



Київський національний університет імені Тараса Шевченка



ННЦ «Інститут біології»  
Кафедра цитології, гістології та  
біології розвитку

# Вторинні посередники у різних типах клітин

Трудненко Катерина Сергіївна  
студентка 1 курсу магістратури

2016

# Компоненти сигнальної системи

Ерл Сазерленд вперше отримав Нобелівську премію за відкриття системи вторинних посередників,

1. Рецептори за що отримав в 1971 році
2. G-білки Нобелівську премію по фізіології і медицині.
3. Адапторні молекули
4. Ефектори
5. Вторинні месенджери
6. Сигнальні молекули-ферменти  
(забезпечують посттрансляційну модифікацію посередників передачі сигналу)
7. Кінцеві мішені

Могут быть синтезированы и активированы при помощи

- ▣ ферментов,  
например, циклаз (аденилатциклаза, гуанилатциклаза),  
циклические нуклеотиды цАМФ и цГМФ,
- ▣ синтазы оксида азота,  
которая синтезирует оксид азота (II),
- ▣ фосфолипазы C,  
которая синтезирует диацилглицерин и инозитолтрифосфат,
- ▣ открытия или закрытия ионных каналов клетки,  
ионов кальция.

я со

иназы,  
аналы



дальнейший внутриклеточный сигнальный каскад вплоть до  
эффекторов N-го порядка.

▣ Типи молекул вторинних посередників



гідрофобні

ДАГ  
ФІ



гідрофільні

цАМФ  
цГМФ



гази

NO  
CO  
H<sub>2</sub>S

# Общие свойства молекул вторичных посредников

[ [править](#) | [править вики-текст](#) ]

Внутриклеточные вторичные посредники имеют некоторые общие для них все свойства:

1. Они могут быть очень быстро синтезированы и выделены и так же быстро удалены или обезврежены при помощи специфических каталитических ферментов или ионных каналов;
2. Некоторые из них, такие, как ионы кальция, могут храниться про запас в специализированных органеллах (гранулах или вакуолях) и быстро высвободиться — и так же быстро связываться и транспортироваться — при необходимости.
3. Их продукция и выделение, как и их удаление, уничтожение или обезвреживание, находится под жёстким контролем внутриклеточных систем обратной связи, не допускающих чрезмерного усиления или чрезмерной продолжительности поступающего извне сигнала и предотвращающих, в нормальных условиях, самоповреждение клетки в процессе обработки сигнала.
4. Их продукция и выделение, как и их удаление, уничтожение или обезвреживание, может быть ограничено во времени и пространстве, что позволяет клетке локализовать в пространстве (в той или иной части клетки) и ограничить во времени процессы передачи сигнала.

# Антагоністична пара :

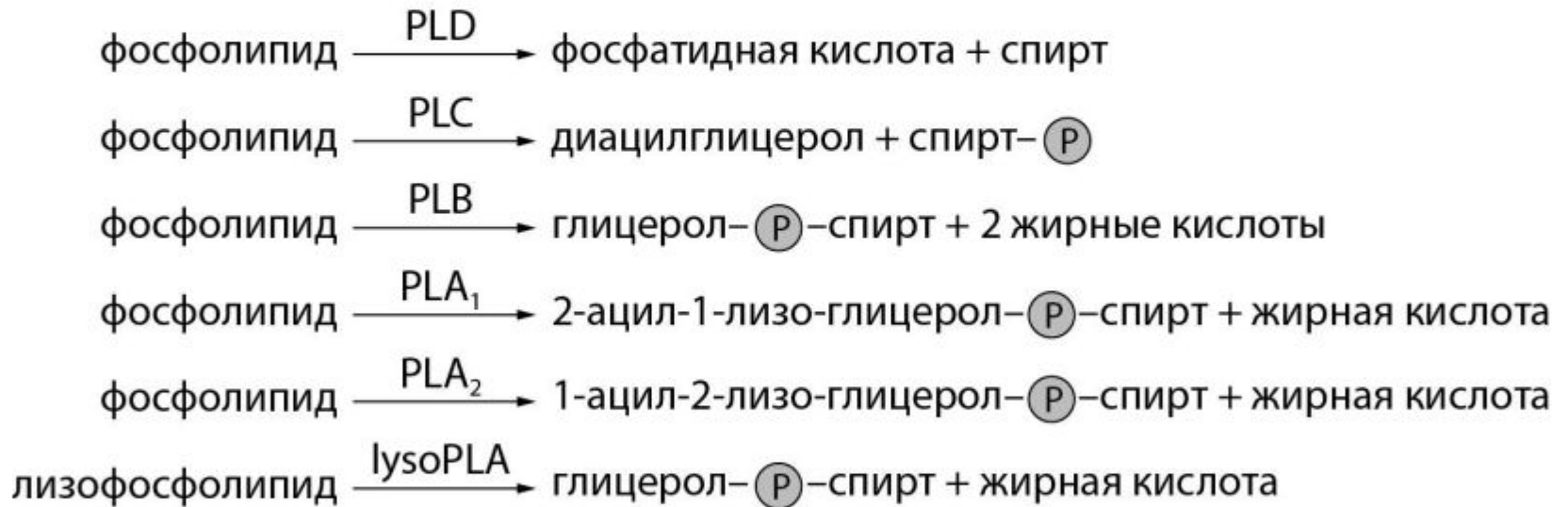
первинний ефектор — фермент, що руйнує молекулу вторинного посередника

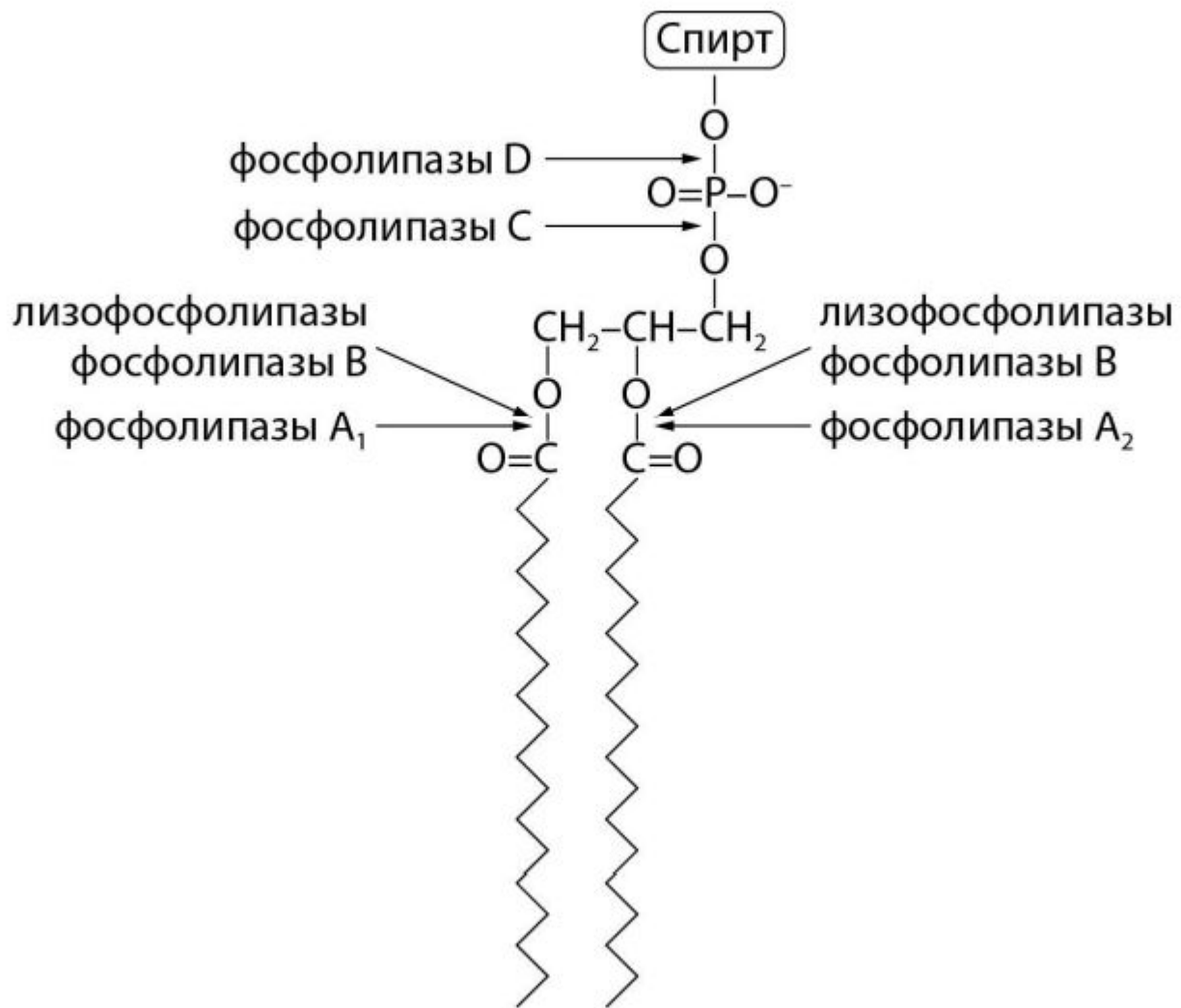
Аденілатциклаза



Фосфодіестераза

# Фосфоліпази







# Фосфоліпази

## Фосфоліпаза С

идентичными. Например, у растений фосфатидилинозитол может быть одновременно фосфорилирован только по двум положениям: 3 и 4; 4 и 5 или 3 и 5, тогда как в клетках животных присутствуют трижды фосфорилированный PI по положениям 3, 4 и 5. Второе

фосфат-5-киназой из фосфатидилинозитол-4-фосфата (PI-4-P). Предположительно в геноме Arabidopsis кодируется 9 генов PI-4-P-5-киназы. Содержание PI-4,5-P<sub>2</sub> в клетках высших растений на порядок ниже, чем у животных. Однако это вовсе не означает меньшую значимость данного соединения для растений. Низкое содержание PI-4,5-P<sub>2</sub> поддерживается исключительно за счет высокой активности фосфолипазы С в условиях, при которых стимулируется данная сигнальная система. У вольвоксовой водоросли

### *Отличие PLC-сигналинга растений и животных*

У растений и грибов сигнальный механизм с участием фосфолипазы C отличается от такового у животных. Основным отличием является набор вторичных мессенджеров. У животных вторичными мессенджерами выступают продукты гидролиза фосфоинозитол-4,5-дифосфата: инозитол-трифосфат ( $IP_3$ ) и диацилглицерол (DAG), а у растений и грибов — продукты последующей метаболизации этих соединений: инозитол-гексакисфосфат ( $IP_6$ ), фосфатидная кислота и диацилглицерол-пирофосфат (DGPP) (слайд 52, презентация).

# Фосфолипаза А

Растительные фосфолипазы  $A_2$  во многом сходны с животными, однако у растений к настоящему времени выделено, очищено и клонировано только два типа: секреторные ( $sPLA_2$ ) и внутриклеточные ( $iPLA_2$ ).

# Фосфолипаза D

## Функции фосфолипаз D

- ранние этапы онтогенеза
- стрессовые реакции (опосредуется действие АБК, этилена и жасмоната и их синтез)
- ингибирование поглощающих  $K^+$ -каналов и закрывание устьиц
- внутриклеточный транспорт везикул и секреция
- перестройка цитоскелета

**фосфатидная кислота** активирует:

- фосфатидилинозитол-4-фосфат-5-киназу
- NADPH-оксидазы (окислительный стресс )
- фосфолипазы C и  $A_2$

## ФОСФОЛИПИДНЫЙ СИГНАЛИНГ У РАСТЕНИЙ

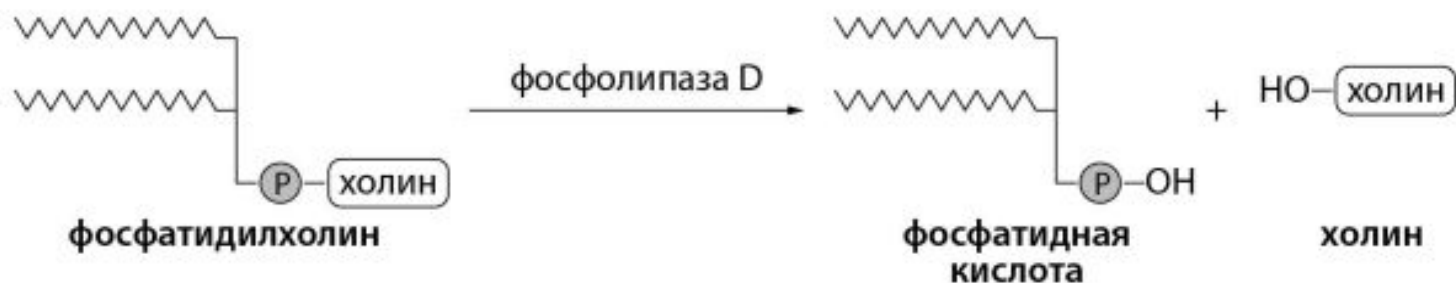


Рис. 2. Реакция, катализируемая фосфолипазой D.

## ДЖАМЕЕВ

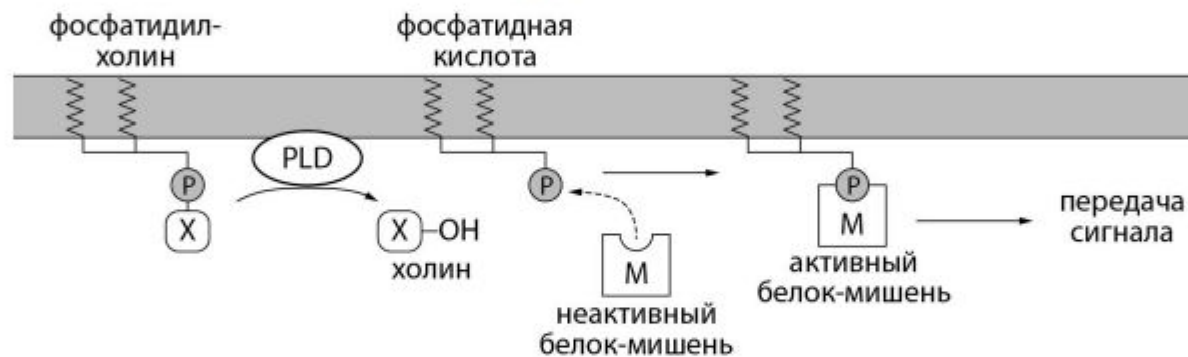
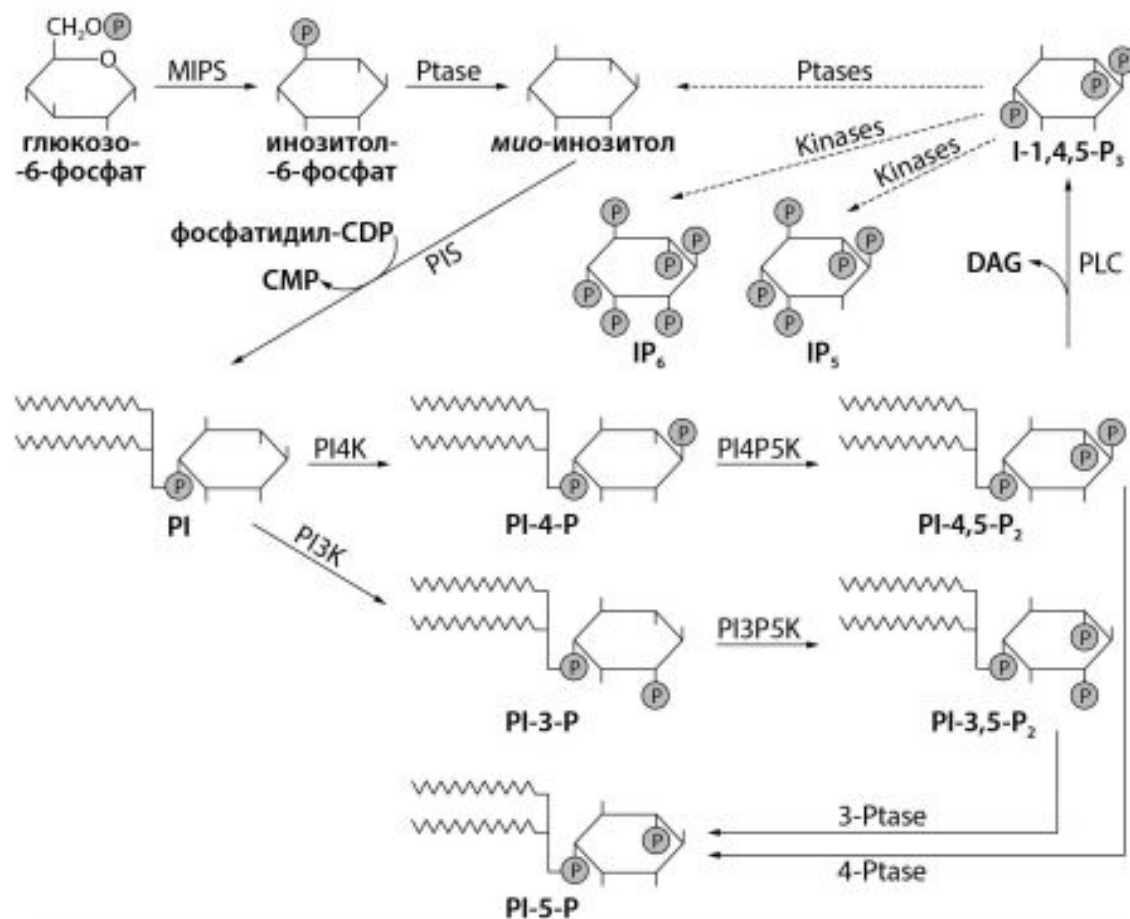
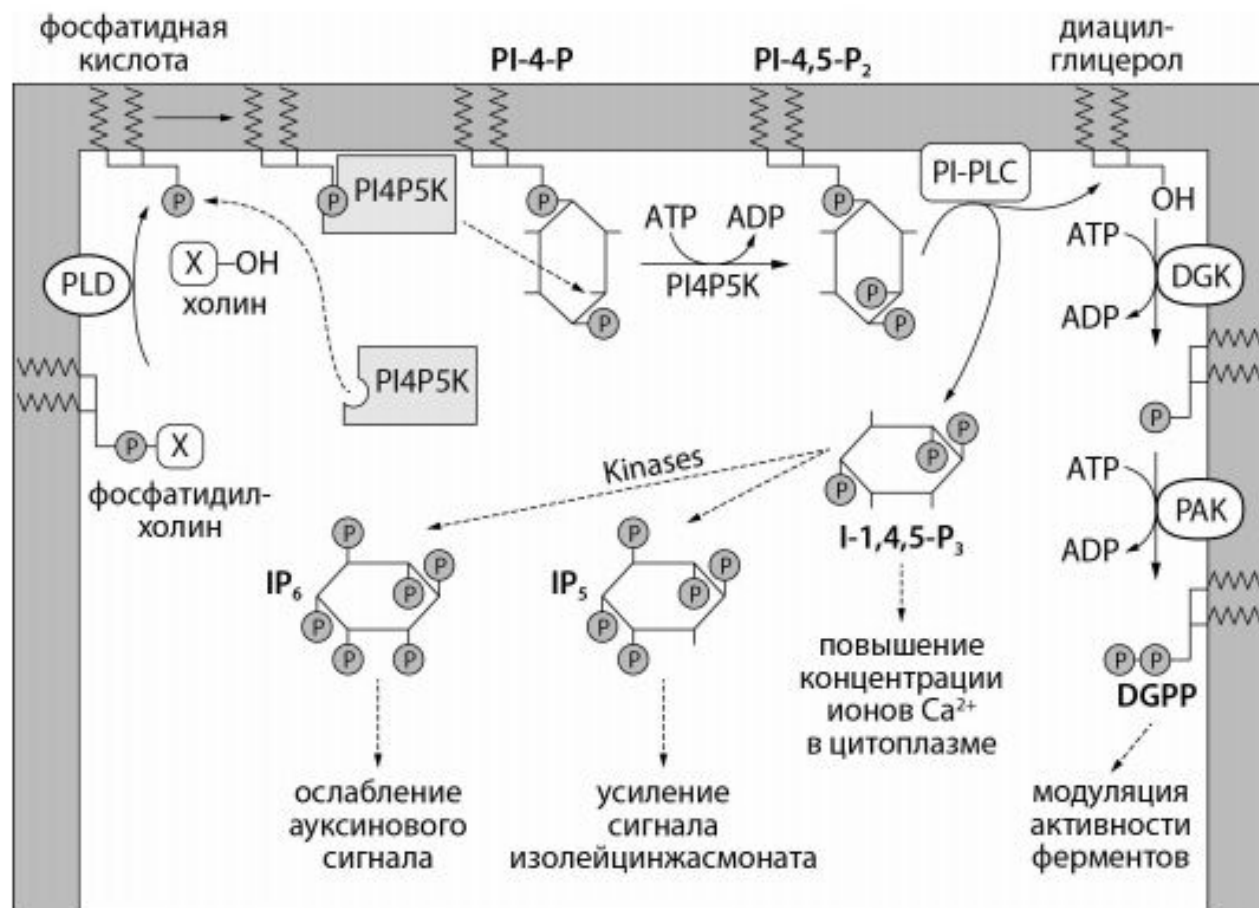


Рис. 3. Передача сигнала с участием фосфолипазы D.



**Рис. 5. Синтез инозитола и фосфатидинозитол-фосфатов у растений.**

Условные обозначения: 3-Ptase – инозитоллипид-3-фосфатаза; 4-Ptase – инозитоллипид-4-фосфатаза; CDP – цитидиндифосфат; CMP – цитидинмонофосфат; DAG – диацилглицерол; I-1,4,5-P<sub>3</sub> – инозитол-1,4,5-трифосфат; IP<sub>5</sub> – инозитол-пентакисфосфат (инозитол-1,2,4,5,6-пентафосфат); IP<sub>6</sub> – инозитол-гексакисфосфат (инозитол-1,2,3,4,5,6-гексафосфат); Kinases – киназы; MIPS – мио-инозитол-1-фосфат-синтаза; PI – фосфатидинозитол; PI-3,5-P<sub>2</sub> – фосфатидинозитол-3,5-дифосфат; PI3K – фосфатидинозитол-3-киназа; PI-3-P – фосфатидинозитол-3-фосфат; PI3P5K – фосфатидинозитол-3-фосфат-5-киназа; PI-4,5-P<sub>2</sub> – фосфатидинозитол-4,5-дифосфат; PI4K – фосфатидинозитол-4-киназа; PI-4-P – фосфатидинозитол-4-фосфат; PI4P5K – фосфатидинозитол-4-фосфат-5-киназа; PI-5-P – фосфатидинозитол-5-фосфат; PIS – фосфатидинозитол-синтаза; PLC – фосфолипаза C; Ptase – фосфатаза.



**Рис. 6. Сигнальный механизм опосредованный фосфолипазами D и C.**

Условные обозначения: DGK – диацилглицеролкиназа; DGPP – диацилглицерол-пирофосфат; I-1,4,5-P<sub>3</sub> – инозитол-1,4,5-трифосфат; IP<sub>5</sub> – инозитол-пентакисфосфат (инозитол-1,2,4,5,6-пентафосфат); IP<sub>6</sub> – инозитол-гексакисфосфат (инозитол-1,2,3,4,5,6-гексафосфат); PAK – фосфатидаткиназа; PI-PLC – полифосфоинозитид-специфичная фосфолипаза C; PI-4,5-P<sub>2</sub> – фосфатидилинозитол-4,5-дифосфат; PI-4-P – фосфатидилинозитол-4-фосфат; PI4P5K – фосфатидилинозитол-4-фосфат-5-киназа.

# Газоподібні вторинні месенджери

NO CO H<sub>2</sub>S

1992 рік «Science» NO – молекула року

1993 рік – перші данні про ендогенний  
чадний газ



# цАМФ

У животных аденилатциклазы присутствуют в разных типах клеток, где они локализируются, преимущественно, в плазматической мембране. Активность таких АЦ регулируется гормонами, главным образом, через G-белки. Существуют также растворимые формы фермента. К ним относятся АЦ спермы млекопитающих и бактерий. Бактериальные АЦ участвуют в регуляции активности кatabолических генов. При низких концентрациях или полном отсутствии глюкозы в среде у бактерий активируются АЦ, продуцирующие сАМР. Циклический АМР связывается с САР-белком, который присоединяется к промоторам ряда оперонов, усиливая их экспрессию (слайд 41, презентация). В растительных клетках наличие АЦ и участие сАМР в регуляторных процессах остается под вопросом.

Ca<sup>2+</sup>



Дякую за увагу!