabilitas photosystem II



Respon Fisiologi—kerusakan klorofil

- Penyebabnya ROS (reactive oxygen species; O_2^- , H_2O_2 , OH).
- ROS menyebabkan kerusakan molekul seluler dan metabolit seperti protein, lipid, pigmen, DNA
- ketika genangan air, konsentrasi ROS meningkat dan merusak beberapa reaksi metabolik tanaman seperti fotosintesis, efisiensi PS II (Ashraf, 2009)

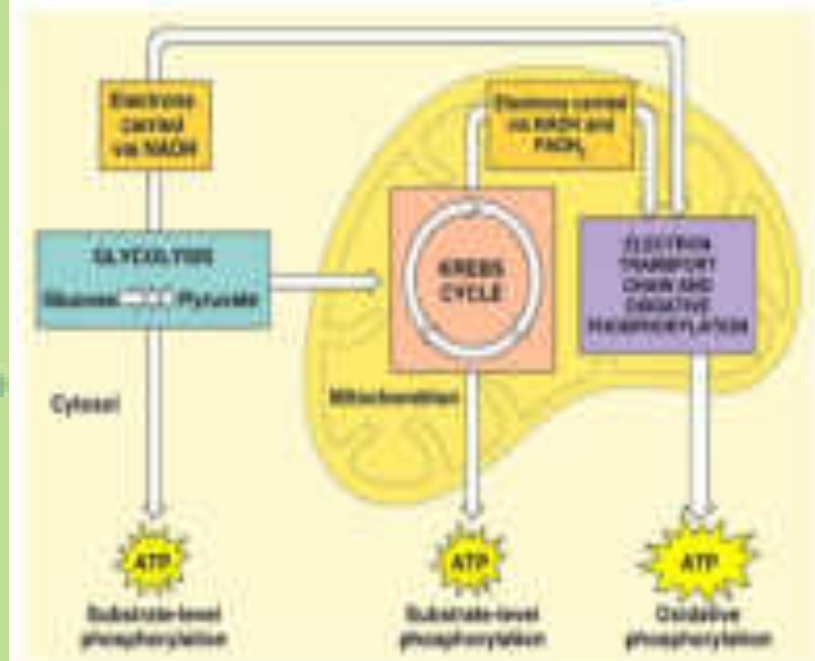
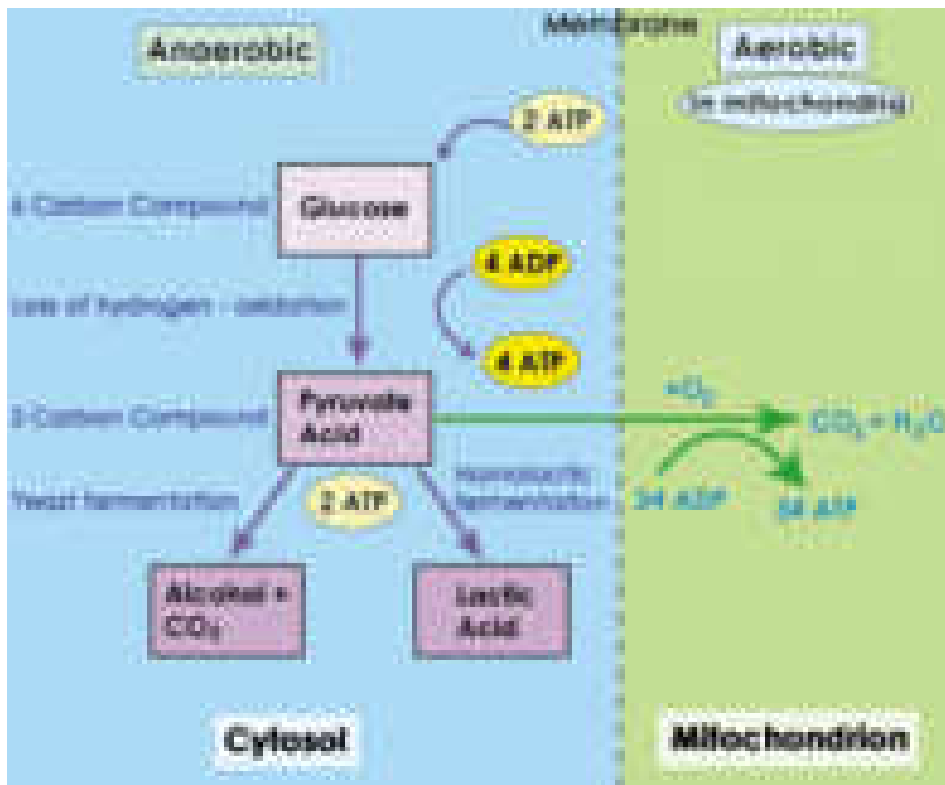


MEKANISME PERTAHANAN ANTIOKSIDAN TANAMAN KONDISI TERGENANG AIR

- Semua tanaman memiliki kemampuan untuk mendetoksifikasi efek merugikan dari ROS dengan menghasilkan berbagai jenis antioksidan.
- Secara umum, antioksidan dikategorikan ke dalam antioksidan enzimatik dan non enzimatik.
- Antioksidan enzimatik meliputi ascorbate peroxidase (APX), superoksida dismutase (SOD), peroksidase (POD), katalase (CAT), glutathione reductase (GR),
- antioksidan non-enzimatik asam askorbat, glutathione, tokoferol dan karotenoid (Gupta et al., 2005).

Respon fisiologi

- Terganggunya respirasi:
 - Siklus kreb dan fosforilasi okdidatif berhenti karena O₂ tidak tersedia



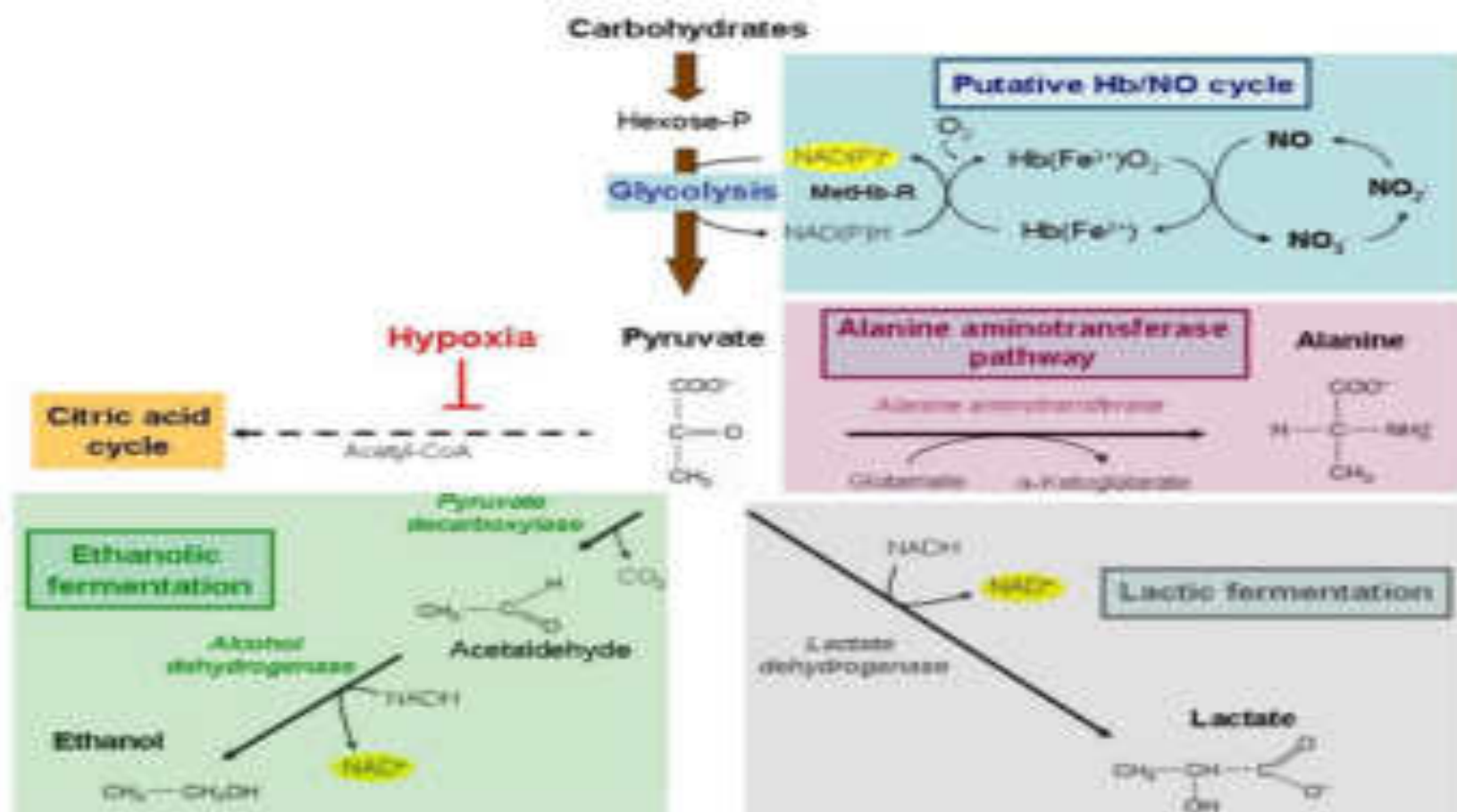
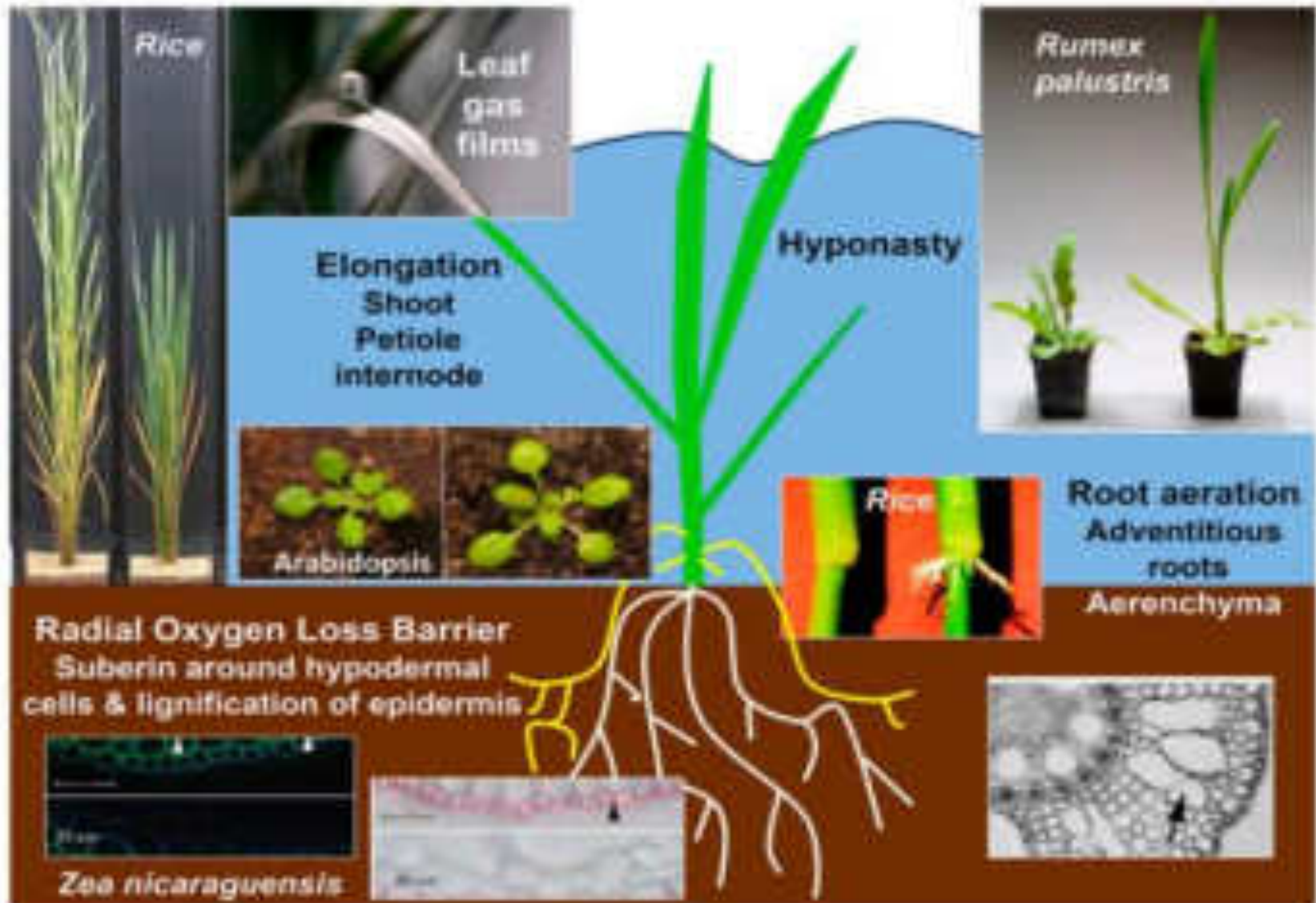


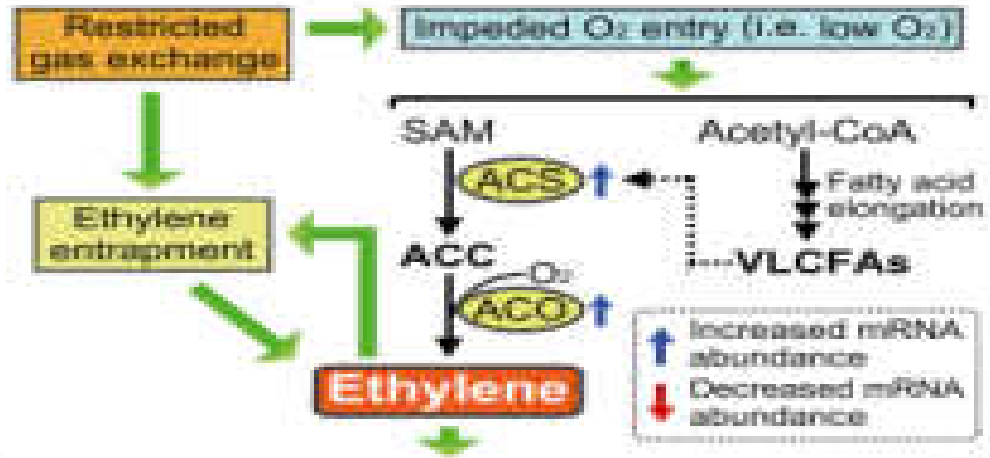
Fig. 1 Schematic diagram of the main metabolic pathways proposed during plant flooding stress. Hypoxia causes a decrease in mitochondrial respiration, which is partly compensated by increases in both the glycolytic flux and fermentation pathways. Nitrate has been proposed as an intermediate electron acceptor under low O₂ tension and may participate in NAD(P)H oxidation during hypoxia (Gamboldie *et al.* 2005). NO can be oxygenated to nitrite with the tightly bound O₂ of class-I hemoglobin [Hb(Fe²⁺)O₂], which is oxidized to metHb [Hb(Fe³⁺)]. The alanine aminotransferase enzyme which converts pyruvate to alanine is strongly induced in hypoxic conditions. However, unlike ethanol formation, there is no consumption of NAD(P)H in the process (Gibbs and Greenway 2005). MetHb-R, methemoglobin reductase; NO, nitric oxide.

	Respirasi Aerobik	Respirasi Anaerobik
Oksigen dan Karbon Dioksida	karbon dioksida dilepaskan, Oksigen diserap	Karbon dioksida dilepaskan, Oksigen tidak diserap
Proses	Oksigen dan glukosa yang digunakan untuk menghasilkan molekul energi kecil - adenosin trifosfat (ATP)	ATP disintesis menggunakan rantai transpor elektron, dengan molekul anorganik selain oksigen.
Oksigen	Ya	Tidak
Tempat reaksi	Sitoplasma dan matriks mitokondria	Sitoplasma
Proses respirasi	Glikolisis, oksidasi piruvat, siklus Krebs, transfer elektron	Fermentasi, pernafasan intramolekul
Produksi ATP	38 mol ATP per 1 mol glukosa (menghasilkan energi lebih besar)	2 mol ATP per 1 mol glukosa (menghasilkan energi lebih sedikit)
Keberlanjutan	Tanpa batas	Jangka pendek
Produksi asam laktat	Tidak menghasilkan asam laktat	Menghasilkan asam laktat
Reaksi respirasi	$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 36 \text{ or } 38 \text{ ATP}$	$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2 + 2 \text{ ATP}$

Mekanisme Adaptasi morfologi dan anatomi

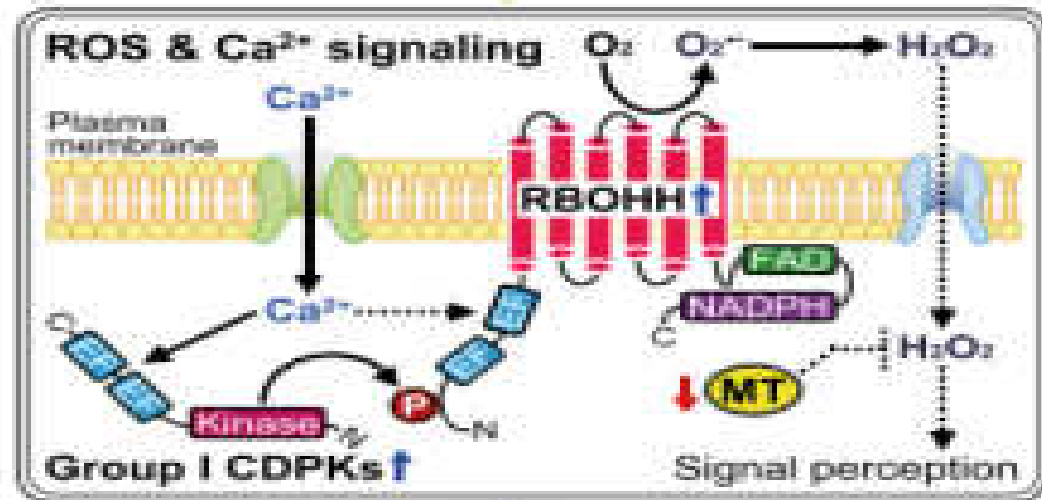


- Waterlogged root-zone conditions -



Yang terlibat dalam pembentukan aerenchym:

- Etilen
- ROS
- Ca²⁺



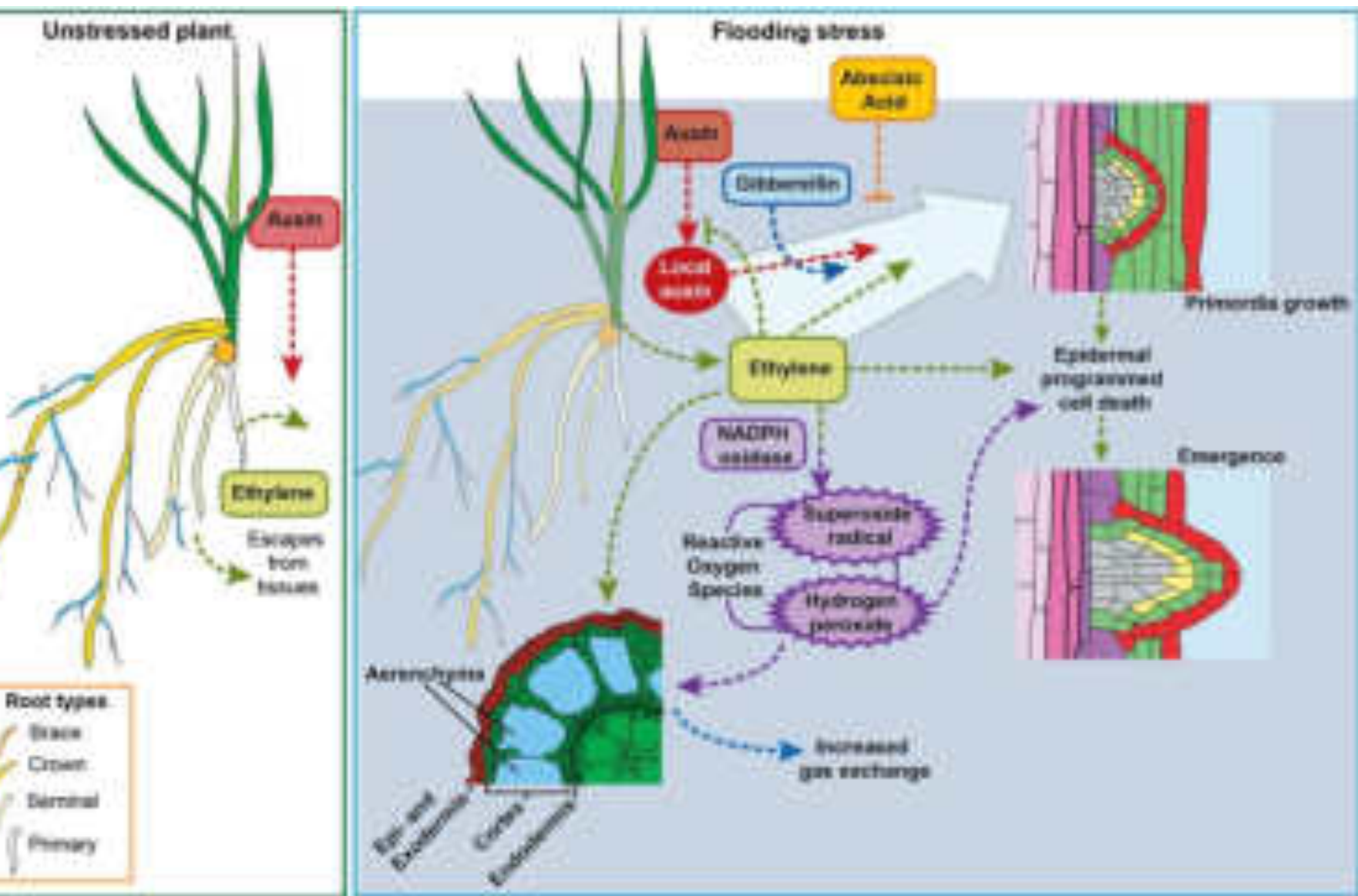
Programmed cell death

Aerenchyma formation

Terima Kasih



- Tanaman melakukan perubahan morfologi dan anatomi:
 - terbentuknya lentisel hipertrophik,
 - pembentukan akar adventif dan
 - pembentukan aerenchyma



Mekanisme Biokimia

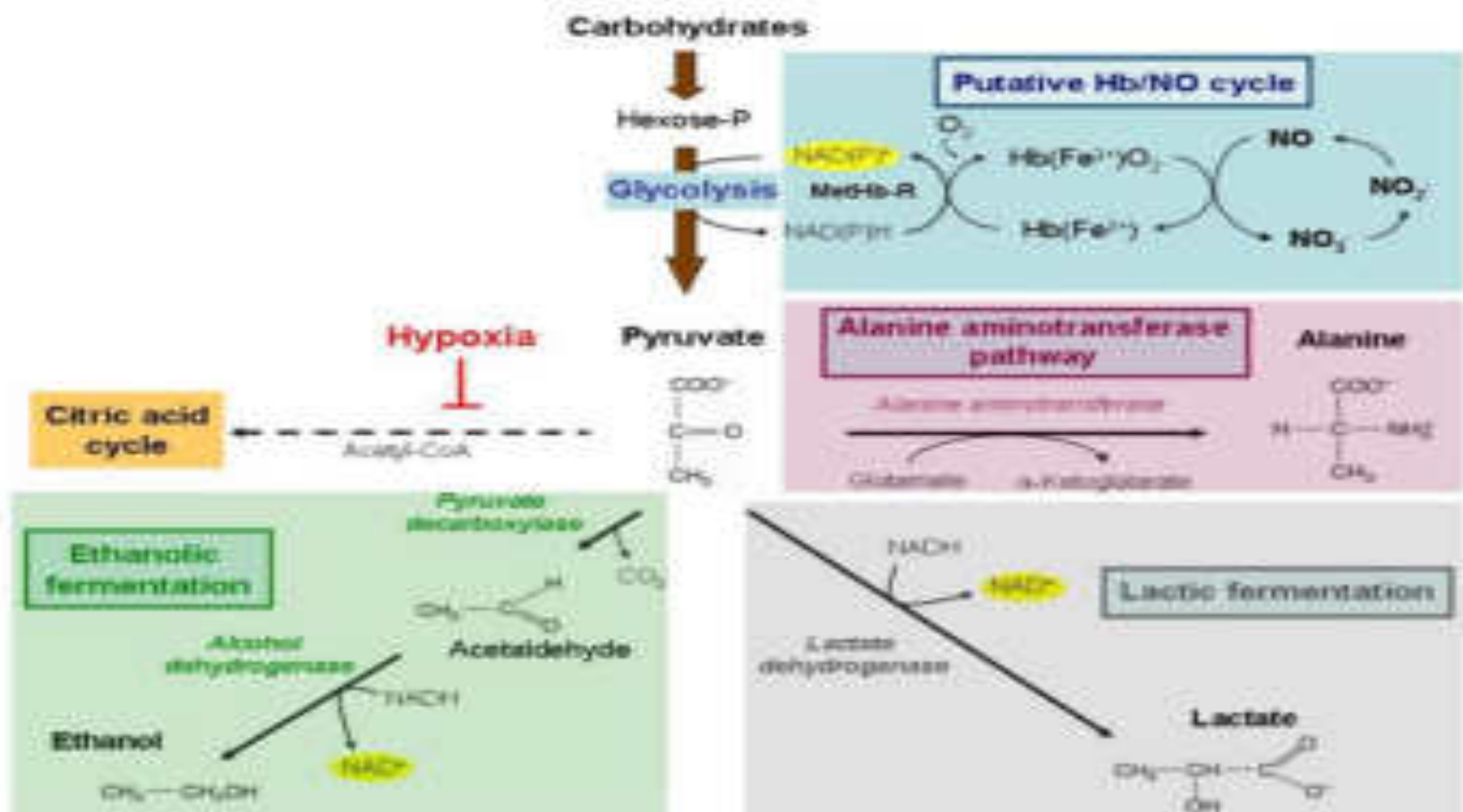


Fig. 1 Schematic diagram of the main metabolic pathways proposed during plant flooding stress. Hypoxia causes a decrease in mitochondrial respiration, which is partly compensated by increases in both the glycolytic flux and fermentative pathways. Nitrate has been proposed as an intermediate electron acceptor under low O_2 tension and may participate in NAD(P)H oxidation during hypoxia (Lignandier *et al.* 2005). NO can be oxygenated to nitrate with the tightly bound O_2 of class-I hemoglobin [$\text{Hb}(\text{Fe}^{2+})\text{O}_2$], which is oxidized to metHb [$\text{Hb}(\text{Fe}^{3+})$]. The alanine aminotransferase enzyme which converts pyruvate to alanine is strongly induced in hypoxic conditions. However, unlike ethanol formation, there is no consumption of NAD(P)H in the process (Lilley and Greenway 2005). MetHb-R, methemoglobin reductase; NO , nitric oxide.

Mekanisme Adaptasi tanaman

- Tanaman melakukan perubahan morfologi dan



Fig. 3 Anatomical and morphological adaptations taking place during plant flooding

lentisel hipertrophik

- Pembelahan sel radikal dan ekspansi dekat pangkal batang menghasilkan pertumbuhan lentisel hipertrophik.
- Selain itu, terbentuknya lentisel hipertrophik diduga terkait dengan produksi ethylene dan auxin (Kozlowski, 1997).
- Lentisel-lentisel ini dianggap berperan dalam difusi O_2 ke arah bawah serta senyawa yang dihasilkan sebagai produk sampingan dari metabolisme anaerobik (etanol, CO_2 dan CH_4).

Akar Adventif

- Pembentukan akar adventif berpotensi menggantikan akar basal (asli) (Malik et al., 2001).
- Akar adventif ini berfungsi menjaga pasokan air dan mineral terus menerus ketika sistem akar basal gagal melakukannya (Mergemann dan Sauter, 2008).



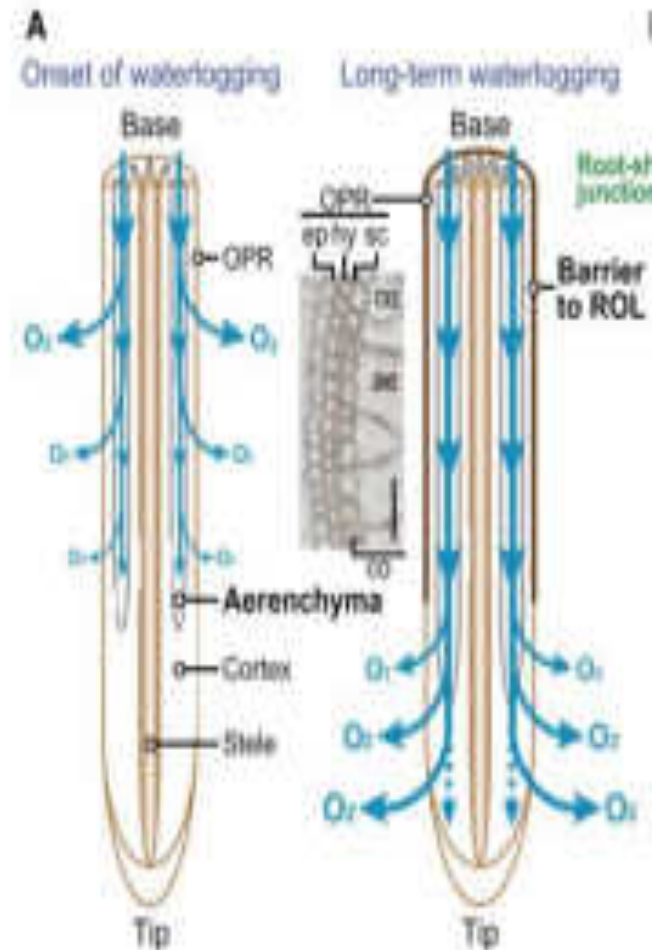
Pembentukan aerenchyma

- Ada dua jenis proses yang terlibat dalam pengembangan aerenchyma. Pertama adalah pengembangan aerenchyma secara konstitutif yang tidak terkait dengan stres abiotik.
- Aerenchyma dibentuk oleh sel-sel yang terpisah selama perkembangan jaringan. Tipe kematian sel yang berlangsung melalui sel yang memisahkan diri ini disebut sebagai **shizogeny**,
- Tipe kedua dari pengembangan aerenchyma dikenal sebagai **Lysogeny**, yang terbentuk akibat kerusakan parsial dari korteks yang menyerupai kematian sel yang terprogram dan pembentukannya tergantung pada stimulus eksternal seperti stres abiotik (Pellinen et al., 1999).

Mekanisme adaptasi

Pembentukan penghalang ROL di Akar

- Akar dari banyak tanaman lahan basah memiliki penghalang untuk membatasi ROL dari zona basal, yang meningkatkan difusi oksigen secara longitudinal di sepanjang aerenchyma menuju ujung akar.
- Penghalang ROL fungsinya:
 - untuk membatasi kehilangan oksigen,
 - mengurangi masuknya fitotoksin tanah (misalnya Fe^{2+})
 - tidak menghalangi penyerapan aktif nutrisi (misalnya NO_3^- ;
 - mungkin memiliki konsekuensi yang relatif kecil untuk aliran massa air (Garthwaite et al., 2006; Kotula et al., 2009b);



Pembentukan penghalang ROL di Akar

- Selain itu, asam malat dan VLCFA terakumulasi dalam akar padi membentuk penghalang ROL, menunjukkan bahwa asam malat digunakan untuk biosintesis asam lemak, yang pada gilirannya, menyediakan substrat untuk biosintesis suberin.
- Berbagai senyawa di tanah yang terendam air yang dihasilkan dari metabolisme mikroorganisme anaerob dapat menginduksi penghalang ROL di akar;
 - senyawa ini termasuk sulfida (Armstrong dan Armstrong, 2005),
 - Fe^{2+} (Mongon et al., 2014), dan
 - asam organik (Armstrong dan Armstrong, 2001; Kotula et al., 2014).

