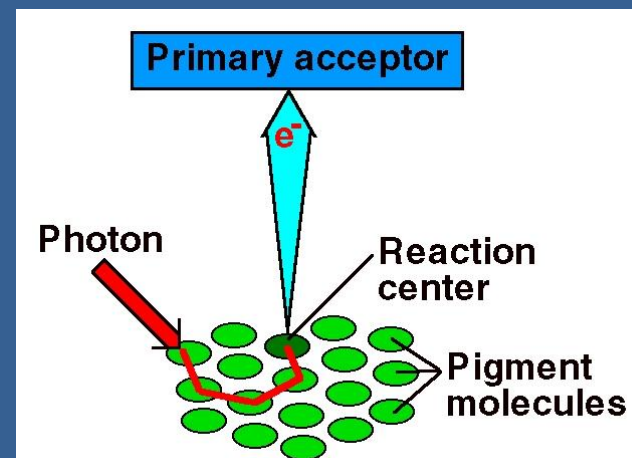


Лекция 11.12

Фотосинтездің С3 жолына әсер ететін қолайсыз факторлар

Фотосинтездегі С4-жолы және ЖОҚМ- метаболизмі өсімдіктердің адаптациясының



1. Фотосинтездің С3-жолы - Кальвин айналымына әсеретін факторлар.
2. Фототыныс алудың өнімділікке әсері
3. С4 - өсімдіктер. Хэтч пен Слэктің айналымы
 - 4. САМ-метаболизм.

Жарык ($h\nu$)



Жарық сатысы хлоропластың

тилакоидтарында жүреді,

қараңғы сатысы – стромада.

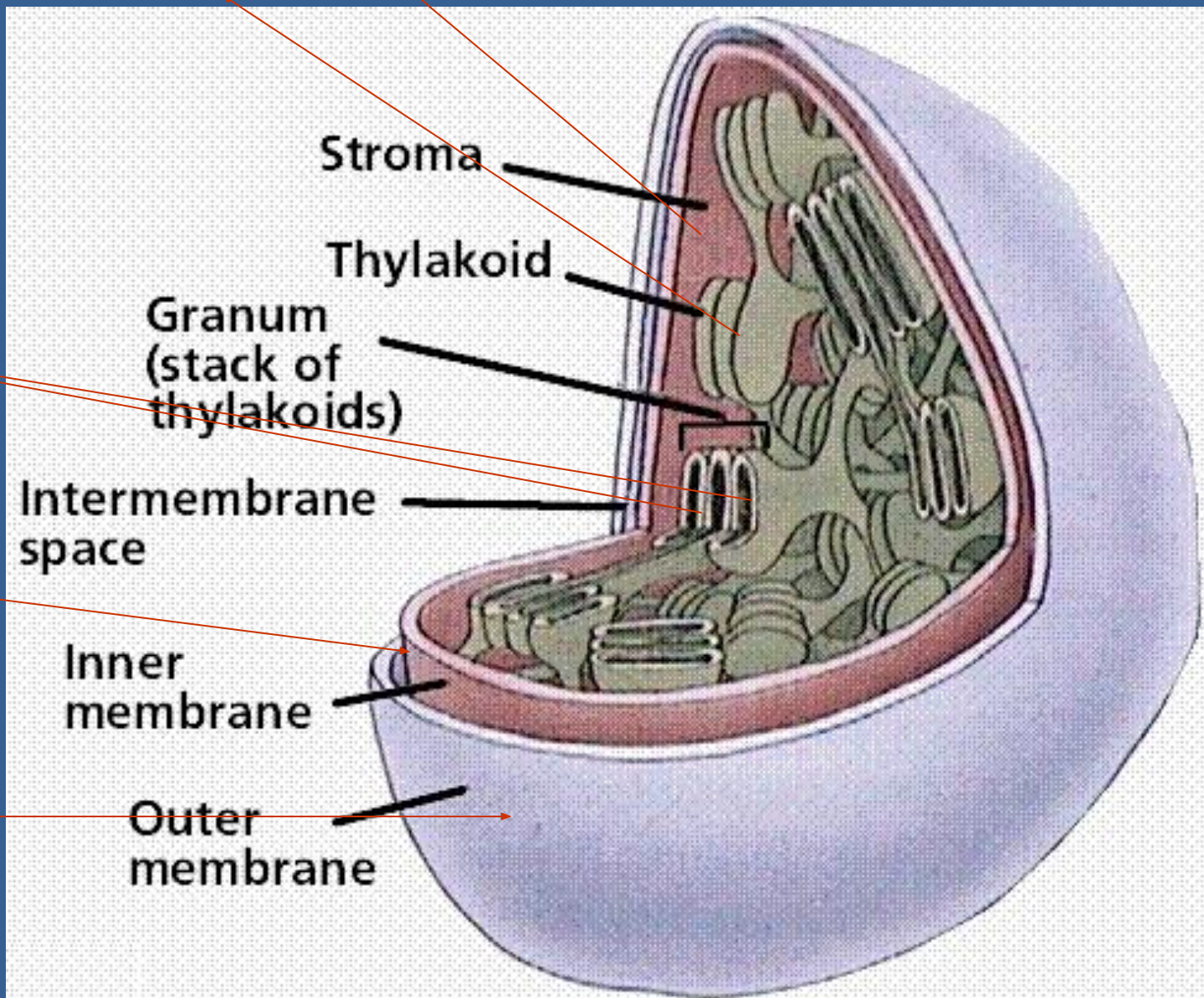
Строма

Тилакоидтер

Грана
тилакоидтары

Ішкі
мембрана

Сыртқы
мембрана



CO₂-нің ассимиляциялану жолдары

1946-1956 ж.ж. - М.Кальвин

C₃ - жолы, Кальвин айналымы

C₃ - өсімдіктер қоңыржай аймақтарда өсіп-өнеді

жарық сатының өнімдері



өмірсулар



жар.сатыдан

C₃ - жолы, Кальвин айналымы

3 сатыға бөлінеді:

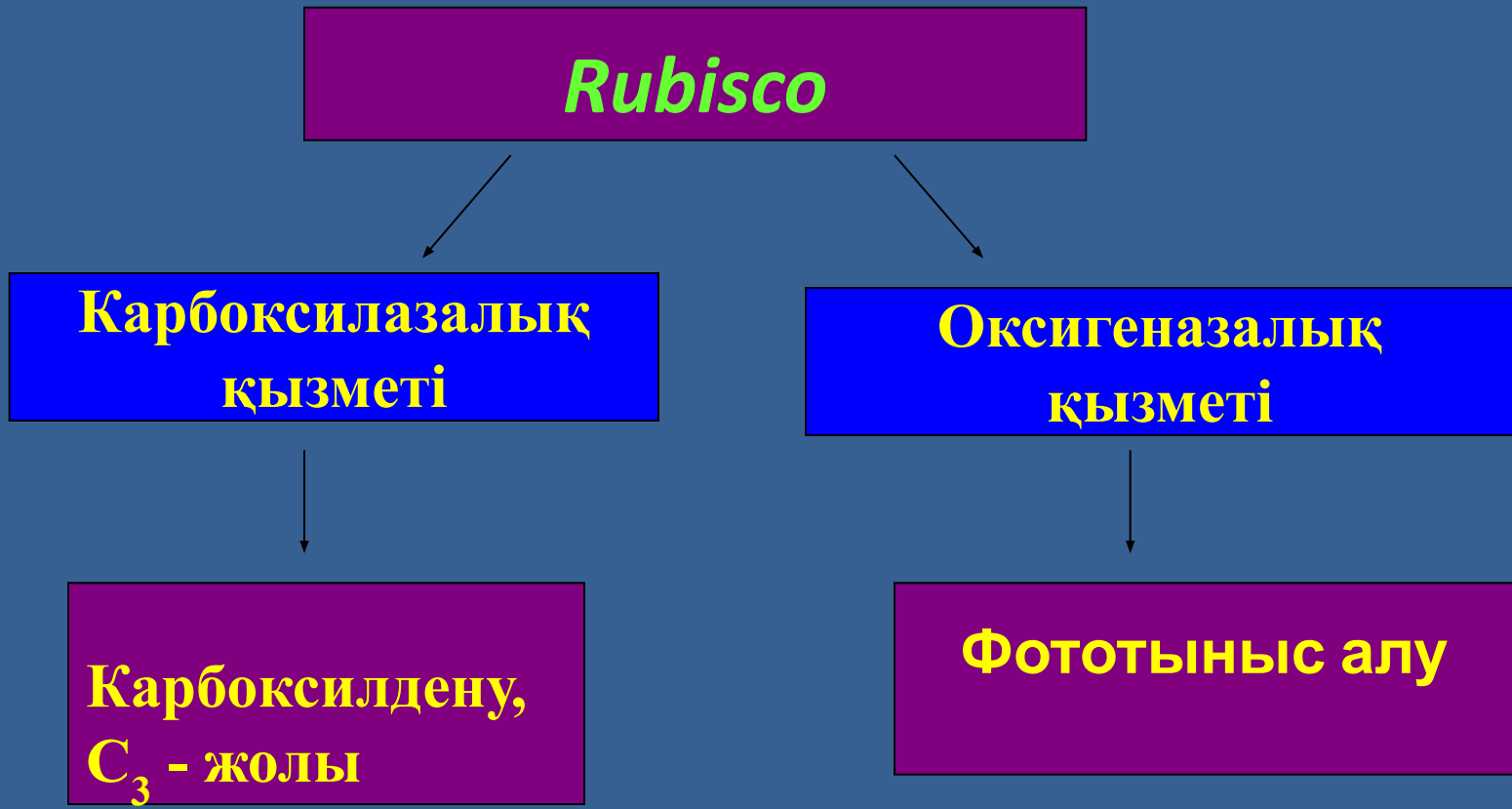
I Карбоксилдену сатысы.

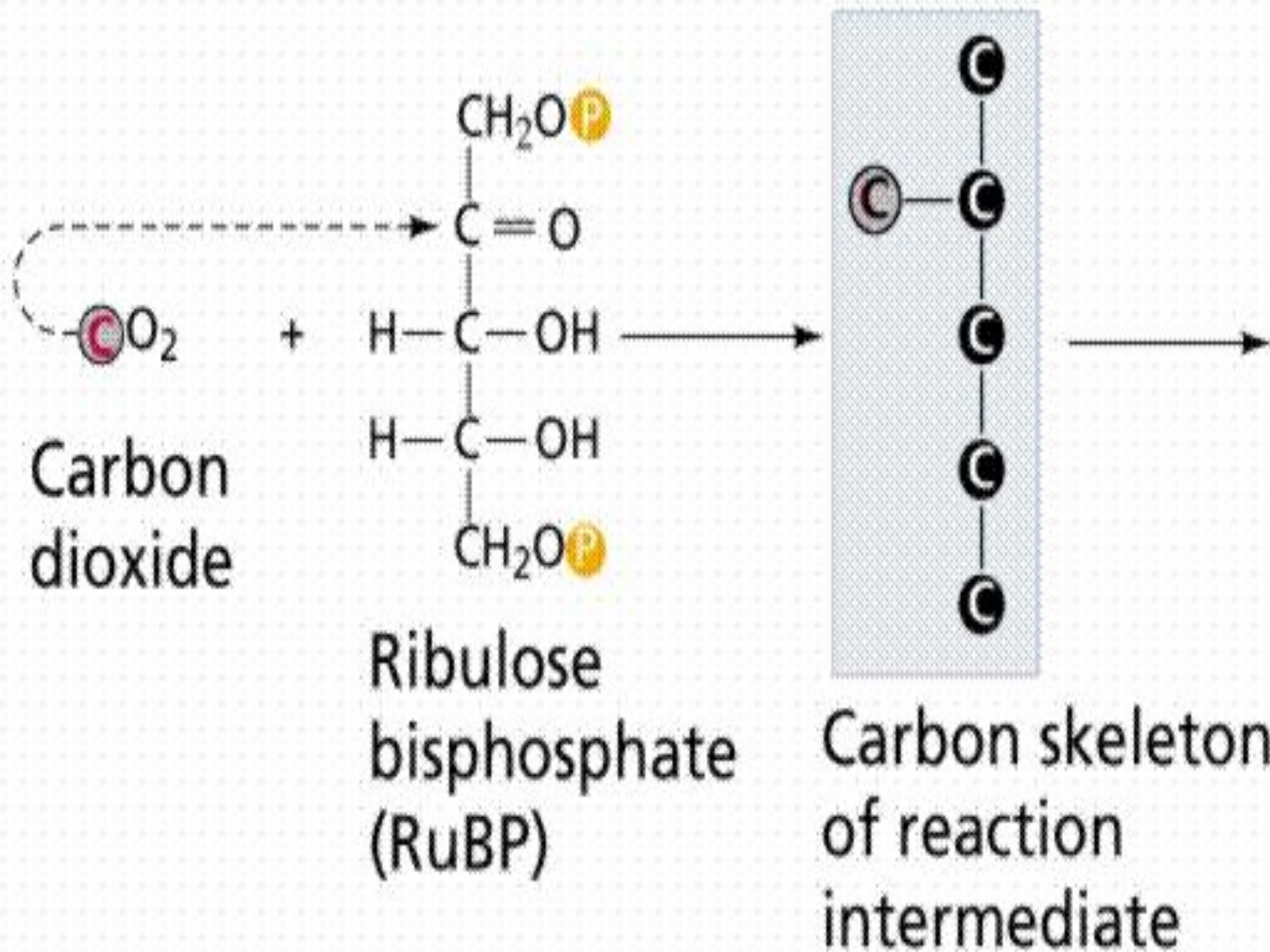


Карбоксилденудің бірінші өнімі - 3 көміртек атомы бар қосынды – ФГҚ - фосфоглицеринқышқылы

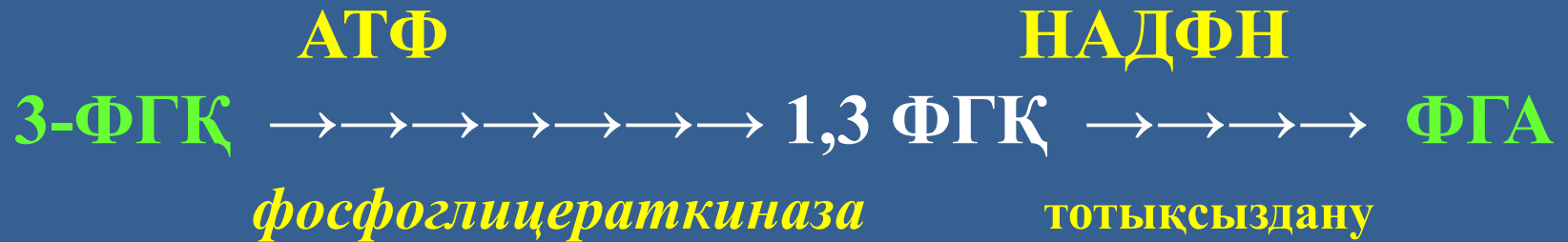
- *Рибулзодифосфаткарбоксилаза/оксигеназа*
- *Ribulosobisphosphate-carboxylase/oxigenase*

□





II Тотықсыздану сатысы.



III Регенерация сатысы.



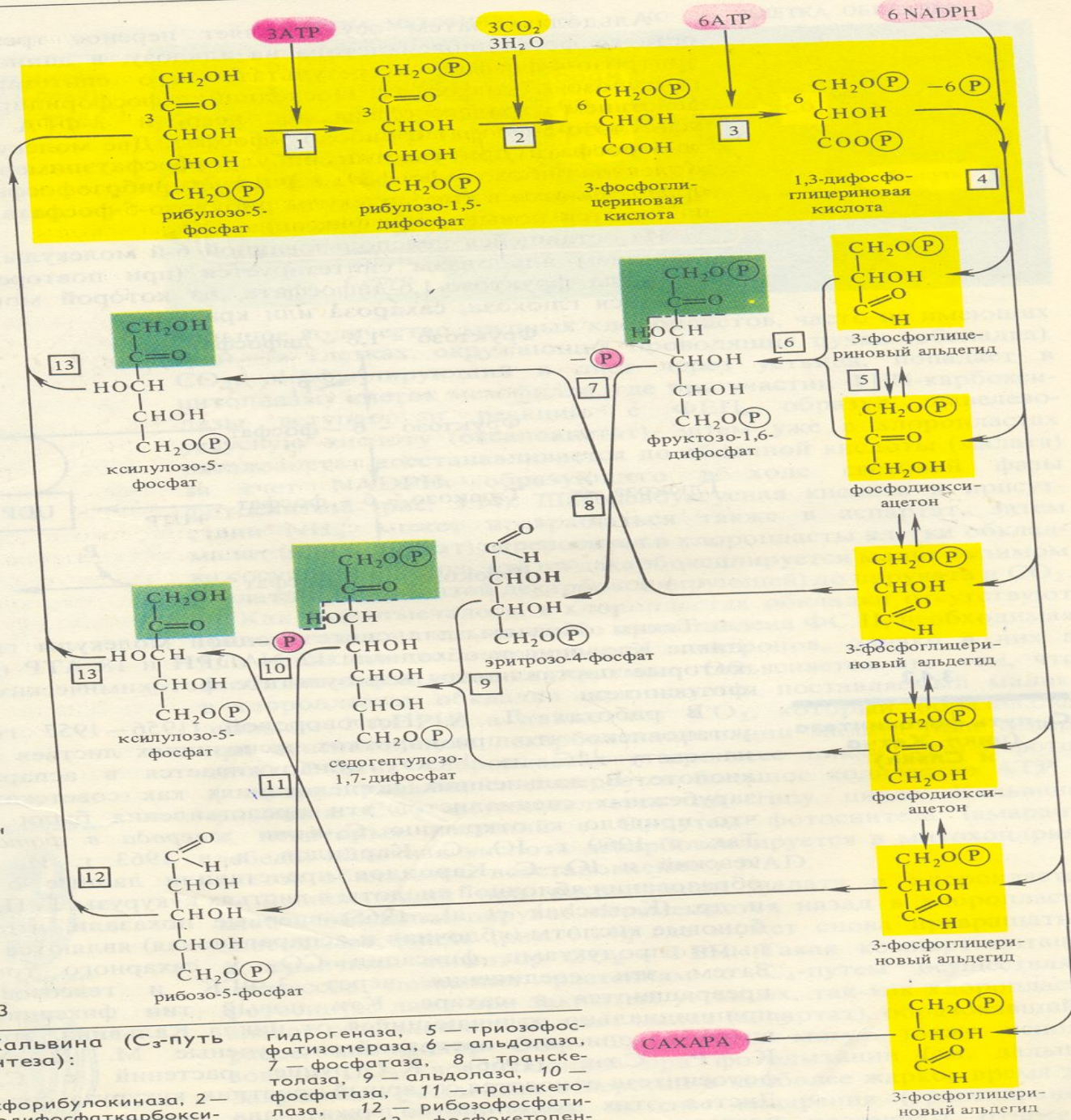


Рис. 3.13

Цикл Кальвина (C₃-путь фотосинтеза):

1 — фосфорилрибулокиназа, 2 — рибулозодифосфаткарбоксилаза, 3 — фосфоглицераткиназа, 4 — триозофосфатдегидрогеназа, 5 — триозофосфатфосфатаза, 6 — альдолаза, 7 — фосфатаза, 8 — транскеталаза, 9 — альдолаза, 10 — фосфатаза, 11 — транскеталаза, 12 — рибузофосфатизомераза, 13 — фосфокетопентозэпимераза

гидрогеназа, 5 — триозофосфатфосфатаза, 6 — альдолаза, 7 — фосфатаза, 8 — транскеталаза, 9 — альдолаза, 10 — фосфатаза, 11 — транскеталаза, 12 — рибузофосфатизомераза, 13 — фосфокетопентозэпимераза

САХАРА

2 мол.3-ФГА (Кальвин циклінің 2 айналымы)



2 мол. Фруктозо-1,6-дифосфат



Гл-1-Ф



Фр-6-ф

↓ + УТФ

УДФГл



Крахмал

↓ + Фр-6-ф

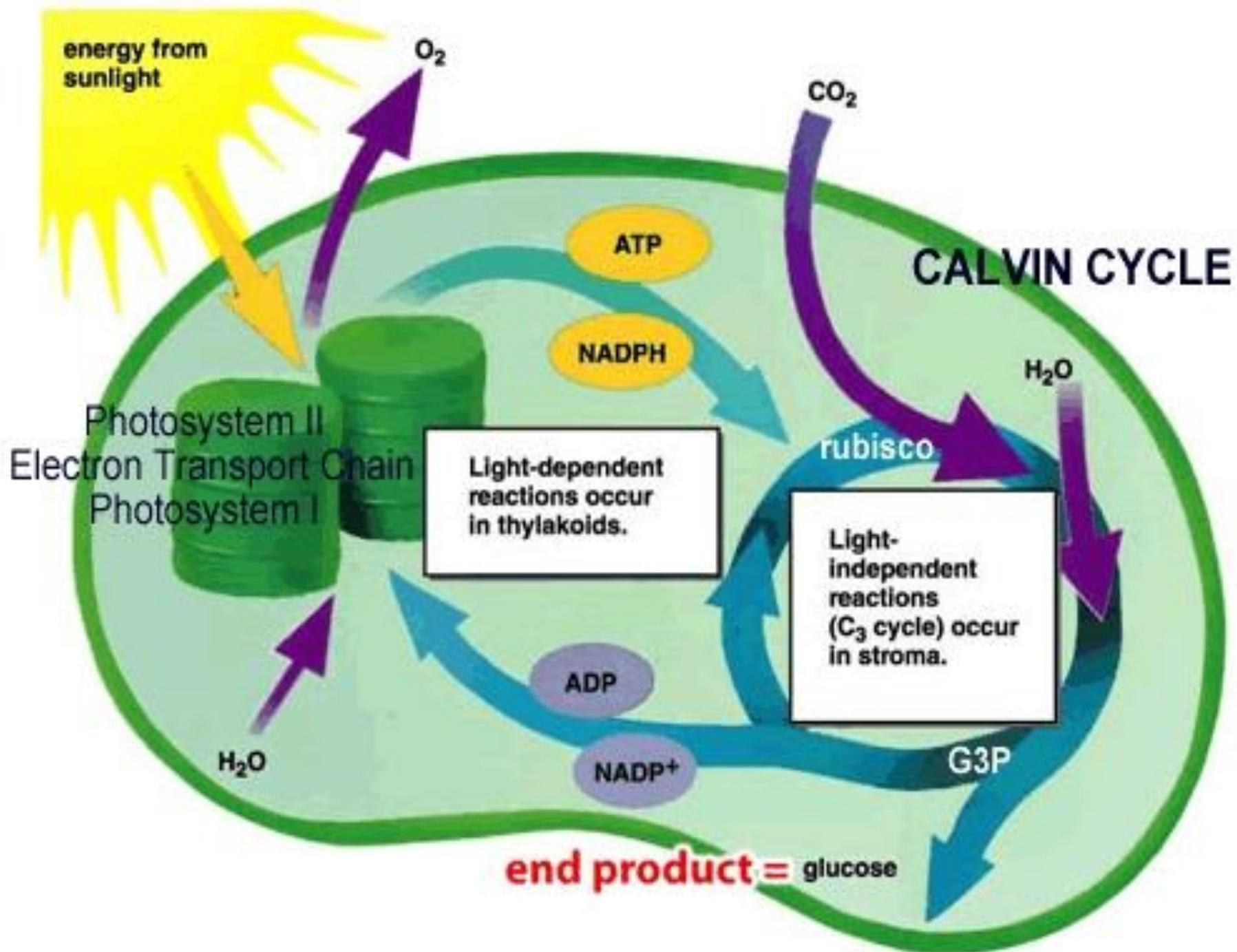
сахарозо-Ф



сахароза



глюкоза + фруктоза



Қараңғыдағы реакциялар:



Кальвин циклі барлық өсімдіктерге тән,
бірақ CO_2 –ні Кальвин цикліне жеткізуінің әр
түрлі жолдары бар.

Фототыныс алу (гликолатты цикл).

Бұл процесте O_2 сіңіріліп $CO_2 \uparrow$ босап шығады.

Фототыныс алудың алғашқы өнімі – гликоль қышқылы.

Сондықтан оны *гликолат жолы* деп атайады.

$CO_2 \uparrow$ - C_3 – жолы жүреді.

$CO_2 \downarrow$ $O_2 \uparrow$ - Фототыныс алу жүреді.

Rubisco оксигеназалық ролін атқарады.



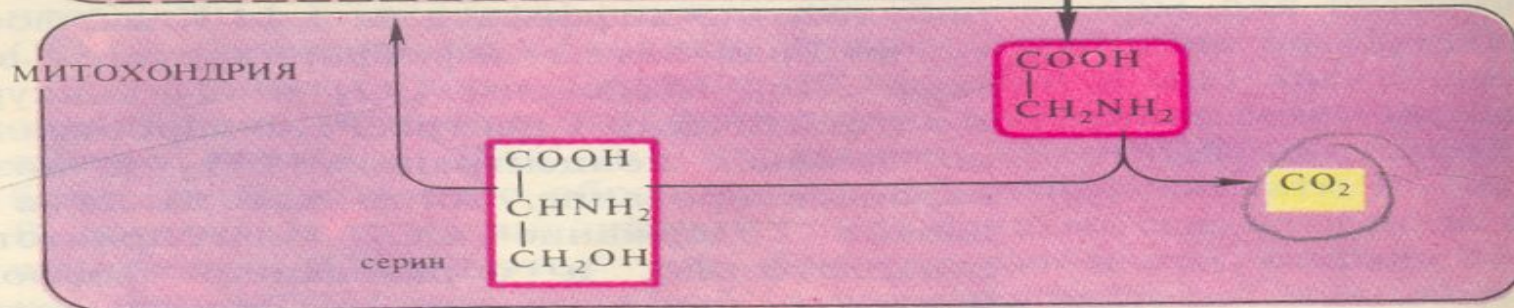
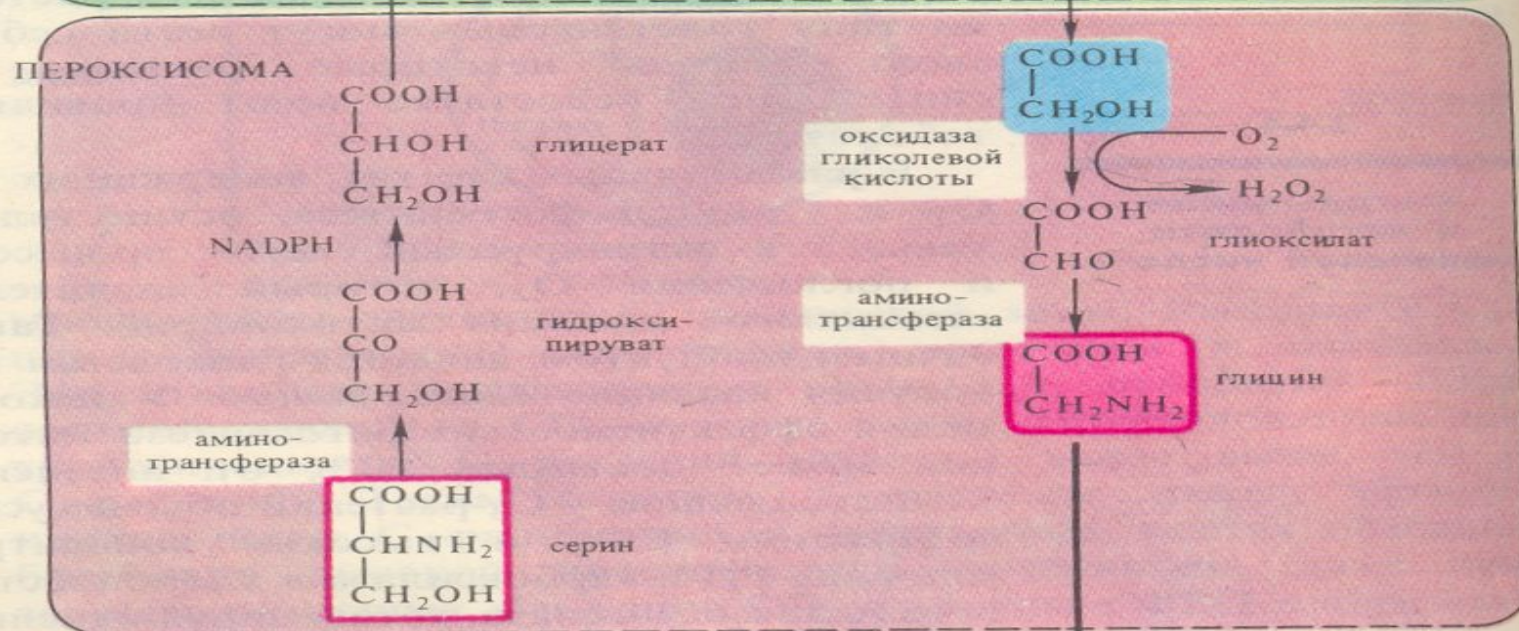
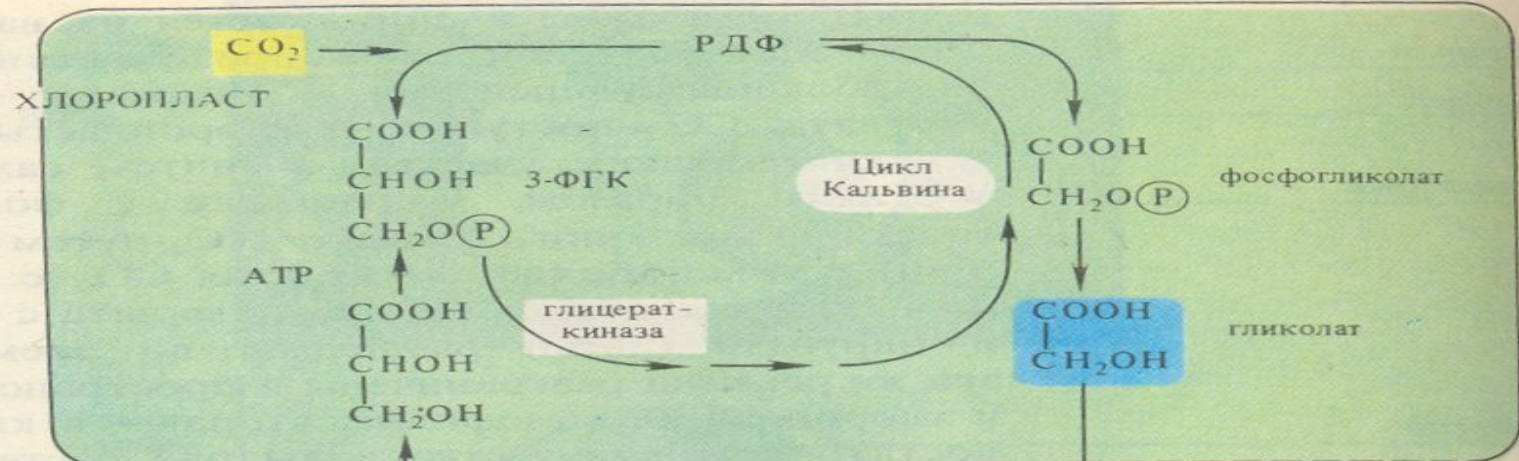
Фототыныс алу процесте **3-ФГҚ** және **2 - фосфогликоль қышқылы** түзіледі.

Фототыныс алу 3 органеллада жүреді:

1. **Хлоропласт - РБФ** → **гликоль қышқылы**
/гликолат/

2. **Пероксисома** – Гликолат → **глицин**

3. **Митохондрия** – Глицин → **серин**



Reaction catalyzed
by rubisco

Plasma membrane

O_2

CO_2

O_2

CCP

CC_{red}

RuBP (from
Calvin-Benson cycle)

Glycolate

CC_{ox}

$1/2 O_2$

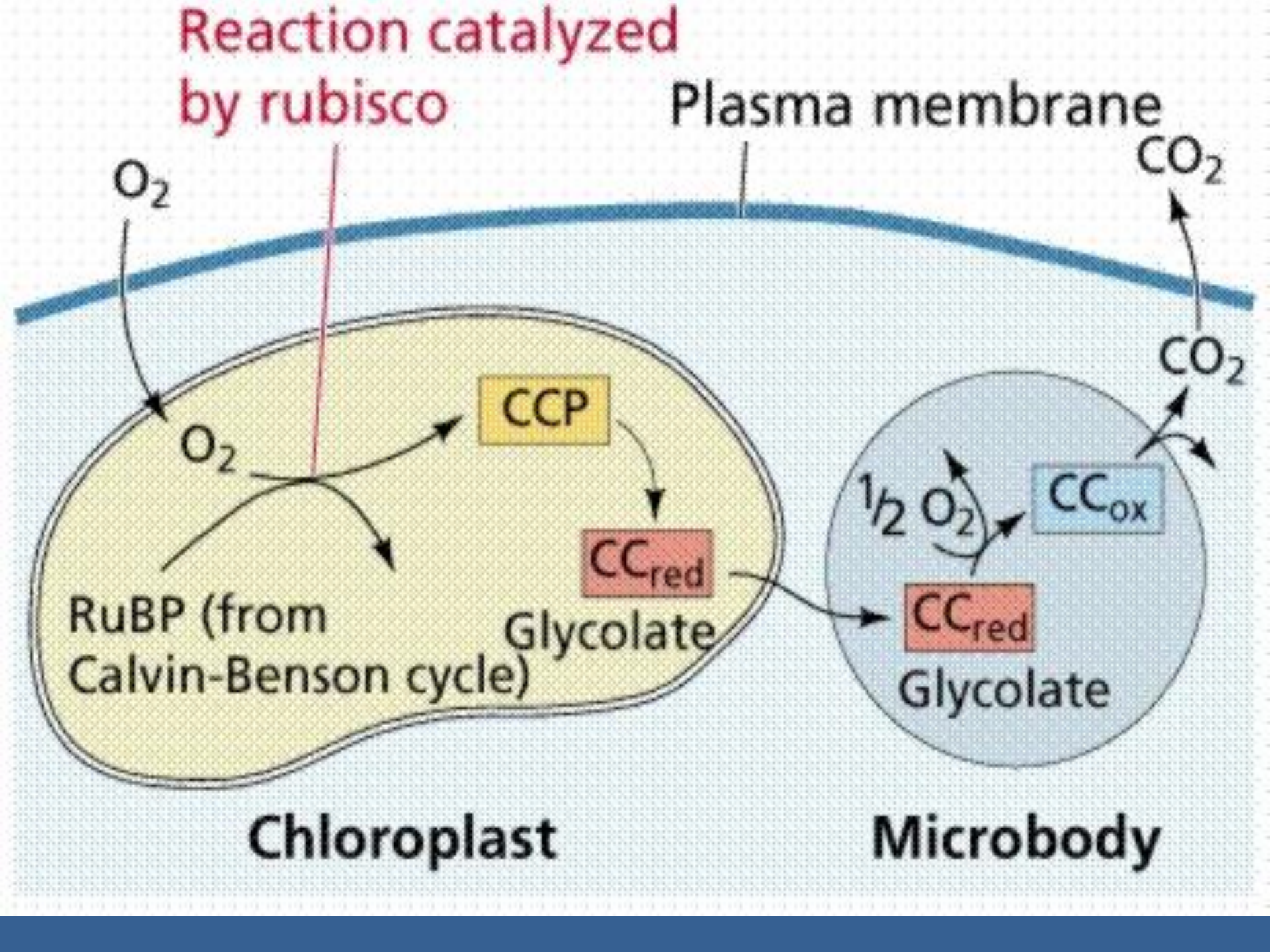
CC_{red}

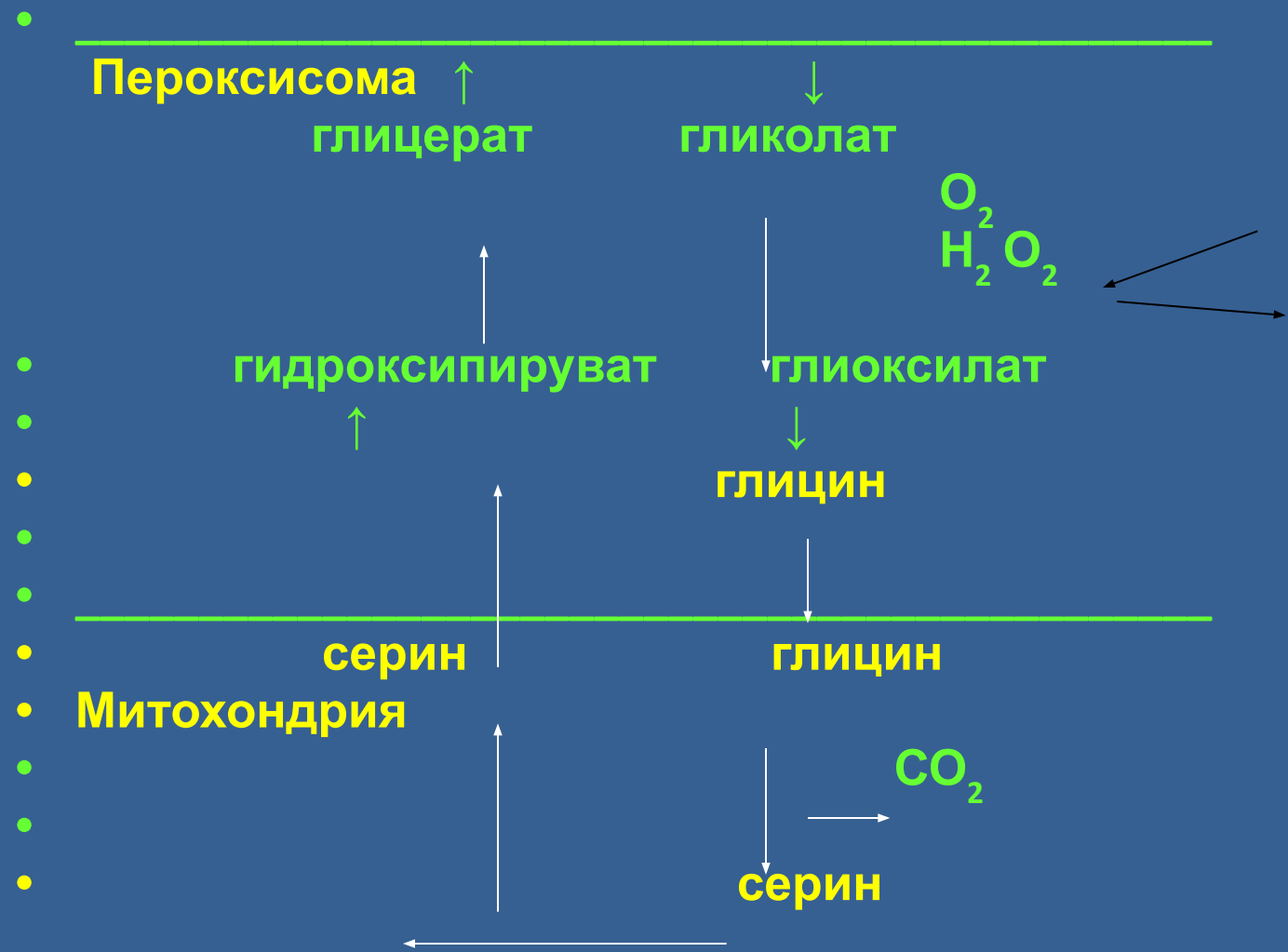
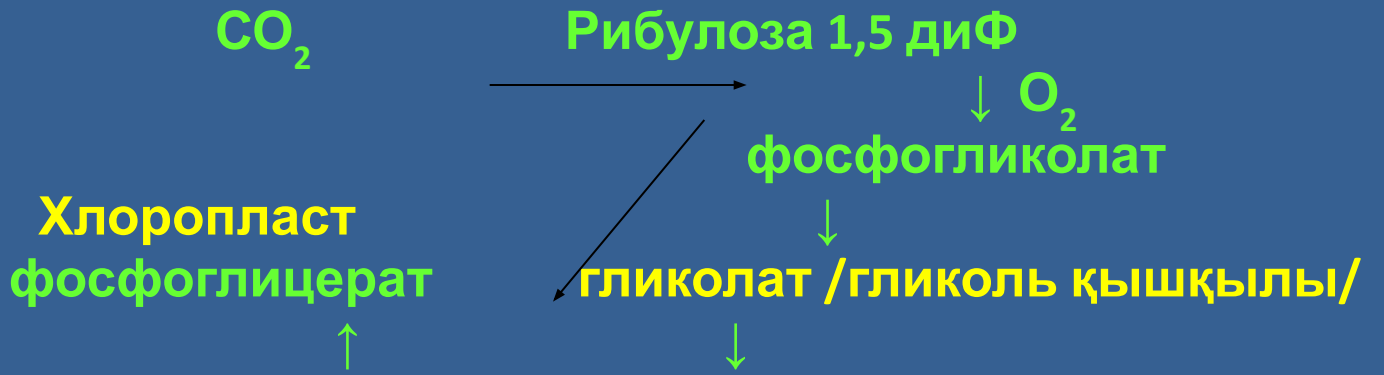
Glycolate

CO_2

Chloroplast

Microbody





- **C₄ жолы /Хэтч-Слэк циклі/**
- Эволюция бойында өзгерген ортаның жағдайларына бейімделу механизмі
- **1966 ж. – М.Д.Хетч пен К.Р.Слэк**
- **1960 ж. Ю.С.Карпилов**
- Кейбір субтропикалық және тропикалық өсімдіктерде
- **Амарант, жүгері, қант қамысы**
-
- Карбоксилденудің бірінші өнімі –
- 4 көміртек атомы бар қосынды.
-

■ 2 түрлі клеткалар бар:

Жапырақтың мезофилінде -
майда ұсақ граналы
пластидтер.

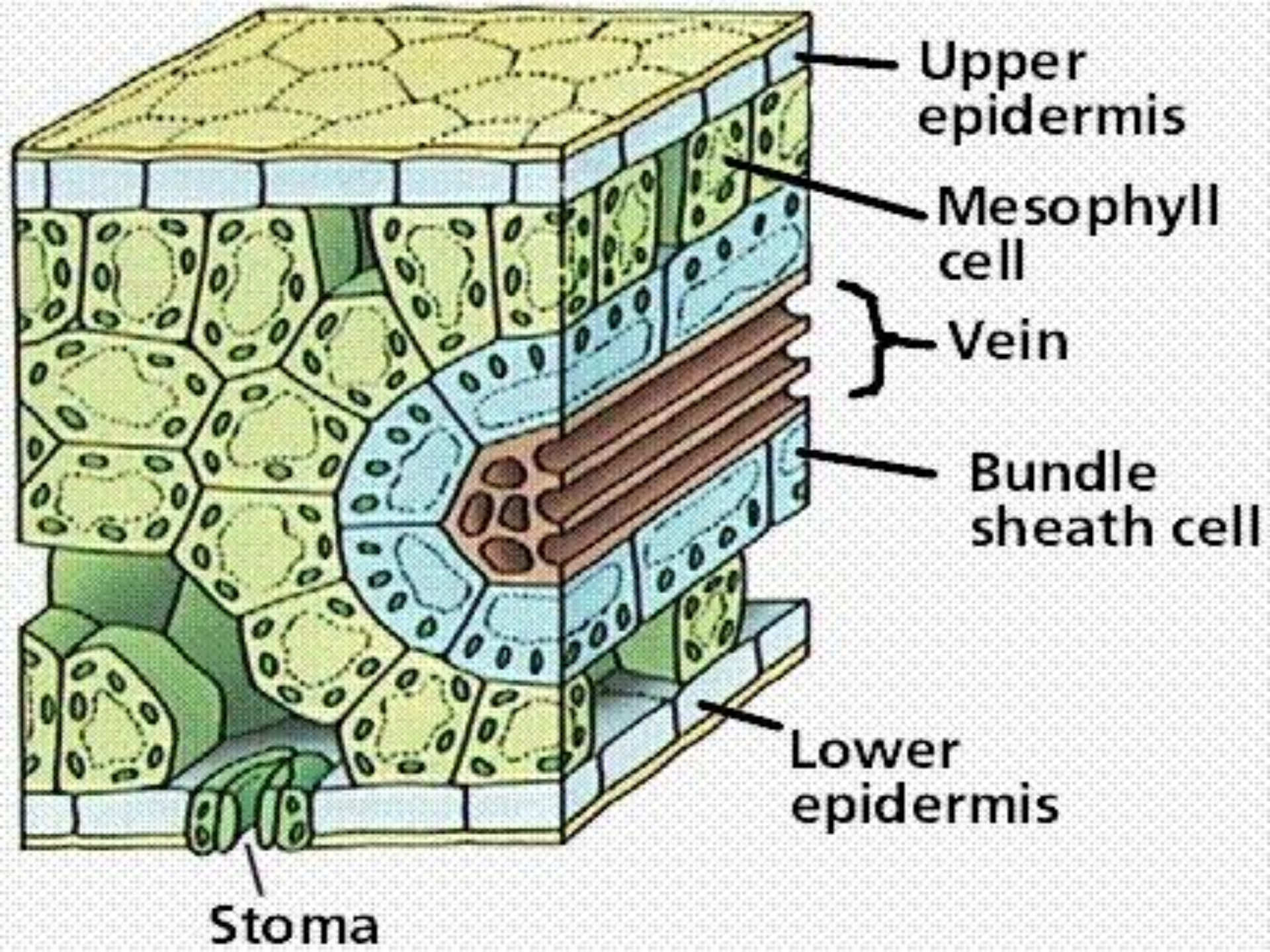


ФЖ2

Өткізгіш шоқтарды
қоршап
тұрған клеткаларда -
гранасы жоқ
ірі пластидтер



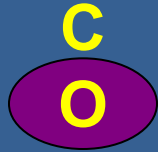
ФЖ1



Мезофилл
клеткалар

C_4 - жолы

ФЕП



ФЕП-карбоксилаза

2 ҚСҚ /қымыз сірке қышқылы/
оксалоацетат

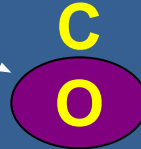
НАДФН+Н⁺

алма қышқылы / малат/

алма қышқылы / малат/

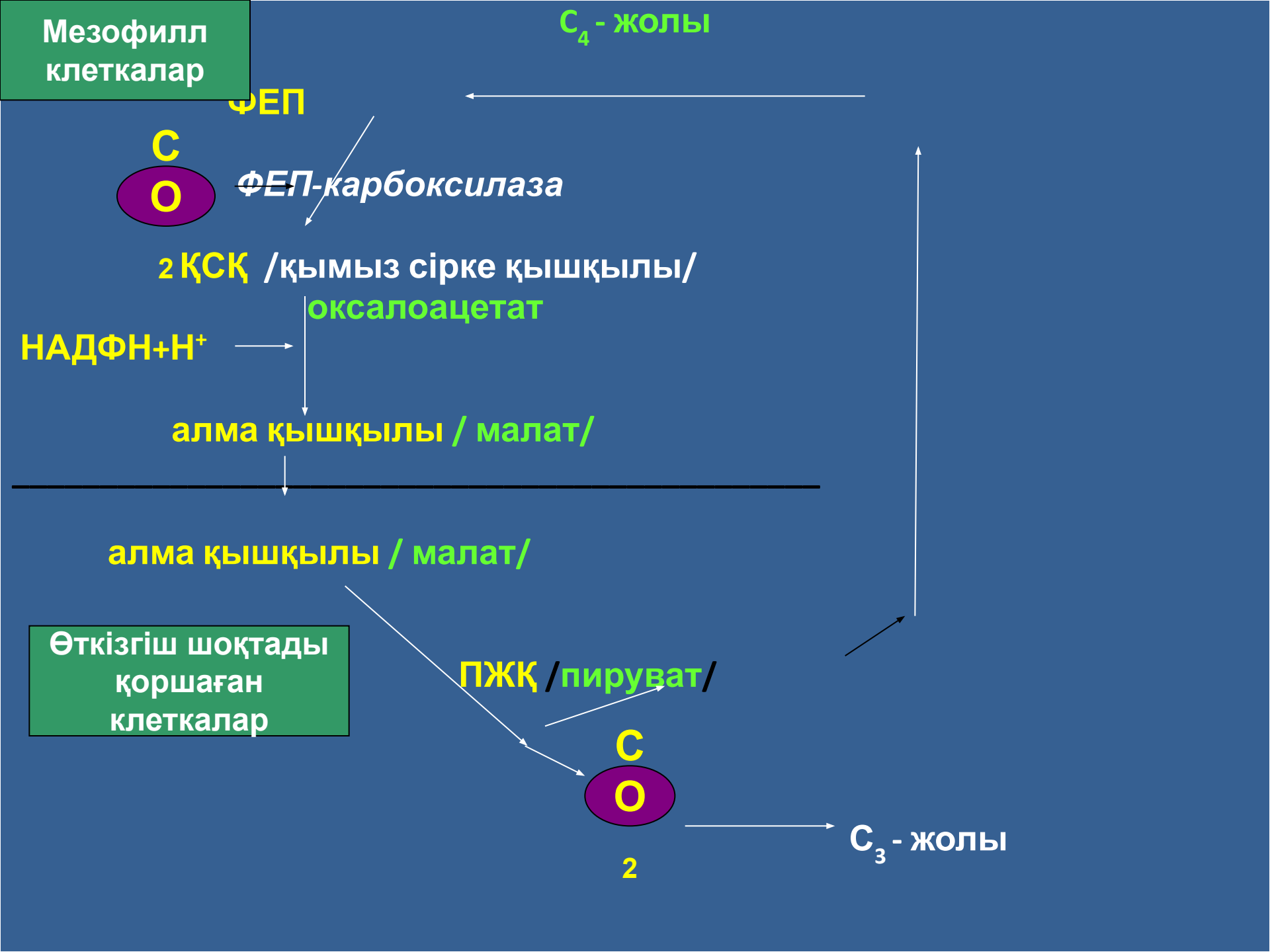
Өткізгіш шоқтады
қоршаған
клеткалар

ПЖҚ /пируват/



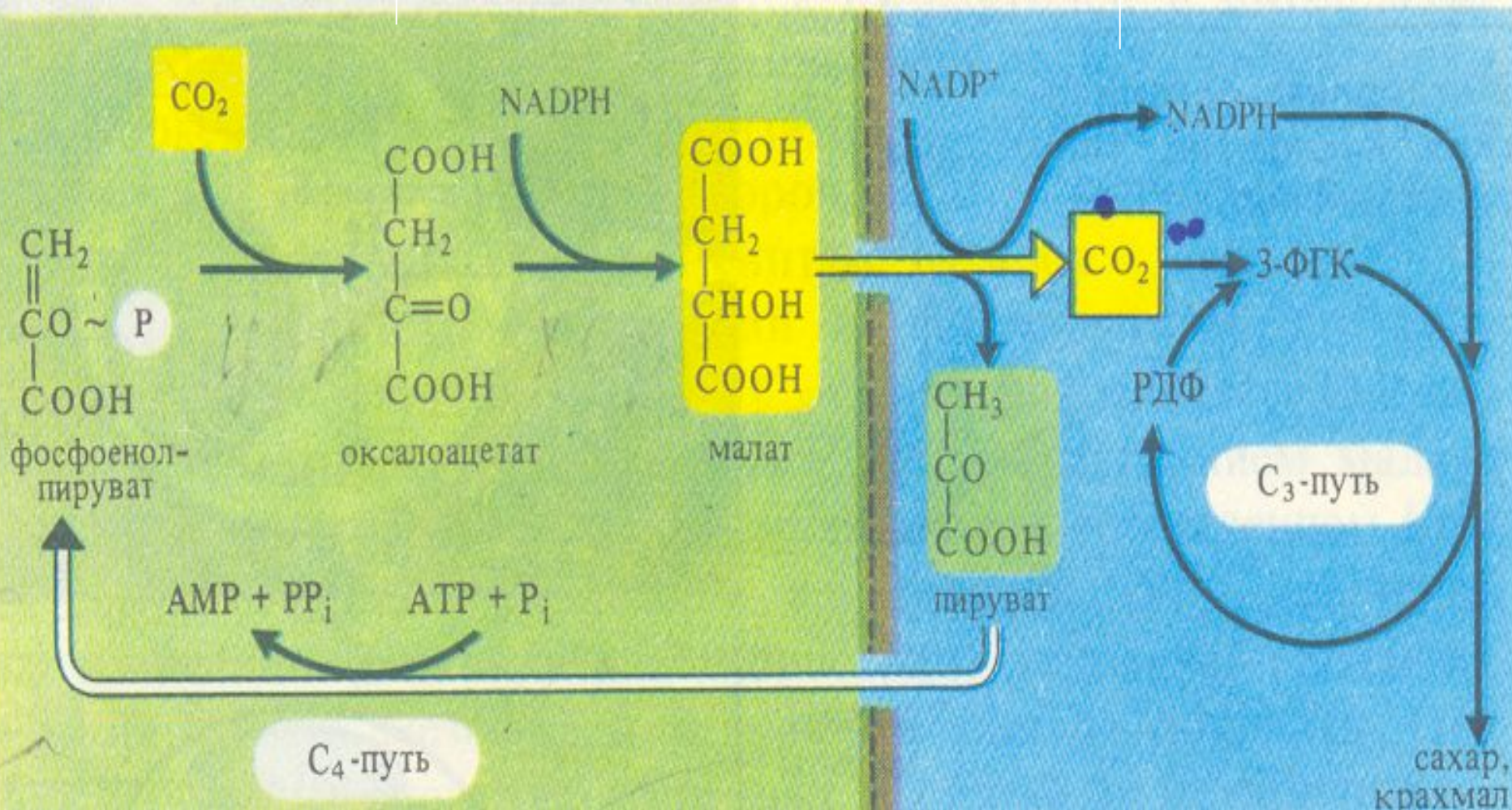
2

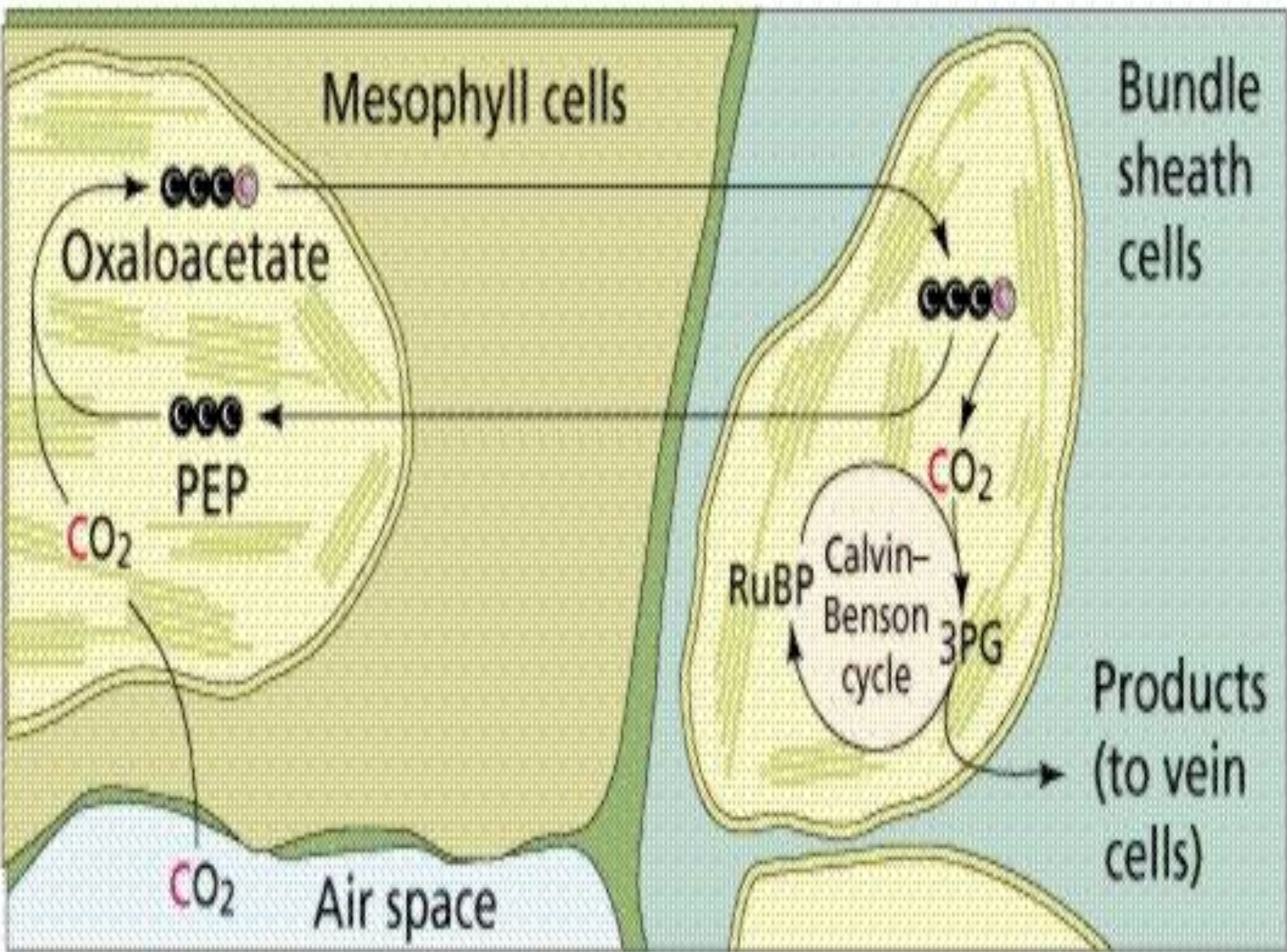
C_3 - жолы



Мезофилл клеткалары

Өткізгіш шоқтарды қоршап тұрған
клеткалар





• C_4 – жолының артықшылықтары:

- C_3 -жолымен жүретін фотосинтезде фототыныстың белсенділігі жоғары, ал C_4 - өсімдіктерде фототыныс алудың белсенділігі төмен.
- *Rubisco* фототынысты да катализдейді:
- $РБФ + CO_2 \rightarrow 2ФГҚ$ - **фосфоглицерин қышқылы.**
- $РБФ + O_2 \rightarrow ФГК$ - **фосфогликоль қышқылы.**
- Тотығу және карбоксилдену реакциялар бір бірімен бәсекеленеді.

- **C4- жолдың** өсімдіктерінде **C4-жолы** жүретін хлоропластарда O_2 –тің мөлшері төмен болады, себебі онда тек **ФЖ 1** жұмыс істейді. **ФЖ1**-де O_2 бөлінбейді
- *Rubisco* –ның карбоксилазалық және оксигеназалық функциялары O_2 мен CO_2 -нің мөлшеріне тәуелді.

2. Ф/с-дің температура оптимумы C_3 - жолы өсімдіктерде 20-25 °C, C_4 – 30-45°C.

3. C_4 -өсімдіктерде фотосинтездің күн сәулесіне қанығуы C_3 -өсімдіктерге қарағанда күн сәулесінің белсенділігі жоғарылау болғанда келеді.

Мысалы, C_3 -өсімдіктерде игеретін сәуленің белсенділігі толық күн сәулесінің белсенділігінің 50%-не тең болғанда ф/с-дің қарқындылығы өзгермейді.

C_4 -өсімдіктерде күн сәулесінің белсенділігі ұлғайғанда, ф/с-дің қарқындылығы өсе береді.

Сол үшін C_4 - өсімдіктерде ф/с қарқындылығы жоғары температурада және жарықтың белсенділігі жоғары болғанда да көтеріле береді.

4. C_4 -өсімдіктерде Кальвин циклінің өнімдері өткізгіш шоқтарды қоршаған клеткаларда түзіледі.

Ол ассимиляттардың таралуын оңайлатады, содан соң фотосинтез қарқындылығы да ұлғаяды.

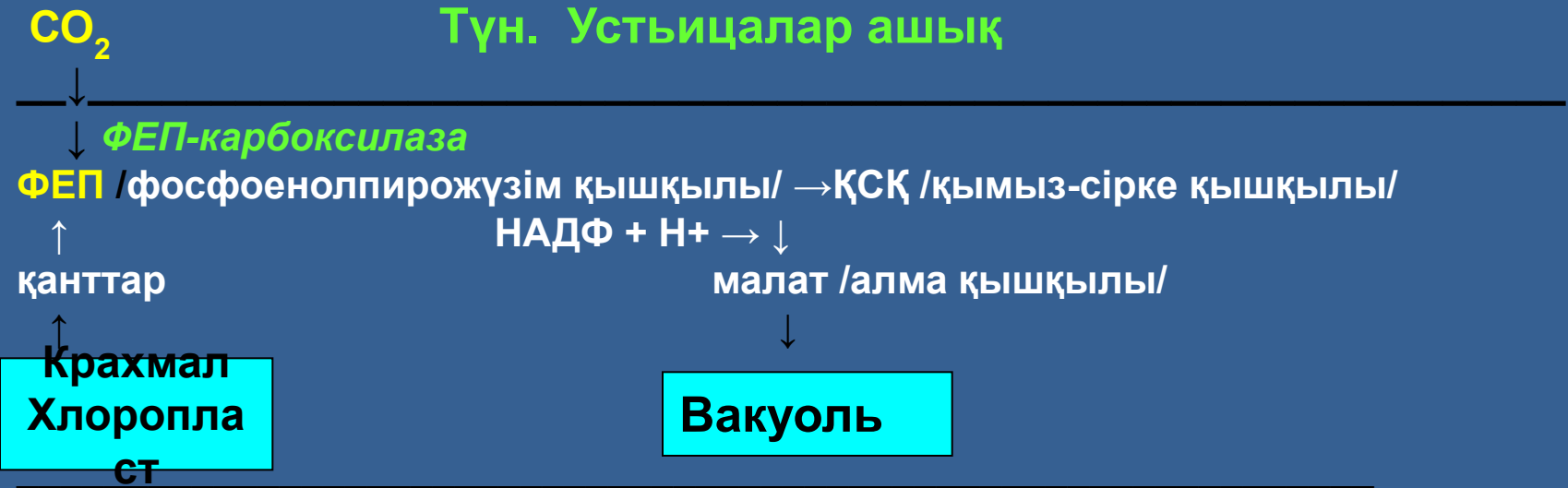
5. C_4 -өсімдіктер қуаңшылыққа, жоғары температураға төзімді болады

- **CAM /Crassulacean acid metabolism/- метаболизм**
- **ЖОҚМ –жасаңшөптердің органикалық қышқылдар метаболизмі**
- Тропикалық аймақта өсетін /**суккуленттер**/ өсімдіктерге тән.
-
- Оларда устьицалар күндіз ашық, түнде жабық болады.
- Суды аз жоғалтады, қуаңшылыққа төзімділік береді.

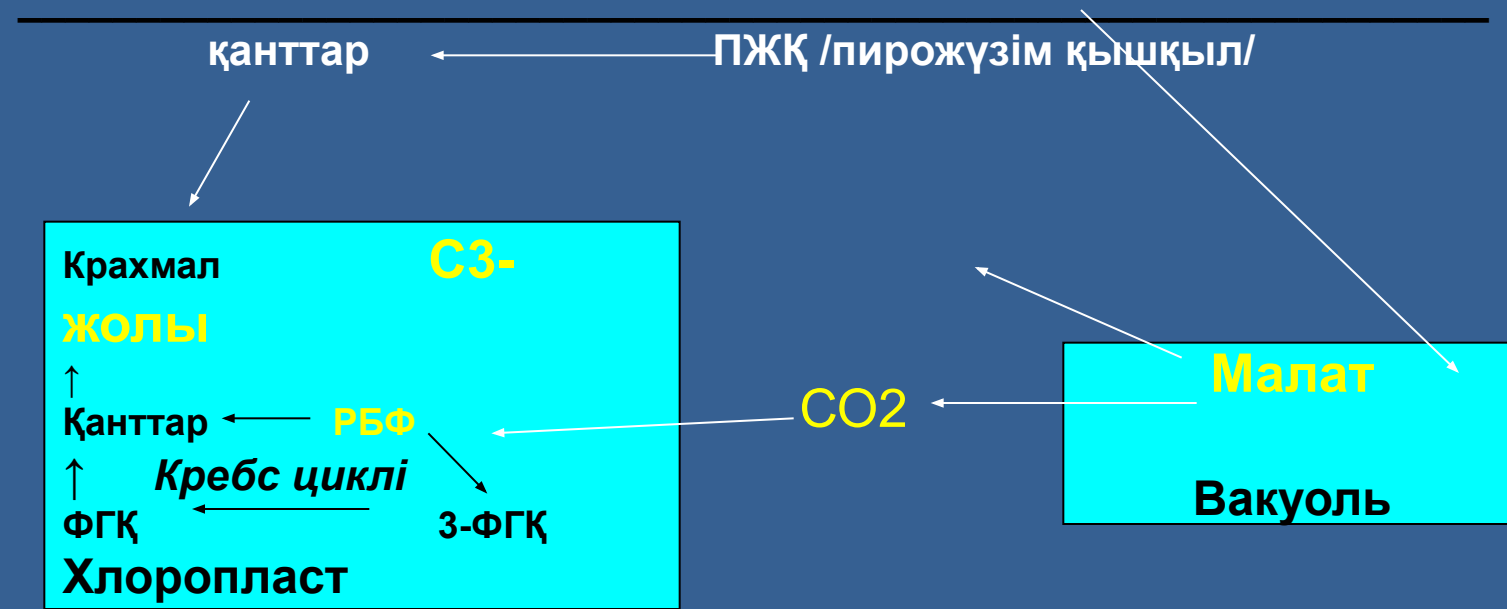


Crassula_Ovata

Түн. Устьицалар ашық



Күндіз Устьицалар жабық



Устьицалар ашық

CO₂ → CO₂

Түн



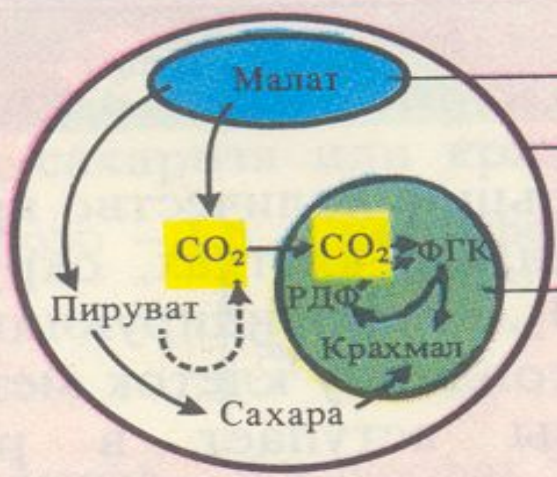
Вакуоль

Клетка

Хлоропласт

Устьицалар жабық

Күндіз



Вакуоль

Клетка

Хлоропласт

- **ЖОҚМ** фотосинтездің **C4** жолына ұқсас жүреді.
- Ерекшелігі: **ЖОҚМ-тәулікке тәуелді**, ал **C4-жолы - кеңістікке тәуелді** жүреді.
- 1. Клеткаларда **ФЕП-карбоксилаза** да және **РБФ-карбоксилаза/оксигеназа** да бар.
- 2. Күндіз **Кальвин циклінде** синтезделетін көмірсулар циклінің қайталауына керек, метаболиттердің көзі болып пайдаланылады (мысалы, ФЕП).

- 3. Осындай фотосинтез жолы суды максимальды үнемдеуді, фотосинтездің құаңшылық жағдайда жүруін қамтамасыз етеді.
- Бірақ **CAM-өсімдіктердің** өнімі жоғары болмайды, олар баяу өседі.
- Кейбір өсімдіктер су жетіскен жағдайда фотосинтез жолы **C3-жолына** ауысуы мүмкін.