

Активность световых и темновых реакций  
фотосинтетического аппарата при изменении  
интенсивности света.

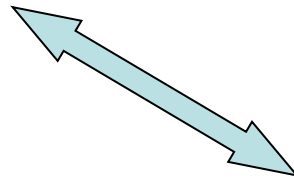
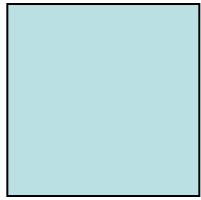
Теоретический анализ с использованием модели  
Фаркьюхара

А.А. Кособрюхов

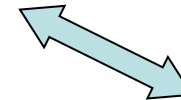
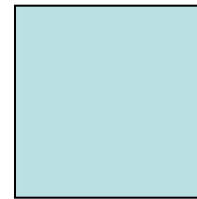
Группа экологии и физиологии фототрофных  
организмов  
ФИЦ НЦБИ Институт фундаментальных проблем  
биологии РАН, Пущино

# Изменение уровней интенсивности света

1200 мкмоль/м<sup>2</sup>с



220 мкмоль/м<sup>2</sup>с



50 мкмоль/м<sup>2</sup>с



Исследования проводили на 40-44-дневных растениях сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.), выращенных при фотопериоде 12/12 часов, температуре 30/25°C и различных уровнях интенсивности света: 50, 220, 1200 мкмоль/ м<sup>2</sup> с. При проведении исследований растений переносили с одного светового режима на другой, после чего в течение 6 часов проводили изменение CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O газообмена при различных уровнях интенсивности света и концентрации CO<sub>2</sub> в воздухе.





# Параметры углекислотной кривой CO<sub>2</sub> газообмена

## Parameters of CO<sub>2</sub> response curves

Анализ углекислотной кривой CO<sub>2</sub> газообмена проводили по модели Farquhar et al. (1980), модифицированной von Caemmerer and Farquhar (1981), Sharkey (1985), Harley and Sharkey (1991) and Harley et al. (1992).

$$A = \left(1 - \frac{0.5O}{\tau C}\right) \times \min(W_c, W_j, W_p) - R_{day}$$

Модель позволяет определить максимальную скорость карбоксилирования РБФК/О ( $V_{cmax}$ ), скорость электронного транспорта при световом насыщении ( $J_{max}$ ), а также скорость утилизации триозофосфатов (TPU), что характеризует доступность неорганического фосфата для цикла Кальвина

$J$  - потенциальная скорость электронного транспорта вычисляется путем эмпирической зависимости (Smith, 1937, Harley et al 1992).

$$J = \alpha I \div \sqrt{1 + \left(\frac{\alpha I}{J_{max}}\right)^2}$$

Когда скорость карбоксилирования лимитируется активностью РБФК/О, карбоксилирование можно описать уравнением:

$$W_c = \frac{V_{cmax} C_i}{[C_i + K_c(1 + O/K_o)]}$$

где  $K_c$  и  $K_o$  соответственно константы Михаэлиса - Ментен РБФК/О для CO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub>.  
 $V_{cmax}$  - максимальная скорость карбоксилирования,  $O$  - внутриклеточное давление кислорода,

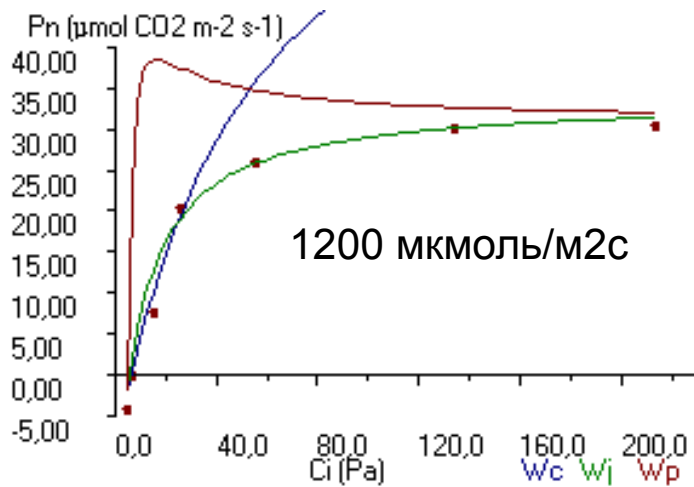
$C_i$  - внутриклеточная концентрация CO<sub>2</sub>.

где  $\alpha$  - квантовая эффективность фотосинтеза,  $I$  - интенсивность света.

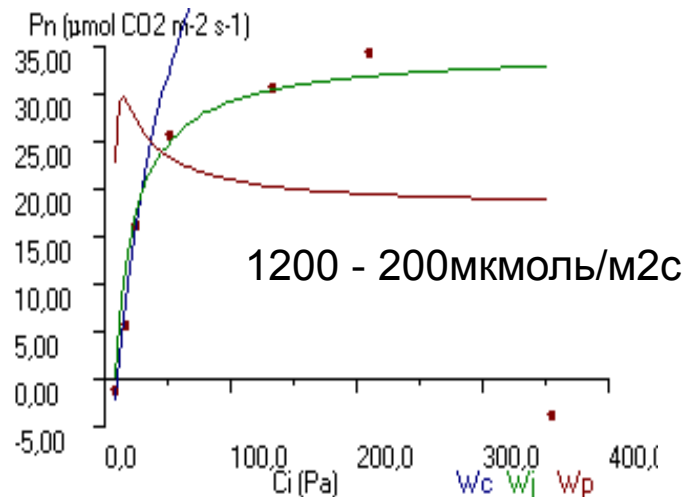
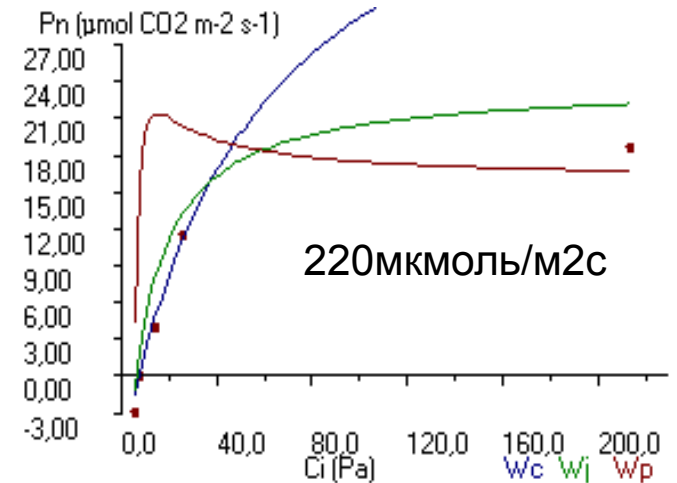
Скорость карбоксилирования, лимитируемая регенерацией неорганического фосфата вычисляется по уравнению:

$$W_p = 3(TPU) + \frac{0.5 \times V_o \times O}{C_i \times r}$$

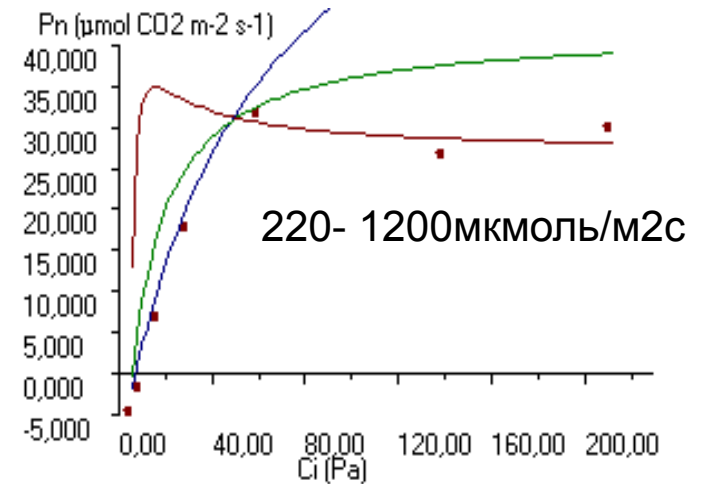
Скорость фотосинтеза при различных уровнях концентрации  $\text{CO}_2$  в межклетниках листа и лимитировании процесса активностью реакции карбоксилирования (синий цвет линии) скоростью регенерации РБФ (зеленая линия) или скоростью утилизации триозофосфатов (красная линия на графике)



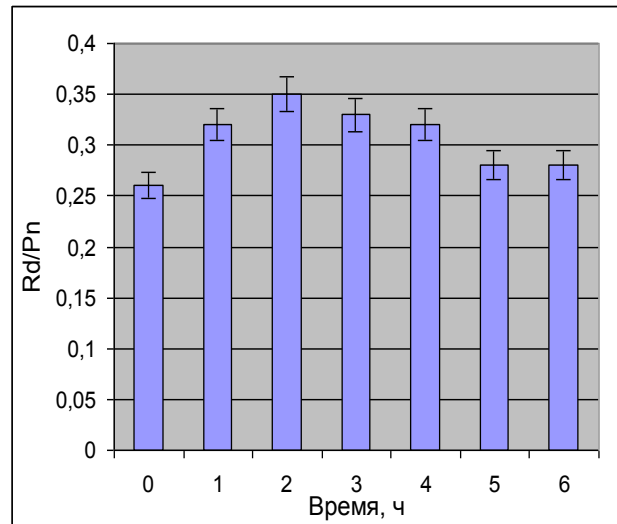
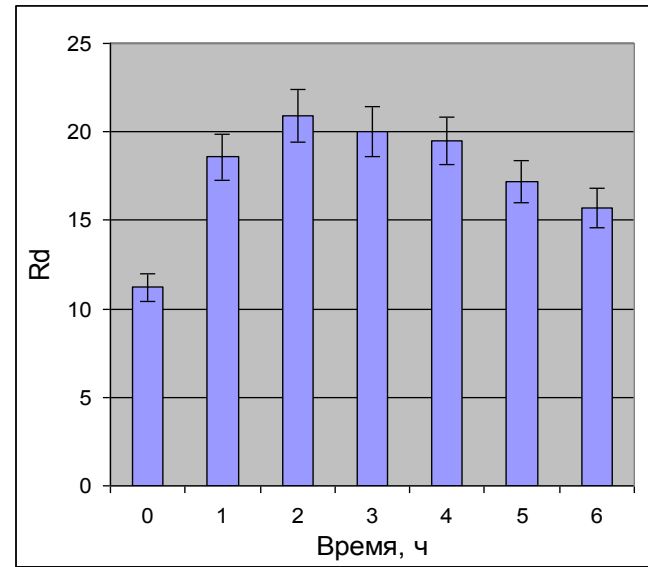
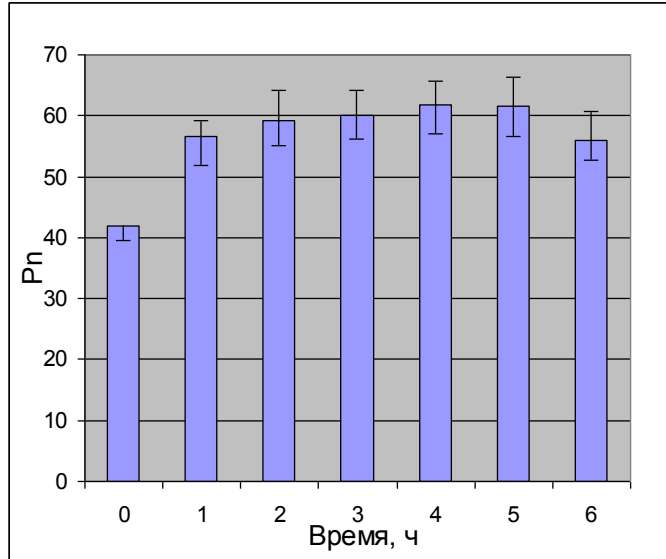
До изменения  
интенсивности  
света



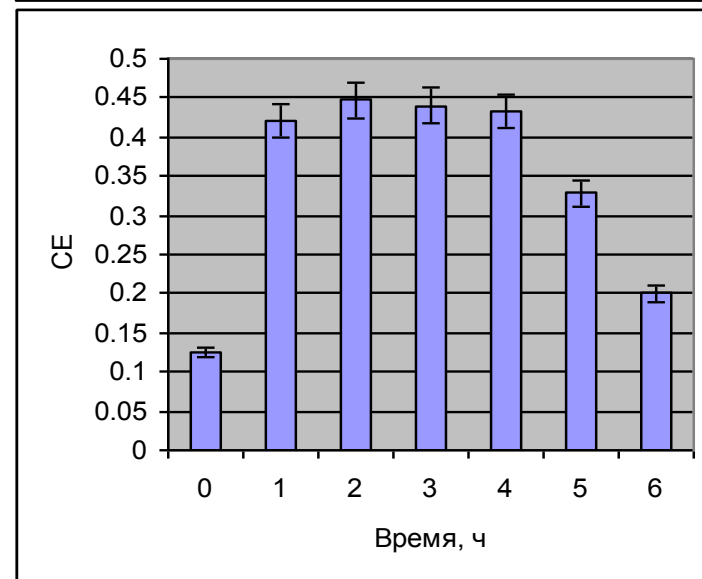
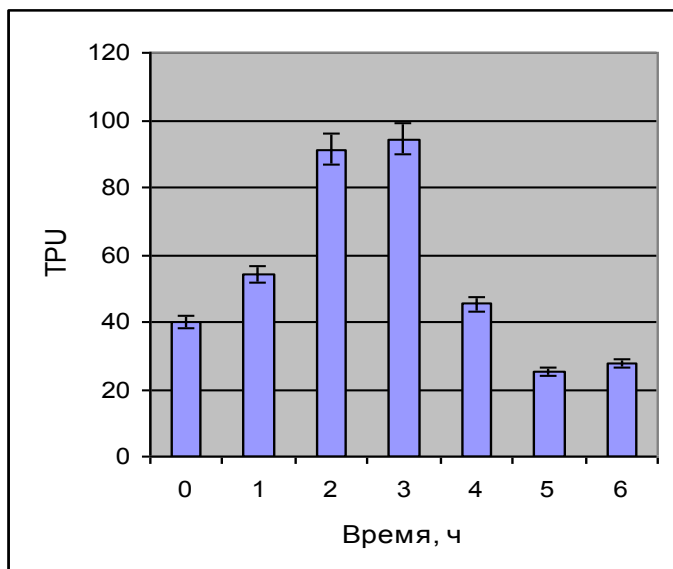
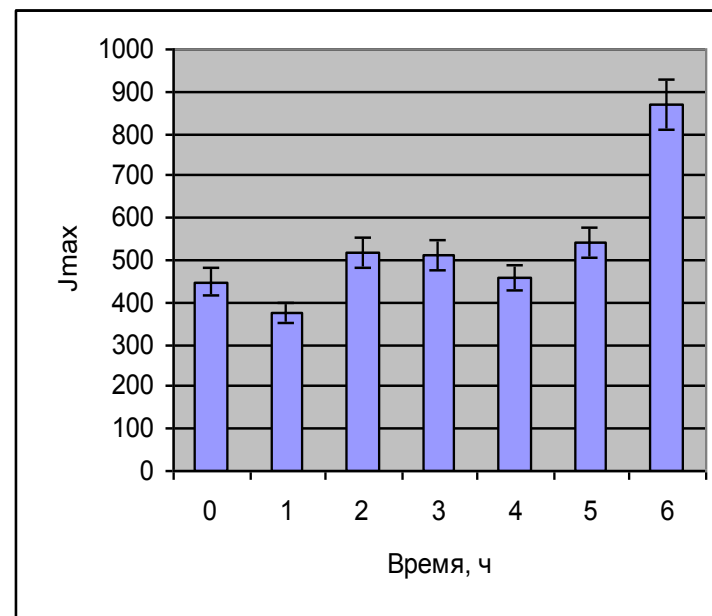
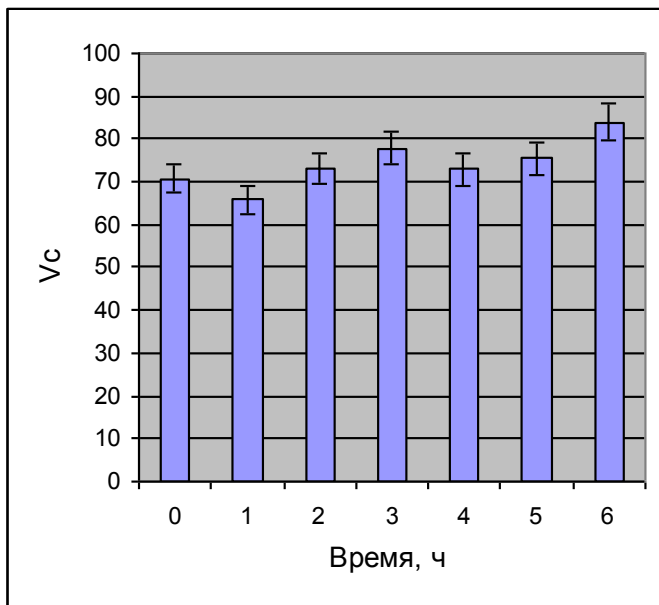
После изменения  
интенсивности  
света



# Скорость фотосинтетического и дыхательного газообмена и их отношение при изменении интенсивности света от 1200 до 220 мкмоль/м<sup>2</sup>с

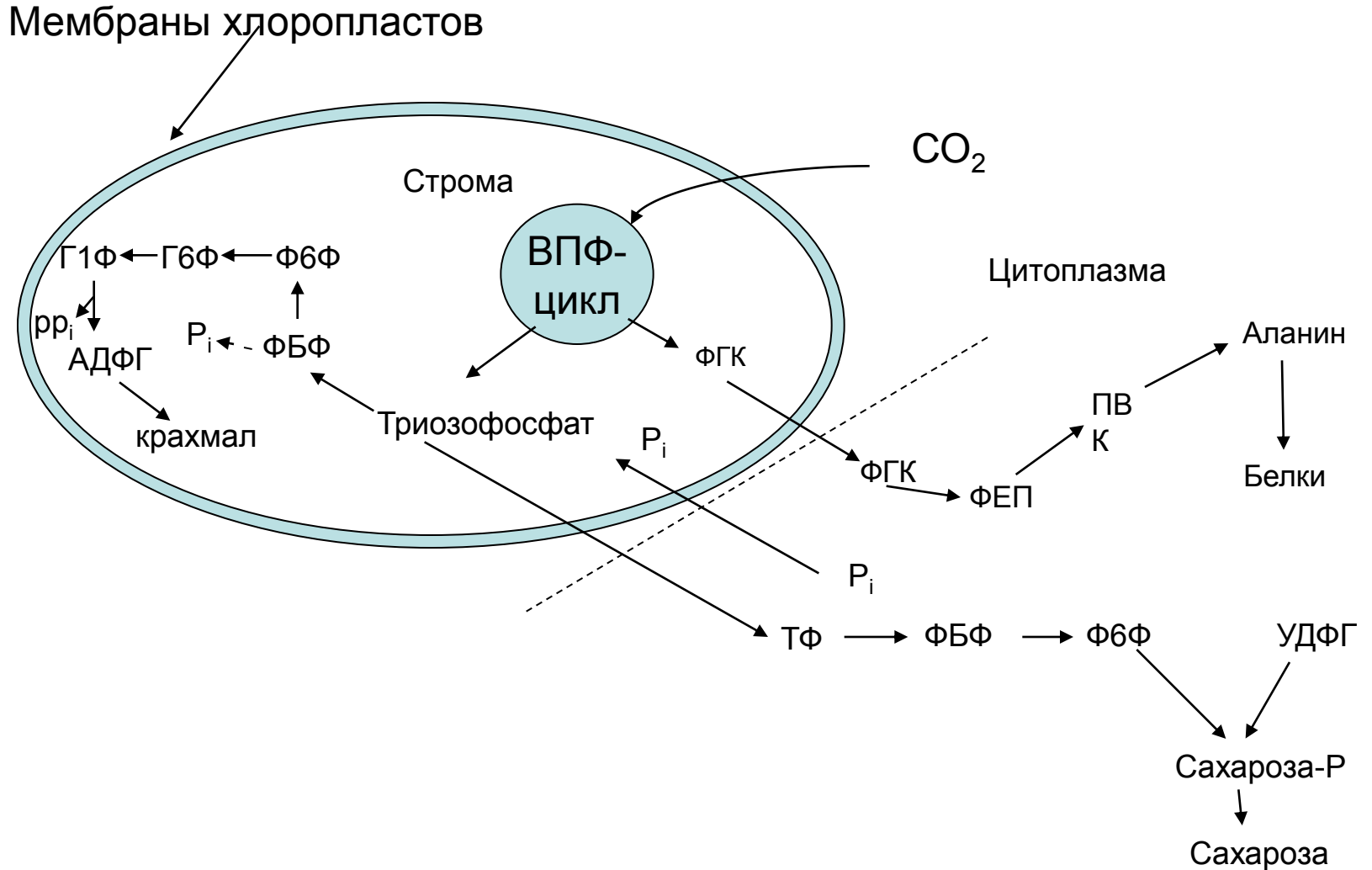


Скорость карбоксилирования ( $V_c$ ), электронного транспорта ( $J_{max}$ ), утилизации триозофосфатов (TPU) и эффективности карбоксилирования (CE) при изменении интенсивности света от 1200 до 220 мкмоль/м<sup>2</sup>с



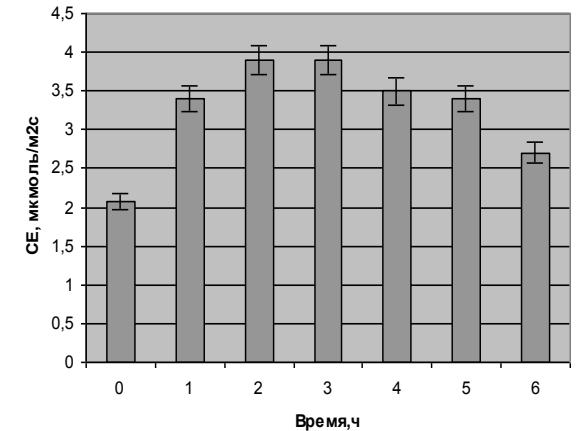
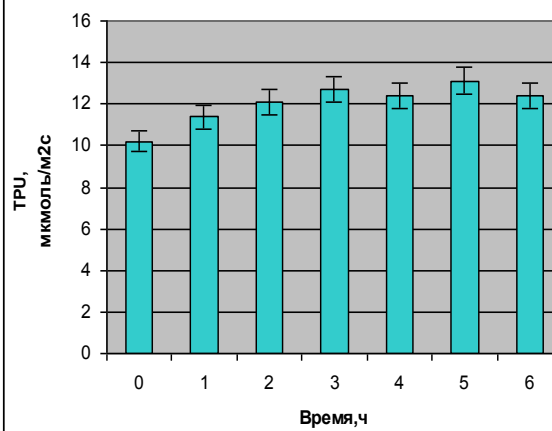
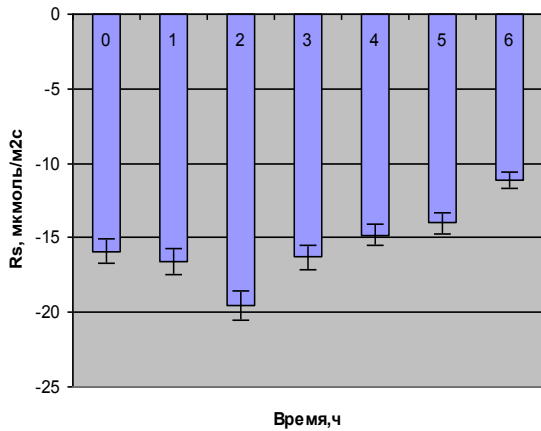
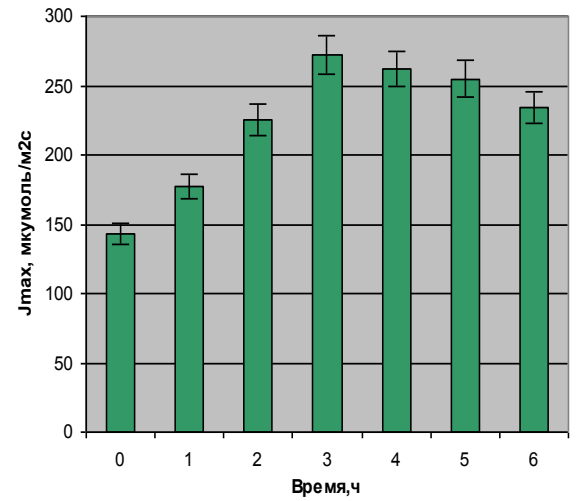
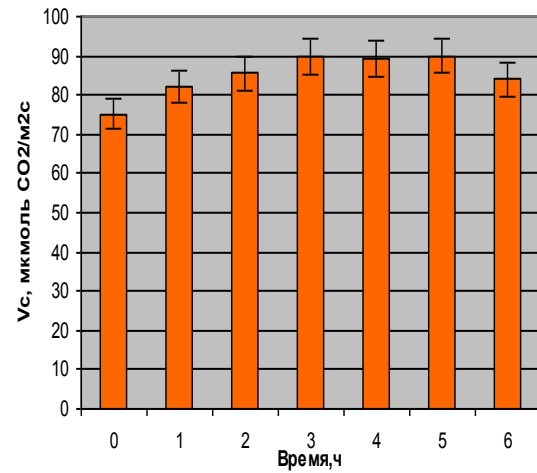
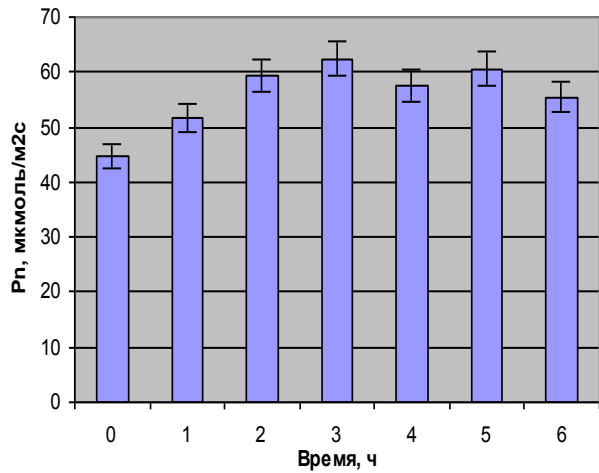


# Регуляция активности фотосинтетического аппарата

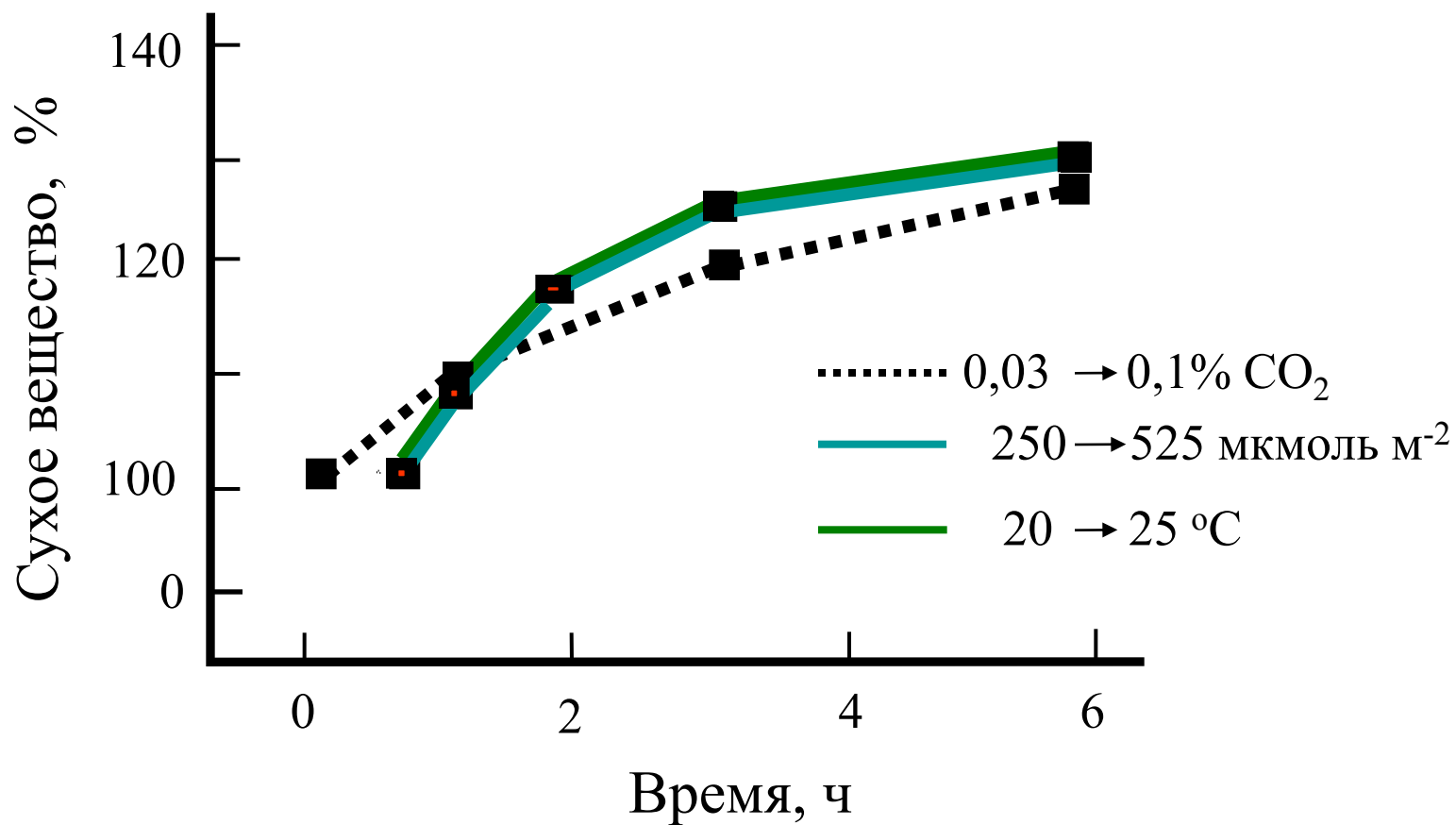


- Уменьшение транспорта триозофосфатов из хлоропласта приводит к ограничению поступления в хлоропласт неорганического фосфора, уменьшению отношения АТФ/АДФ, подавлению восстановления ФГК и замедлению стадии регенерации восстановительного пентозофосфатного цикла.
- При низкой концентрации ортофосфата в строме и высокой концентрации ФГК сильно возрастает активность глюкозо-1-фосфат аденилилтрансферазы и повышается скорость синтеза крахмала

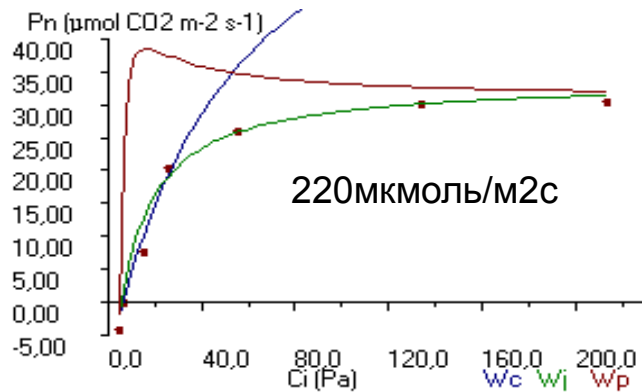
Скорость фотосинтеза, дыхания, реакции карбоксилирования ( $V_c$ ), регенерации РБФ ( $J_{max}$ ), утилизации триозофосфатов (TRU) и эффективности карбоксилирования (CE) при изменении интенсивности света от 220 до 1200  $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$



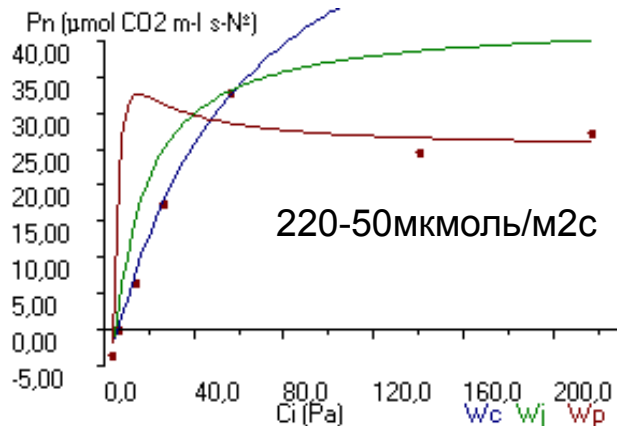
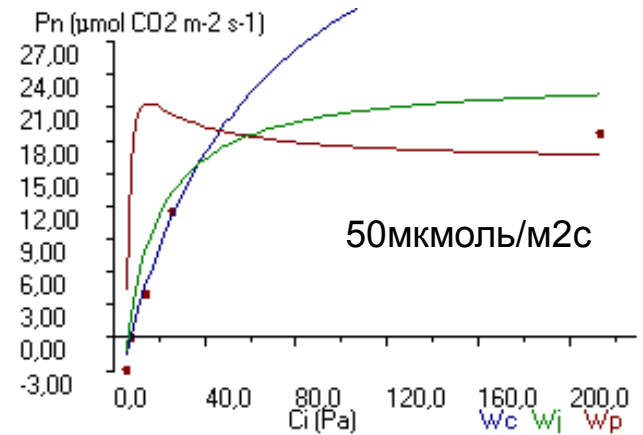
*Накопление сухого вещества растениями огурца при  
выращивании их в условиях периодического изменения  
[CO<sub>2</sub>], уровня интенсивности света и температуры  
(в процентах к минимальному значению)*



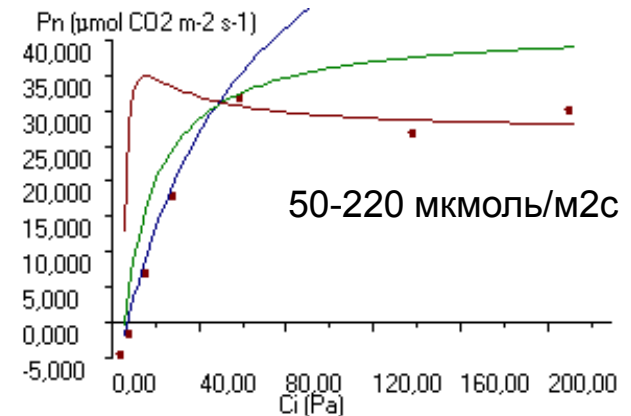
Скорость фотосинтеза при различных уровнях концентрации  $\text{CO}_2$  в межклетниках листа и лимитировании процесса активностью реакции карбоксилирования (синий цвет линии) скоростью электронного транспорта (зеленая линия) или скоростью утилизации триозофосфатов (красная линия на графике)



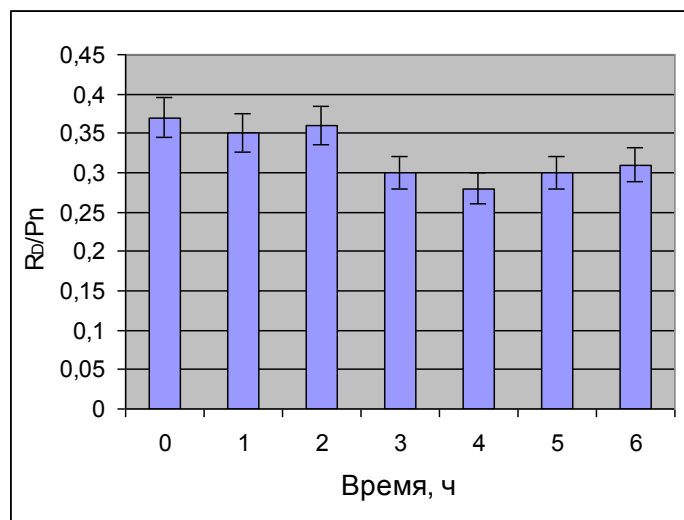
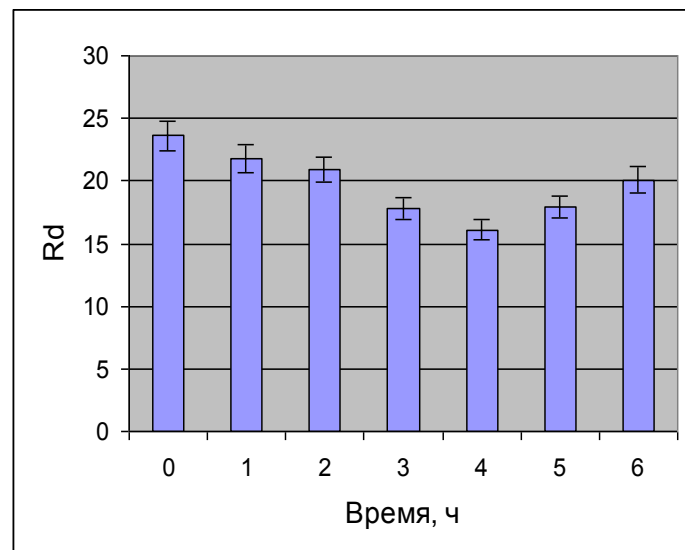
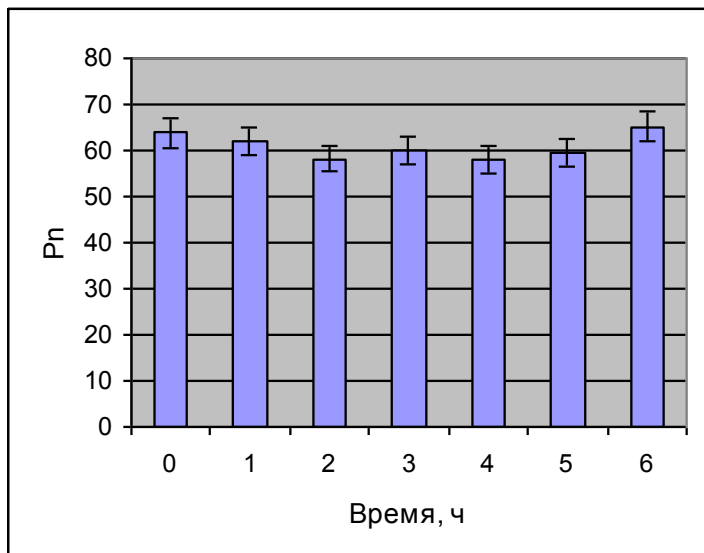
До изменения  
интенсивности  
света



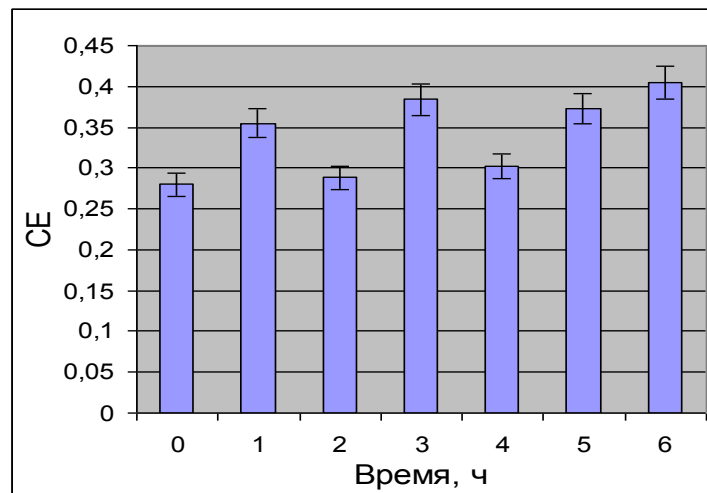
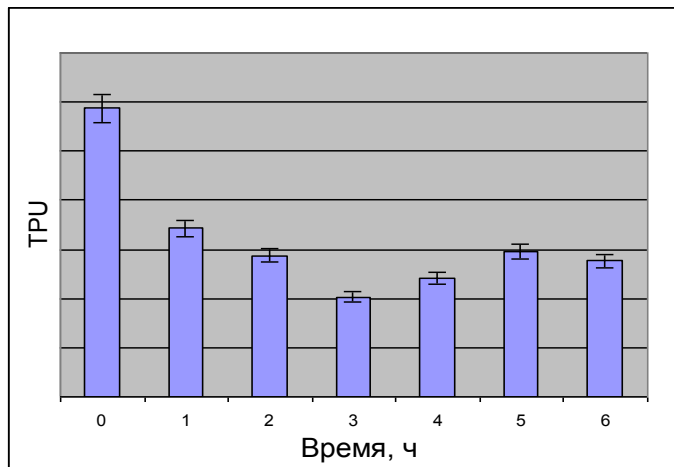
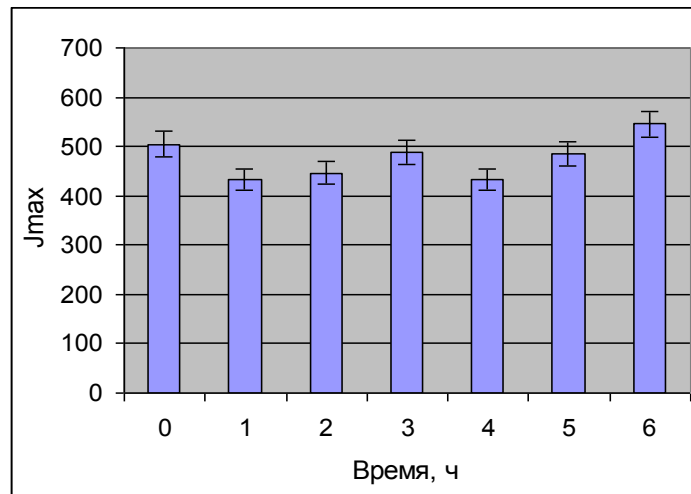
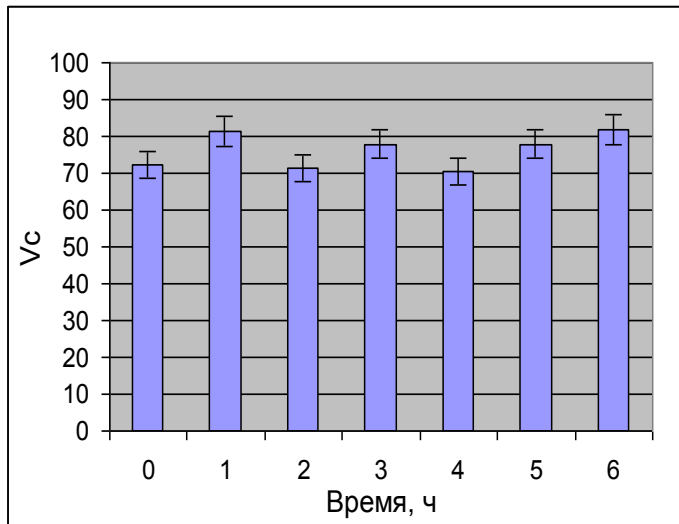
После изменения  
интенсивности  
света



# Скорость фотосинтетического и дыхательного газообмена и их отношение при изменении интенсивности света от 220 до 50 мкмоль/м<sup>2</sup>с



Скорость карбоксилирования ( $V_c$ ), регенерации РБФ ( $J_{max}$ ), утилизации триозофосфатов (ТРУ) и эффективность карбоксилирования (СЕ) при изменении интенсивности света от 220 до 50 мкмоль/м<sup>2</sup>с



При изменении интенсивности света в диапазоне начального участка световой кривой фотосинтеза ( $220-50 \text{ мкмоль/м}^2\text{с}$ ) лимитирующим звеном является транспорт триозофосфатов из хлоропласта, поступление неорганического ортофосфата в хлоропласт

- Полученные результаты дают возможность оценить действие светового фактора в динамическом режиме его изменения на направленность метаболических процессов в интактном листе растений, выявить лимитирующие звенья работы фотосинтетического аппарата



Изменение скорости фотосинтеза у растений в условиях различной интенсивности света обусловлены изменением активности различных звеньев реакции карбоксилирования.

В диапазоне 1200-220 мкмоль/м<sup>2</sup>с происходит снижение скорости дыхания, утилизации триозофосфатов и эффективности карбоксилирования

При повышении интенсивностей света (220-1200 мкмоль/м<sup>2</sup>с) происходит повышение скорости электронного транспорта, утилизации триозофосфатов эффективности карбоксилирования.

*Изменение интенсивности света в диапазоне линейного участка световой кривой фотосинтеза (220-50 мкмоль/м<sup>2</sup>с) приводит к уменьшению скорости дыхания и скорости утилизации триозофосфатов*



Спасибо  
за внимание