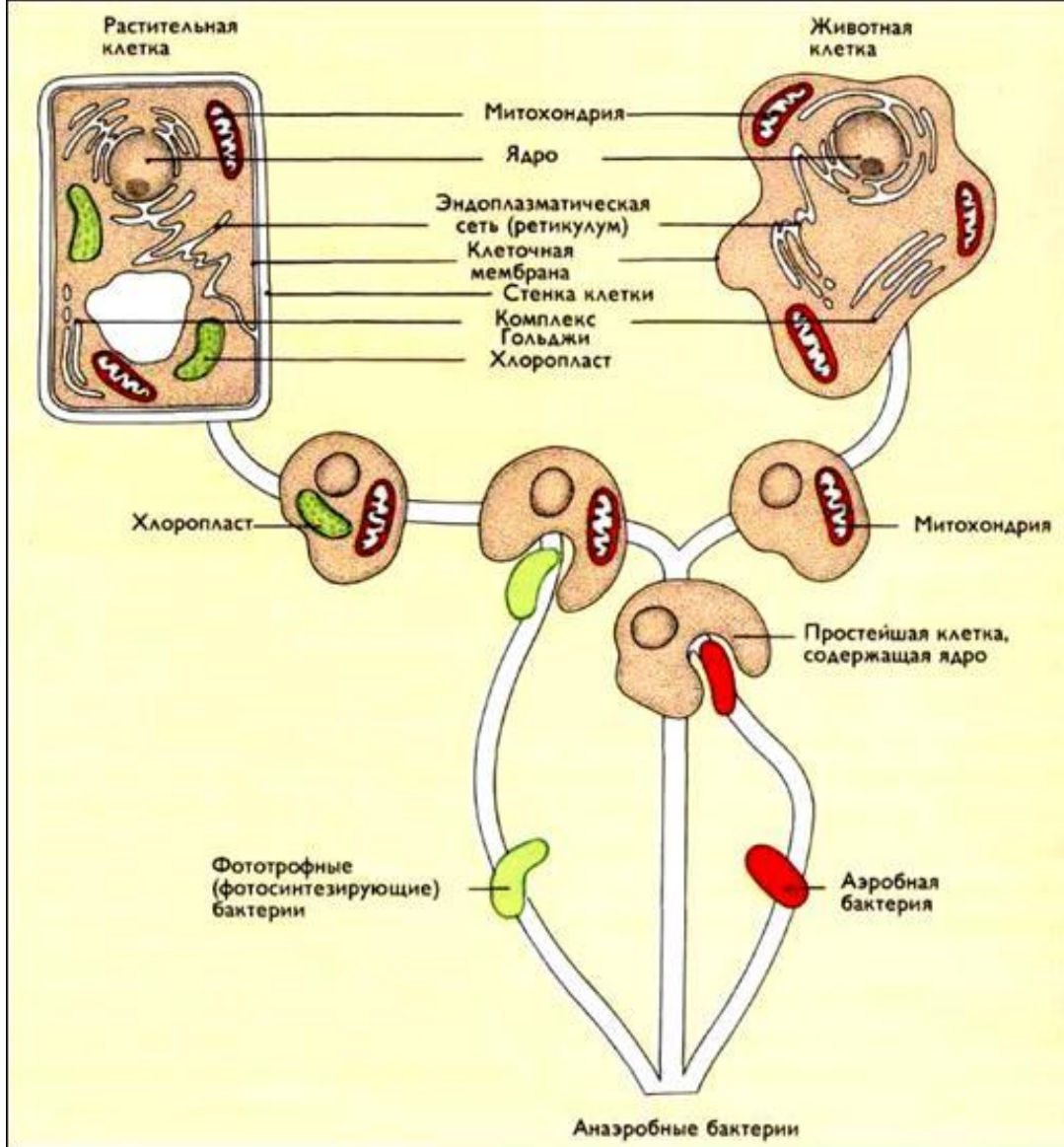


## Лекція 3

**Виникнення автотрофного  
живлення та його зв'язок з  
транспортом речовин**

**Фотосинтез** – процес, в якому рослини виконують роль посередника між енергією сонця та всім живим на землі.

Фотосинтез – єдиний процес у біосфері, який призводить до засвоєння енергії Сонця і забезпечує існування як рослин, так і всіх гетеротрофних організмів



Симбіогенетична теорія виникнення фототрофних еукаріотів



Найважливішими етапами еволюції біосфери були:

- 1) становлення біотичного кругообігу, його розширення й ускладнення структури;
- 2) виникнення і еволюція основних типів харчування організмів - первинно-гетеротрофного, автотрофного (хемо-і фототрофних) і вторинно-гетеротрофного;
- 3) виникнення різних типів біотичних відносин (конкуренції, хижацтва, паразитизму, симбіозу).

**Фотосинтез** (від грец. *φωτο* — світло та грец. *σύνθεσις* — синтез, сукупність) — асиміляція сонячної енергії, її перетворення в хімічну енергію за рахунок синтезу багатих енергією органічних сполук з неорганічних сполук — води та вуглекислого газу.

Без зелених рослин і властивого лише їм процесу фотосинтезу існування інших організмів було б неможливе.

**Космічна роль зелених рослин**, на яку вказував засновник сучасного вчення про фотосинтез **К.А. Тімірязєв**, виявляється в тому, що *«зелене зерно хлорофілу є тим фокусом, точкою в світовому просторі, в яку с одного боку притікає енергія сонця, а з другого – беруть початок всі прояви життя на Землі»*.

Тімірязєв писав: «Растение – посредник между небом и землёю. Оно истинный Прометей, похитивший огонь с неба. Похищенный им луч солнца горит и в мерцающей лучине, и в ослепительной искре электричества. Луч солнца приводит в движение и чудовищный маховик гигантской паровой машины, и кисть художника, и перо поэта»

- 1) Створення первинної біопродуктивності (100-170 млрд. тон/рік на суші і 60-70 млрд.тон/рік в океані)
- 2) Трансформація енергії Сонця в енергію хімічних зв'язків органічних сполук  
*80-85% ФАР і біля 25% ІЧ променів поглинається листками рослин; пропускається, відповідно, 5% і 30%, відбивається – 10% і 45%.*  
*Із поглинутої енергії ефективно витрачається у процесі фотосинтезу 0,5-2% ФАР. Вся інша енергія використовується переважно для випаровування води.*
- 3) Продукція кисню (70-120 млрд.тон/рік)
- 4) Створення і підтримка озонового екрану. *Захист від небезпечного космічного опромінення.*
- 5) Підтримка концентрації вуглекислого газу в атмосфері.
- 6) Попередження парникового ефекту.
- 7) Формування і підтримка газового складу атмосфери

В процесі фотосинтезу нагромаджуються **органічні речовини**, що є джерелом енергії та будівельним матеріалом для усіх гетеротрофів, зокрема і людини.

Зелені рослини – єдині **продуценти кисню**. Вміст кисню в атмосфері сталий за рахунок процесу фотосинтезу.



Акумуляована в процесі фотосинтезу енергія може зберігатися дуже довго: вугілля, нафта, природний газ – продукти організмів, що існували мільйони років тому, а енергією ми користуємося зараз.

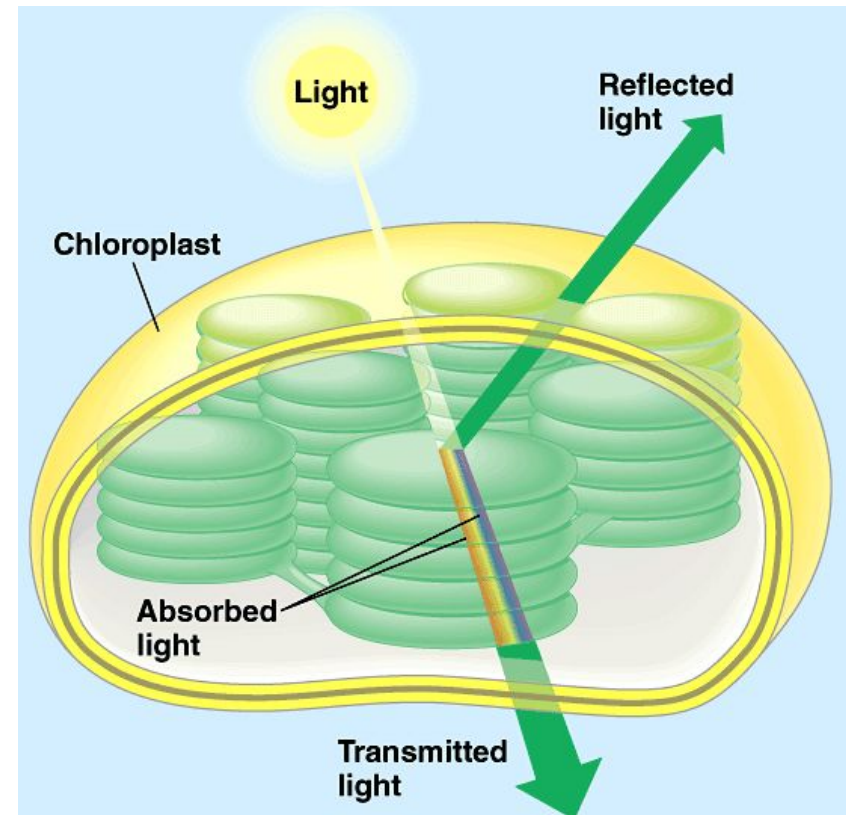
# Масштаби фотосинтезу

- За рік зелені рослини фіксують  $17,4 \cdot 10^{10}$  т вуглецю, що становить 20-25% від його запасів у повітрі у вигляді  $\text{CO}_2$  та 0,3-0,4% загальної кількості вуглецю у гідросфері та тропосфері.
- Одночасно рослини виділяють в атмосферу  $5 \cdot 10^{11}$  т кисню.
- Загальна продукція органічної речовини, що синтезується всією рослинністю земної кулі досягає  $4,5 \cdot 10^{11}$  т (в перерахунку на глюкозу).
- Людина використовує 3,5% органічного вуглецю, синтезованого наземною флорою та  $5 \cdot 10^{-5}$  % вуглецю, асимільованого рослинністю морів та океанів.

На земну поверхню щороку потрапляє  $5 \cdot 10^{23}$  ккал сонячної енергії, частка рослин на землі становить 40%, отже рослини можуть засвоїти  $2 \cdot 10^{23}$  ккал.

Враховуючи втрати енергії внаслідок розсіювання, відбиття тощо, а також енергетичний вихід фотосинтезу (до 2%), то загальна кількість енергії, яка щорічно запасається в продуктах фотосинтезу, становить

$5 \cdot 10^{22}$  ккал. (Рубін Б.А.)



# Значення фотосинтезу

- Поповнення втрат органічних сполук, яке відбувається безперервно внаслідок життєдіяльності гетеротрофних організмів та в результаті виробничої діяльності людини.
- Нагромадження величезної кількості хімічної енергії в продуктах фотосинтезу

- Забезпечення сталого вмісту кисню в атмосфері, необхідного для існування більшості організмів.
- Ліквідація надлишкового нагромадження вуглекислого газу в атмосфері.

Унікальна роль фотосинтезу –  
забезпечення кругообігу вуглецю:  
вуглекислий газ, кінцевий продукт розпаду  
органічної матерії, завдяки фотосинтезу стає  
джерелом утворення органічної речовини.

*Фотосинтез відіграє визначну роль в  
енергетиці біосфери в цілому.*

Рис. 70  
Фотосинтез



# Продукти фотосинтезу

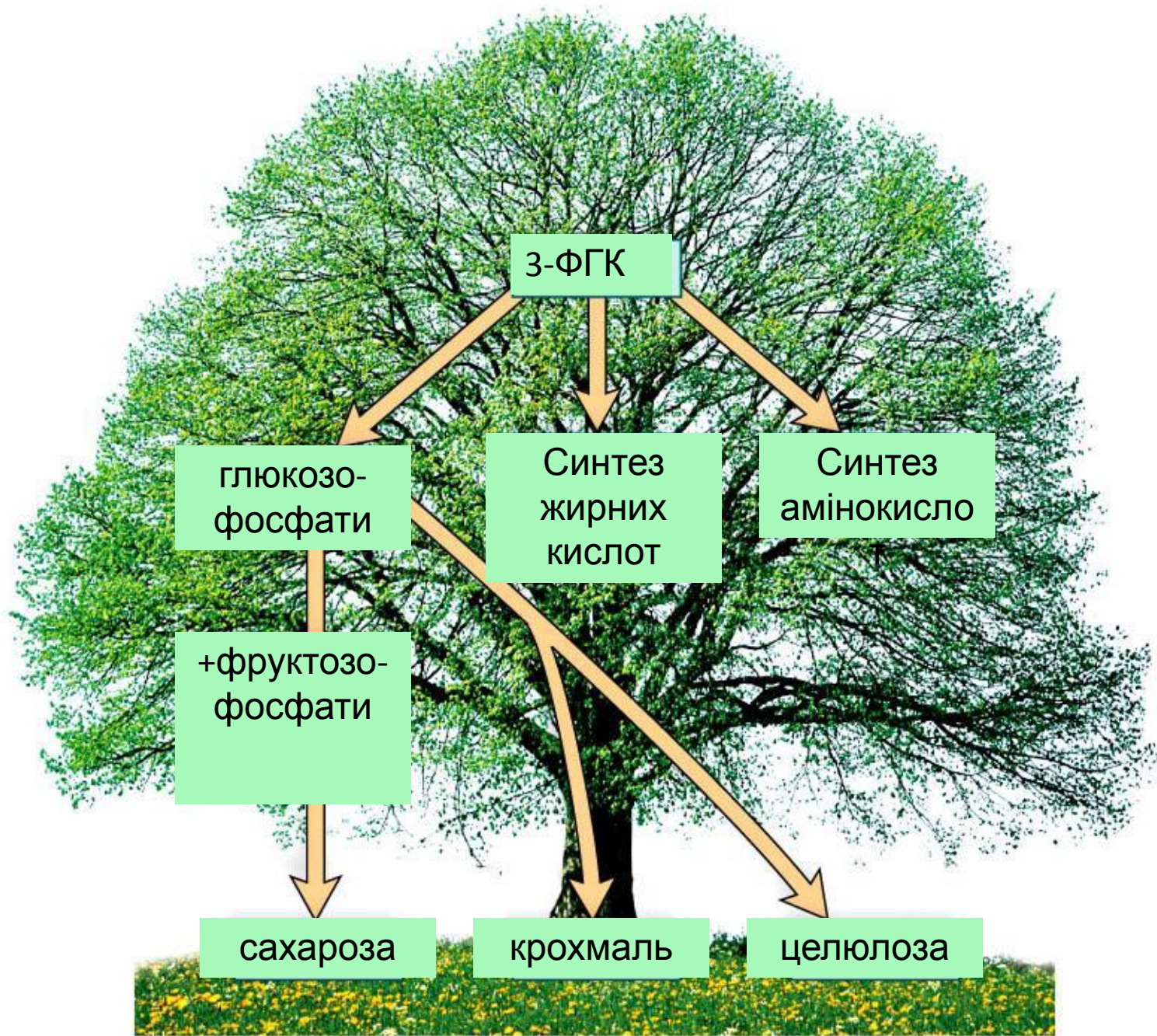
Продуктами фотосинтезу вважають низку речовин, що утворюються в хлоропластах в результаті засвоєння вуглекислоти.

Первинним продуктом фотосинтезу є 3-фосфогліцерінова кислота (3-ФГК).

Основними кінцевими продуктами фотосинтезу вищих рослин і водоростей є вуглеводи: **сахароза і крохмаль.**

Продуктами фотосинтезу за різних умов можуть бути **амінокислоти, білки, органічні кислоти.**





3-ФГК

глюкозо-фосфати

Синтез жирних кислот

Синтез амінокисло

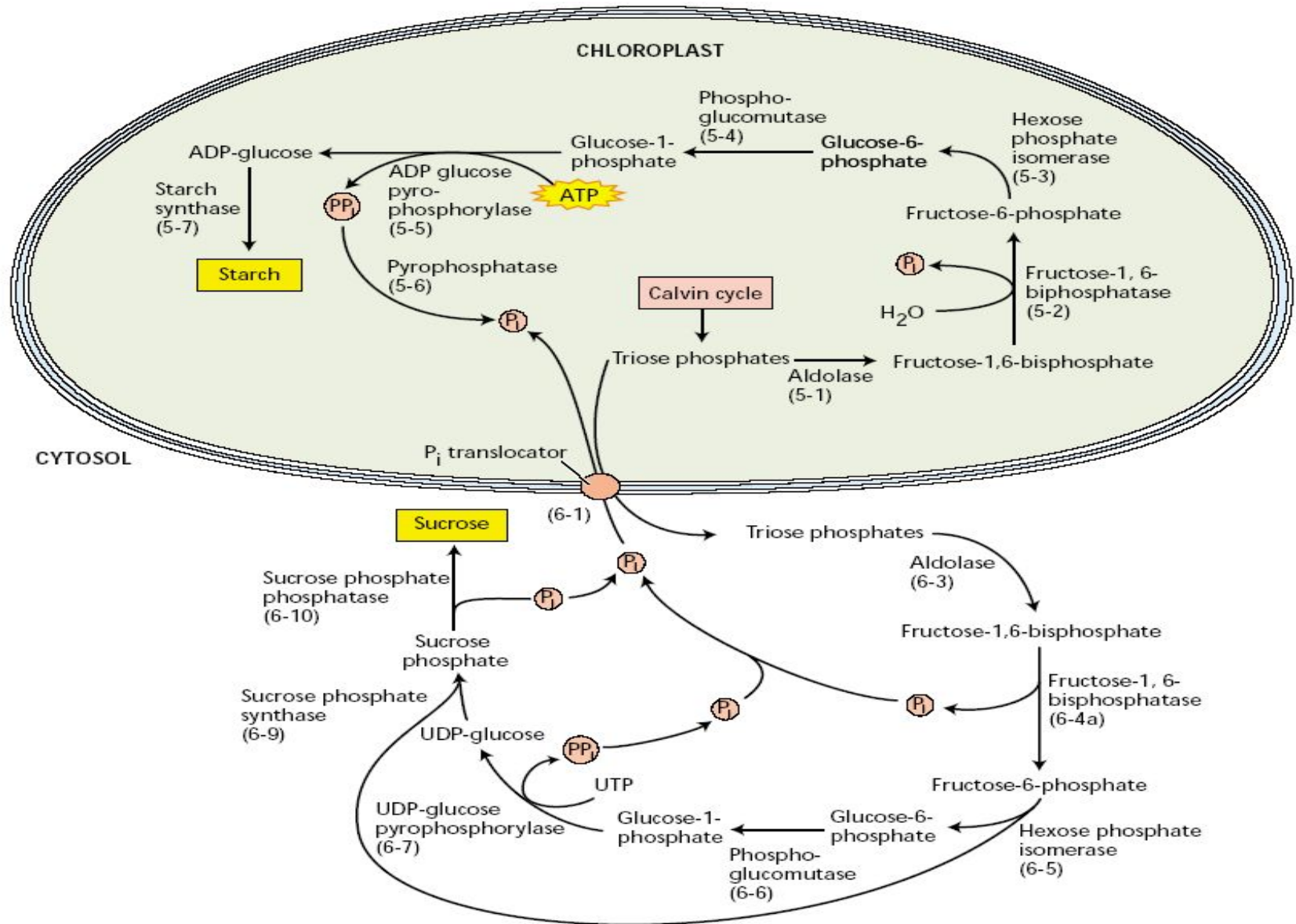
+фруктозо-фосфати

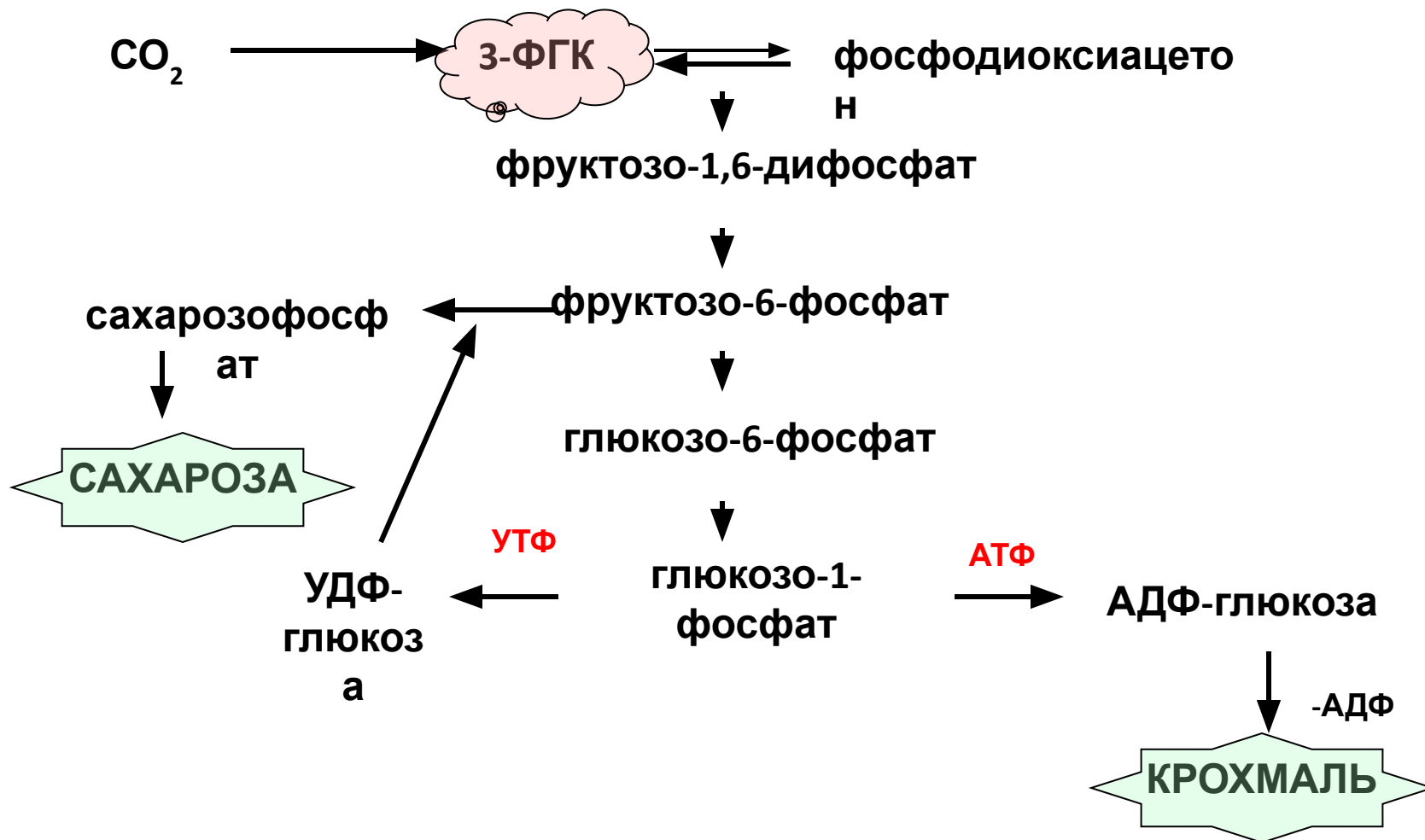
сахароза

крохмаль

целюлоза

# Синтез вуглеводів при фотосинтезі





Відбувається конкуренція між двома ферментними системами:

- АДФ-глюкопірофосфорилази і спряженої з нею крохмальсинтази та
- УДФ-глюкопірофосфорилази і спряженої з нею сахарозофосфатсинтази

# Транспорт продуктів фотосинтезу

Значна частина продуктів фотосинтезу використовується безпосередньо в клітинах мезофілу, решта транспортується в інші органи рослини.

Відтік продуктів фотосинтезу від клітин мезофілу до провідних пучків (ближнє транспортування) здійснюється 3-ма шляхами:

- Проста **дифузія** крізь товщу протоплазми і оболонки клітин;
- Рух по плазмодесмам (**симпластний шлях**);
- Рух по вільному простору міжклітинників (**апопластний шлях**).

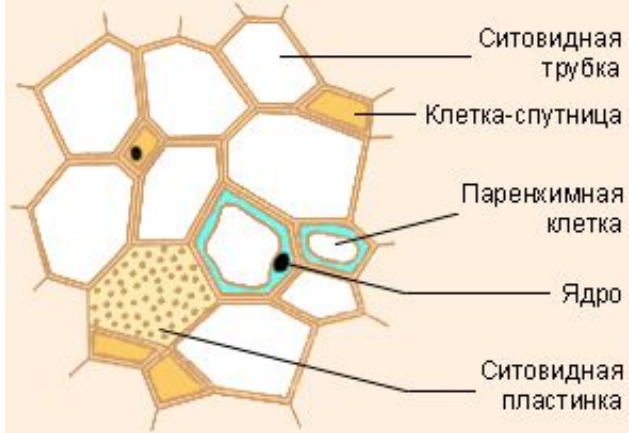


*Схематическое изображение группы растительных клеток, на котором суммированы все возможные пути передвижения воды (растворов). Одновременно могут использоваться сразу несколько путей. Такие пути могут функционировать и в листе, и в коре корня. Вакуолярная «переброска» ионов обязательно включает активный транспорт. Важнейшую роль играет апопластный путь, минимальную — вакуолярный.*

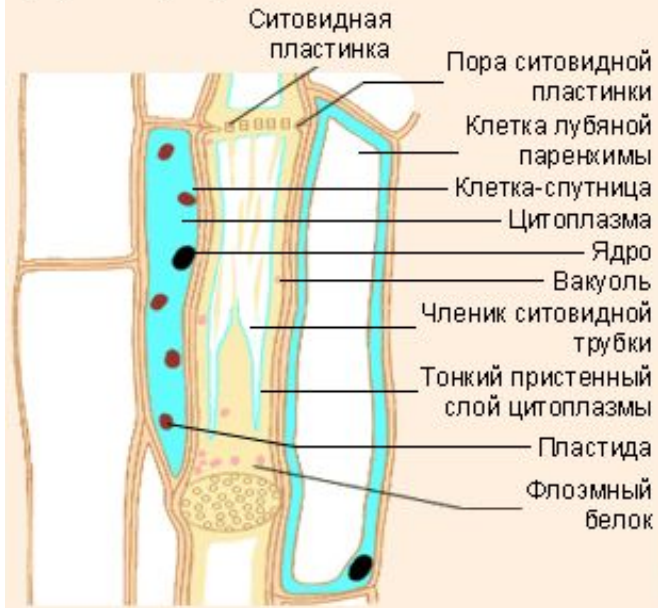
**Дальнє транспортування продуктів фотосинтезу здійснюється по провідних пучках та по флоемі.**

**Основна транспортна форма асимілятів – сахароза (для більшості рослин), або стахіоза (*трисахарид у гарбузових*), оскільки в провідних пучках відсутня інвертаза.**

Поперечный разрез



Продольный разрез



Ситовидные трубки тыквы



**Рух асимілятів – активний процес, що відбувається за рахунок енергії дихання.**

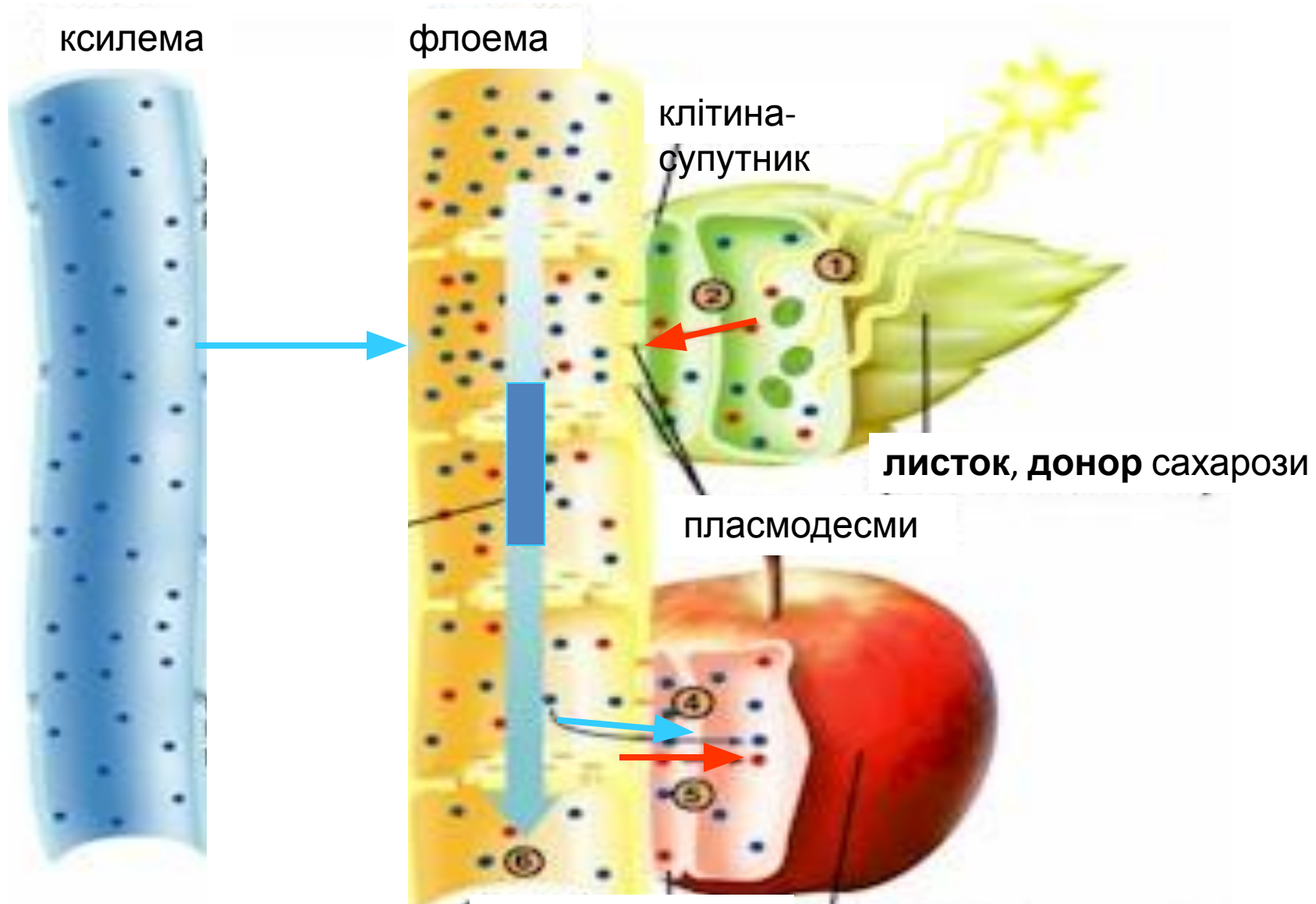
*Швидкість пересування асимілятів по флоемі 40-150 см/год.*



Дальнє транспортування продуктів фотосинтезу по рослині лежить в основі **донорно-акцепторних взаємозв'язків** між органами рослини.

**Зрілий листок, продуцент асимілятів, є донором поживних речовин для метаболічно активних органів-акцепторів (наприклад, плодів).**

Існує тісна взаємозалежність між інтенсивністю метаболізму органа-акцептора та ефективністю продукції асимілятів донором.





 осмос  
 активний транспорт сахарози

