

DOI: 10.25205/978-5-4437-1843-9-105

**ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА
РАСТЕНИЙ ОГУРЦА В УСЛОВИЯХ СОЛЕВОГО СТРЕССА ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН
КОНЬЮГАТАМИ ХИТОЗАНА С ОКСИКОРИЧНЫМИ КИСЛОТАМИ^{*}**

**FEATURES OF THE PHOTOSYNTHETIC APPARATUS FUNCTIONING OF CUCUMBER PLANTS
WITH CHITOSAN-HYDROXYCINNAMIC ACIDS CONJUGATES SEED TREATMENT UNDER
OF SALT STRESS CONDITIONS**

И. А. Овчинников¹, Ж. Н. Калацкая¹, В. В. Николайчук², К. С. Гилевская²

¹Институт экспериментальной ботаники НАН Беларусь, Минск

²Институт химии новых материалов НАН Беларусь, Минск

I. A. Ovchinnikov¹, J. N. Kalatskaja¹, V. V. Nikalaichuk², K. S. Hileuskaya²

¹*Institute of Experimental Botany NAS of Belarus, Minsk*

²*Institute of Chemistry of New Materials NAS of Belarus, Minsk*

✉ igor-1606@mail.ru

Аннотация

Приводятся данные об изменении функционирования фотосинтетического аппарата растений огурца в оптимальных и стрессовых условиях выращивания (натрий-хлоридное засоление) при применении конъюгированных соединений на основе хитозана и оксикоричных кислот.

Abstract

Data on changes of the photosynthetic apparatus functioning of cucumber plants cultivation under optimal and stressful conditions (sodium chloride salinization) with chitosan-hydroxycinnamic acids conjugates seed treatment are presented.

Засоление является одним из самых губительных стрессов абиотической природы, влияющих на рост и развитие растений. Растения, выращенные в условиях повышенного солесодержания, испытывают разнообразные морфофизиологические и биохимические изменения из-за осмотического стресса, что, в свою очередь, приводит к повреждению мембран, дисбалансу питательных веществ, падению эффективности фотосинтеза и др. [1]. В связи с этим актуальным остается изучение способов повышения активности фотосинтеза и продуктивности растений в стрессовых условиях.

Целью данной работы явилось изучение влияния обработки семян огурца конъюгатами хитозана и кофейной кислоты (Х30-КФК) или феруловой кислоты (Х30-ФРК) на функционирование отдельных элементов фотосинтетического аппарата в оптимальных и стрессовых (NaCl) условиях выращивания.

Семена обрабатывали путем механического перемешивания в растворах конъюгатов хитозана с оксикоричными кислотами в объеме 400 мкл на 20 г семян до равномерного распределения раствора по поверхности. Контролем служили необработанные семена. Растения выращивали в горшках объемом 3,5 литра на торфогрунте с добавлением элементов питания: N 0,16; P 0,15; K 0,15 г/л. Продолжительность эксперимента — 5 недель. Солевой стресс создавали прикорневым поливом 100 мМ раствором хлорида натрия в течение 2 недель (3–4-я неделя роста) на стадии 2–3 настоящих листьев. Конъюгаты хитозана с феруловой и кофейной кислотой (Х30-ФРК и Х30-КФК) получали карбодиимидным методом с предварительной активацией карбоксильных групп [2]. Содержание фотосинтетических пигментов определяли методом [3], фотохимическая активность фотосистем (ФС) листьев растений фиксировалась с помощью измерительного комплекса DUAL-PAM 100 (Heinz Walz, Германия), параметры активности ФС1 и ФС2 листьев рассчитывали согласно [4].

Конъюгаты Х30-ФРК и Х30-КФК оказывали на растения огурца ростостимулирующий эффект как в оптимальных условиях, так и в условиях солевого стресса. В оптимальных условиях обработка конъюгатами способствовала накоплению хлорофиллов *a* и *b*. Солевой стресс не вызвал достоверно значимых изменений в содержании хлорофиллов в контрольных растениях. В условиях стресса Х30-ФРК способствовал снижению содержания хлорофилла *a*, содержание хлорофилла *b* оставалось на уровне стрессового контроля, Х30-КФК, на-против, способствовал накоплению хлорофилла *b*, в то же время содержание хлорофилла *a* оставалось на уровне

^{*} Исследование выполнено за счет гранта БРФФИ (№ Б25М-029).

© И. А. Овчинников, Ж. Н. Калацкая, В. В. Николайчук, К. С. Гилевская, 2025

стрессового контроля. Количественные показатели накопления каротиноидов во всех вариантах опыта были на уровне контроля.

Конъюгаты X30-ФРК и X30-КФК не вызвали изменения уровня фоновой флуоресценции Хл (F_0) и максимального уровня флуоресценции F_m адаптированных к темноте листьев растений. Однако зарегистрировано увеличение для уровня сигнала P700 (параметры Pm и Pm') в среднем на 56 %. Установлено, что засоление приводит к достоверному снижению на 12 % уровня фоновой флуоресценции Хл (F_0) и на 10 % максимального уровня флуоресценции F_m адаптированных к темноте листьев растений огурца. Однако выявлено увеличение для уровня сигнала P700 (параметры Pm и Pm') на 80 %. В условиях стресса обработки не привели к изменению уровней $F0$, Fm , Pm и Pm' . Установлено, что X30-ФРК и X30-КФК способствуют возрастанию скорости транспорта электронов ETR (I/II) как в оптимальных, так и в стрессовых условиях развития растений.

Показано, что действие конъюгатов на основе хитозана и оксикоричных кислот вызывает в фотосинтетических мембранах листьев растений огурца изменения, связанные с перераспределением энергии между фотосистемами, вероятно, за счет миграции светособирающих комплексов внешней антенны, на что указывает отсутствие нарушения фотохимической активности фотосистем 1 и 2, а также увеличение содержания хлорофиллов *a* и *b*.

Литература

1. Negrão S., Schmöckel S. M., Tester M. Evaluating physiological responses of plants to salinity stress // Annals of Botany. 2017. Vol. 119, No. 1. P. 1–11.
2. Nikalaichuk V., Hileuskaya K., Kraskouski A. et al. Chitosan-hydroxycinnamic acid conjugates: Synthesis, photostability and phytotoxicity to seed germination of barley // Journal of Applied Polymer Science. 2021. Vol. 139, No. 14. P. e51884.
3. Hartmut K. L., Alan R. W. Determination of total and chlorophylls *a* and *b* of leaf extracts in different solvents // Biochemical Society Transactions. 1983. Vol. 11. P. 591–592.
4. Makarenko M. S. et al. A state of PSI and PSII photochemistry of sunflower yellow-green plastome mutant // OnLine Journal of Biological Sciences. 2016. Vol. 16, No. 4. P. 193–196.