

Резюмета на научни публикации на български език

на гл. ас. д-р Георги Димитров Рашков

Кандидат за участие в конкурс за заемане на академична длъжност „доцент“ в област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление 4.3. Биологически науки, по научна специалност „биофизика“, към секция „Фотовъзбудими мембрани“, ИБФБМИ-БАН, обявен в ДВ бр. 69/16.08.2024 г.

В1

Изследване на азотния оксид като регулатор на солевата толерантност: Анализ на ефективността на фотосинтезата при царевицата

Георги Д. Рашков, Мартин А. Стефанов, Екатерина К. Йоцова, Преслава Б. Борисова, Анелия Г. Добрикова и Емилия Л. Апостолова

Резюме: Нарастващият проблем със засоляването е значителна заплаха за глобалното земеделие, засягайки различни региони по света. Азотният оксид (NO) служи като основна сигнална молекула за регулиране на фотосинтетичната ефективност при физиологични и стресови условия. Настоящото изследване разкрива защитните ефекти на различни концентрации (0–300 μM) на натриев нитропрусид (SNP, донор на NO) върху функциите на основните комплекси във фотосинтетичния апарат на царевицата (*Zea mays* L. Kerala) при солеви стрес (150 mM NaCl). Данните показват, че SNP намалява предизвикания от солта оксидативен стрес и предотвратява промените във флуидността на тилакоидните мембрани (Laurdan GP) и преразпределението на енергията между двете фотосистеми (отношение F735/F685 на хлорофилната флуоресценция при 77K). Измерванията на хлорофилната флуоресценция показваха, че при листата от растения третирани с SNP подложени на солеви стрес се предотвратява намаляването на отворените реакционни центрове (qp) на фотосистема 2 (ФС2) и се подобрява тяхната ефективност (Φ_{exc}), в резултат на повлияване на Q_A - реокислението. Данните също така показват, че SNP предотвратява промените в скоростните константи за два пътя на Q_A - реокислението (k_1 и k_2) причинени от третиране с NaCl. Освен това има преобладаване на Q_A - взаимодействие с пластохинон в сравнение с рекомбинацията на електрони в $Q_A Q_B$ - с кислород отделящата система (КОС). Анализът на бързото отделяне на кислород показа, че SNP третирането предотвратява индуцирано от солта 10% увеличение на ФС2 центровете в S_0 състояние, т.е. защитава първоначалното разпределение на S_0 – S_1 състояние и модификацията на Mn кълъстер в КОС. Нещо повече, това изследване демонстрира, че индуцираната от SNP защита повлиява както донорната, така и акцепторната страна на ФС2, което води до защита на цялостната производителност на фотосистемите (PI_{ABS}) и ефективен пренос на електрони от донорната страна на ФС2 до крайните акцептори на електрони на ФС1 (PI_{total}). Това изследване ясно показва, че оптималната защита при солеви стрес се осъществява при 50–63 nmoles NO/g FW в листата, съответстващо на листно пръскане с 50–150 μM SNP.

В1 Rashkov G.D., Stefanov M.A., Yotsova E.K., Borisova P.B., Dobrikova A.G., Apostolova E.L.. Exploring Nitric Oxide as a Regulator in Salt Tolerance: Insights into Photosynthetic Efficiency in Maize. 13, 1312, MDPI, 2024, DOI:<https://doi.org/10.3390/plants13101312>, JCR-IF (Web of Science):4.5

Влияние на натриевия нитропрусид върху фотосинтетичната ефективност на царевица и сорго

Георги Д. Рашков, Мартин А. Стефанов, Екатерина К. Йоцова, Преслава Б. Борисова, Анелия Г. Добрикова и
Емилия Л. Апостолова

Резюме: Азотният оксид (NO) е важна молекула за регулиране на растежа, развитието и фотосинтетичната ефективност на растенията. Изследвано е въздействието на различни концентрации (0–300 μM) на натриев нитропрусид (SNP, донор на NO) върху функциите на фотосинтетичния апарат в соргото (*Sorghum bicolor* L. Albanus) и царевицата (*Zea mays* L. Kerala) при физиологични условия. Анализът на сигналите от хлорофилната флуоресценция (използвайки PAM и JIP-тест) разкрива увеличено количество отворени ФС2 реакционни центрове (qP нараства), но това не повлиява броя на активните реакционни центрове на ФС2 антена хлорофил (RC/ABS). В допълнение, по-ниските концентрации на SNP (до 150 μM) улесняват взаимодействието на Q_A с пластохинона в царевицата, докато при 300 μM преобладава рекомбинацията на електрони върху Q_AQ_B -, с S2 (или S3) състояния на КОС и при двата изследвани вида растения. В същото време приложението на SNP стимулира потока на електрони до, акцепторната страна на ФС1 реакционен център (REo/RC се увеличава до 26%) и вероятността за тяхната редукция (ϕRo се увеличава до 20%). Увеличение на съдържанието на MDA (с около 30%) и H_2O_2 се регистрира само при най-високата концентрация на SNP (300 μM). При тази концентрация SNP различно повлиява количеството на P700+ в изследваните растителни видове, т.е. то се увеличава (с 10%) при царевицата, но намалява (с 16%) при соргото. Ефектите на SNP върху функциите на фотосинтетичния апарат са придружени от повишаване на съдържанието на каротеноиди и в двете изследвани растения. Освен това данните разкриват, че SNP-индуцираните промени във фотосинтетичния апарат се различават между царевицата и соргото, което предполага видова специфичност за въздействието на SNP върху растенията.

B2 Rashkov G.D., Stefanov M.A., Yotsova E.K., Borisova P.B., Dobrikova A.G., Apostolova E.L.. Impact of Sodium Nitroprusside on the Photosynthetic Performance of Maize and Sorghum. *Plants*, 13, 118, MDPI (Switzerland), 2024, DOI:<https://doi.org/10.3390/plants13010118>, 1-15. JCR-IF (Web of Science):4.658, Q1, не оглавява ранглистата (Scopus)

Защитни ефекти на натриевия нитропрусид върху фотосинтетичните характеристики на *Sorghum bicolor* L. при солеви стрес

Мартин А. Стефанов, Георги Д. Рашков, Екатерина К. Йоцова, Преслава Б. Борисова, Анелия Г. Добрикова и Емилия Л. Апостолова

Резюме: Изследвано е влиянието на листното третиране с различни концентрации на натриев нитропрусид (SNP, като донор на азотен оксид) (0–300 μM) върху два сорта сорго (*Sorghum bicolor* L. Albanus и *Sorghum bicolor* L. Shamal) при солеви стрес (150 mM NaCl). Данните показват, че засоляването води до увеличение на маркерите за оксидативен стрес и увреждане целостта на мембраната, придружено от намаляване на хлорофилното съдържание, центровете на отворената фотосистема 2 (ФС2) и индексите на ефективност (PI_{ABS} и PI_{total}), както и намалява електронния поток до крайните акцептори на фотосистемата 1 (ФС1) (REo/RC). Третирането със SNP намалява токсичността на NaCl върху фотосинтетичните функции; като защитата зависи от концентрацията и е по-голяма при Shamal, отколкото при Albanus, т.е. специфична за сорта. Освен това, резултатите от експериментите показват, че нивото на защита на SNP при солеви стрес зависи и от количеството ендегенен азотен оксид (NO) в листата, броя на активните реакционни центрове във ФС2 антената, увеличаване електронен поток редуциращ крайните акцептори на ФС1, както и от стимулирането на цикличния транспорт на електрони около ФС1. Резултатите показват по-добра защита и при двата сорта сорго при концентрации на SNP до 150 μM , което съответства на около 50% увеличение на ендегенното съдържание на NO в листата в сравнение с контролните растения. Нашето изследване предоставя ценна информация за молекулните механизми, определящи SNP-индуцираната толерантност към засоляване в сортовете сорго и може да бъде практически подход за увеличаване толерантността към засоляване.

ВЗ Stefanov M.A., Rashkov G.D., Yotsova E.K., Borisova P.B., Dobrikova A.G., Apostolova E.L.. Protective Effects of Sodium Nitroprusside on Photosynthetic Performance of *Sorghum bicolor* L. under Salt Stress. *Plants*, 12, 4, MDPI, 2023, ISSN:2223-7747, DOI:10.3390/plants12040832, SJR (Scopus):0.765, JCR-IF (Web of Science):4.5 Q1, не оглавява ранглистата (Scopus)

Оценка на функциите на фотосинтетичния апарат чрез хлорофилната флуоресценция и абсорбцията на P700 в C3 и C4 растения при физиологични условия и при солеви стрес

Мартин А. Стефанов, Георги Д. Рашков и Емилия Л. Апостолова

Резюме: Функциите на фотосинтетичния апарат на C3 (*Pisum sativum* L.) и C4 (*Zea mays* L.) растения при физиологични условия и след третиране с различни концентрации на NaCl (0–200 mM) са изследвани с помощта на хлорофил *a* флуоресценция (импулсно модулирана (PAM и JIP тест) и промените настъпващи във фотоокислението на P700. Данните показват по-ниска плътност на фотосинтетичните структури (RC/CSo), по-голям относителен размер на пластохиноновия (PQ) пул (N) и по-висок капацитет на електронния транспорт и скорост на фотосинтезата (параметър R_{Fd}) в C4, отколкото в C3 растенията. Освен това, между двата изследвани вида се наблюдават разлики в параметрите, характеризиращи възможността за редуциране на крайните акцептори на фотосистема 1 (ФС1) (RE_o/RC , RE_o/CSo и δRo). Данните показват, че третирането с NaCl причинява намаляване на плътността на фотосинтетичните структури и относителния размер на PQ пул, както и намаляване на транспорта на електрони до крайните електронни акцептори на ФС1, а също така и вероятността от тяхната редукция, както и увеличаване на топлинното разсейване. Ефектите от солевия стрес са по-големи при грах, отколкото при царевица. Повишените енергийни загуби след третиране с високи концентрации на сол при царевица са главно от увеличаването на регулираните енергийни загуби (Φ_{NPQ}), докато при грах от увеличаването на нерегулираните енергийни загуби (Φ_{NO}). Ограничаването на електронния транспорт от Q_A до крайните акцептори на ФС1 повлиява активността на тази фотосистема. Анализът на фотоокисляването на P700 и неговата кинетика на тъмнинна редукция показва влияние върху двете субпопулации на ФС1 в грах след третиране със 150 mM и 200 mM NaCl, докато при царевица незначителните промени са регистрирани само при 200 mM NaCl. Експерименталните резултати ясно показват по-малка устойчивост към засоляване при грах, отколкото при царевица.

B4 Stefanov, M., Rashkov, G., Apostolova, E.. Assessment of the Photosynthetic Apparatus Functions by Chlorophyll Fluorescence and P700 Absorbance in C3 and C4 Plants under Physiological Conditions and under Salt Stress, *Int. J. Mol. Sci*, 23, 3768, MDPI (Switzerland), 2022, DOI:10.3390/ijms23073768, JCR-IF (Web of Science):6.208, Q1, не оглавява ранглистата (Scopus)

Различни нива на чувствителност на фотосинтетичния апарат при *Zea mays* L. и *Sorghum bicolor* L. при солеви стрес

Мартин А. Стефанов, Георги Д. Рашков, Екатерина К. Йоцова, Преслава Б. Борисова, Анелия Г. Добрикова и Емилия Л. Апостолова

Резюме: Изследвани са влиянията на различните концентрации на NaCl (0–250 mM) върху фотосинтезата на нови хибридни линии царевица (*Zea mays* L. Kerala) и сорго (*Sorghum bicolor* L. Shamal). Индуцираните от солта промени във функциите на фотосинтетичния апарат са оценени с помощта на хлорофил *a* флуоресценция (РАМ и JIP тест) и фотоокислението на P700. По-големи разлики между изследваните видове в отговор на засоляване са наблюдавани при 150 mM и 200 mM NaCl. Данните показват по-силното влияние върху царевицата в сравнение със соргото върху количеството на затворените центрове на ФС2 (1-qp) и тяхната ефективност (Φ_{exc}), както и върху ефективния квантов добив на фотохимичното преобразуване на енергията на ФС2 (Φ_{PSII}). Регистрирани са и промени в ефективния размер на антената на ФС2 (ABS/RC), електронния поток на активен реакционен център (REo/RC) и транспорта на електрони след Q_A по електронно транспортната верига (ETo/RC). Тези промени в първичната ФС2 фотохимия влияят на скоростта на пренос на електрони (ETR) и скоростта на фотосинтеза (параметър R_{Fd}), като въздействието е по-силно при царевицата, отколкото при соргото. Освен това, понижаването на скоростта на преноса на електрони от Q_A до крайните акцептори на електроните на ФС1 (REo/RC) и вероятността за тяхното намаляване (ϕ_{Ro}) променят фотохимичната активност на ФС1, което влияе върху фотоокислението на P700 и кинетиката на неговото реокисление. Съдържанието на пигменти и маркерите на стреса за оксидативно увреждане също са определени. Данните показват по-добра толерантност към засоляване при сорго, отколкото при царевица, свързана със структурните промени във фотосинтетичните мембрани и стимулирането на цикличния електронен поток около ФС1 при по-високи концентрации на NaCl. Разгледани са връзките между намаленото съдържание на пигменти, повишените нива на стрес маркери и различните нива на инхибиране на функцията на двете фотосистеми.

Г1 Stefanov M.A., Rashkov G.D., Yotsova E.K., Borisova P.B., Dobrikova A.G., Apostolova E.L.. Different Sensitivity Levels of the Photosynthetic Apparatus in *Zea mays* L. and *Sorghum bicolor* L. under Salt Stress. *Plants* (Basel), 10, 7, MDPI, Switzerland, 2021, DOI:10.3390/plants10071469, 1469. JCR-IF (Web of Science):3.935, Q1, не оглавява ранглистата (Scopus)

Чувствителност на фотосинтетичния апарат на царевица и сорго при различни нива на засушаване

Мартин А. Стефанов, Георги Д. Рашков, Преслава Б. Борисова и Емилия Л. Апостолова

Резюме: Засушаването е един от основните стресови фактори на околната среда, влияещ върху растежа и добива на растенията. Изследвано е влиянието на различните концентрации на полиетиленгликол 6000 (PEG 6000) върху фотосинтетичните характеристики на царевица (*Zea mays* L. Mayflower) и сорго (*Sorghum bicolor* L. Foehn). Активността на фотосинтетичния апарат беше оценена с помощта на хлорофилна флуоресценция (РАМ и ЈР тест) и фотоокислението на Р700. Данните показаха, че водният дефицит намалява фотохимичното гасене (q_p), отношението на фотохимичните към нефотохимичните процеси (F_v/F_o), ефективния квантов добив на фотохимичното преобразуване на енергията във ФС2 (Φ_{PSII}), скоростта на линейния електронен транспорт (ЕТР) и индексите на производителност PI_{total} и PI_{ABS} , като въздействието е по-силно при соргото, отколкото при царевицата и зависи от нивото на засушаване. Фотохимията на ФС1 (Р700 фотоокислението) при соргото се инхибира след прилагане на всички изследвани нива на засушаване, докато при царевицата се регистрира само след третиране с по-високи концентрации на PEG (30% и 40%). В резултат от засушаването се наблюдаваха повишени регулирани енергийни загуби (Φ_{NPQ}) и активиране на „state transition“ при царевицата, докато при соргото се регистрира нарастване главно на нерегулираните енергийни загуби (Φ_{NO}). Намаляване на съдържанието на пигменти и относителното водно съдържание, както и увеличаване на мембранното увреждане също се регистрира след третиране с PEG. Експерименталните резултати показаха по-добра толерантност към засушаване на царевицата в сравнение със соргото. Това проучване предоставя нова информация за ролята на регулираните енергийни загуби и „state transition“ за защитата на фотосинтетичния апарат при засушаване и може да бъде практически подход за определяне на толерантността на растенията към този стрес фактор.

Г2 Stefanov M., Rashkov G., Borisova P., Apostolova E.. Sensitivity of the Photosynthetic Apparatus in Maize and Sorghum under Different Drought Levels. *Plants*, 12, 1863, MDPI (Switzerland), 2023, DOI:<https://doi.org/10.3390/plants12091863>, SJR (Scopus):0.765, JCR-IF (Web of Science):4.658 Q1, не оглавява ранглистата (Scopus)

Въздействие на листното прилагане на наночастици от цинков оксид върху фотосинтезата на *Pisum sativum* L. при солеви стрес

Хишам Елшоки, Екатерина Йоцова, Мохамед Фаргали, Халед Фаро, К. Ел-Сайед, Хеба Елзоркани, Георги Рашков, Анелия Добрикова, Преслава Борисова, Мартин Стефанов, Маха Али, Емилия Апостолова,

Резюме: Изследвано е въздействието на наночастиците от цинков оксид: чисти (ZnO NPs) и покрити със силициева обвивка (ZnO-Si NPs), върху *Pisum sativum* L. при физиологични условия и условия на солеви стрес. Експерименталните резултати показват, че листното пръскане с ZnO-Si NPs и 200 mg/L ZnO NPs не оказва влияние върху структурата на устицата, целостта на мембраната и функциите на двете фотосистеми при физиологични условия, докато 400 mg/L ZnO-Si NPs има благоприятен ефект върху ефективния квантов добив на фотосистема 2 (ФС2) и фотохимията на фотосистема 1 (ФС1). От друга страна, слаби фитотоксични ефекти са регистрирани след пръскане с 400 mg/L ZnO NPs, съпроводени със стимулиране на цикличният електронен поток около ФС1 и увеличаване на нефотохимичното гасене (NPQ). Резултатите също така показаха, че и двата вида наночастици (с изключение на 400 mg/L ZnO NPs) намаляват отрицателните ефекти предизвикани от 100 mM NaCl върху фотохимията на ФС1 (фотоокислението на P700) и ФС2 (q_p , F_v/F_m , F_v/F_o , Φ_{PSII} , Φ_{exc}), както и върху съдържанието на пигменти, затварянето на устицата и целостта на мембраната. Защитният ефект е по-добър след третиране с ZnO-Si NPs в сравнение с ZnO NPs, което може да се дължи на наличието на Si обвивка. Обсъжда се ролята на Si обвивка.

ГЗ Elshoky H.A., Yotsova E., Farghali M.A., Farroh K.Y., El-Sayed K., Elzorkany H.E., Rashkov G., Dobrikova A., Borisova P., Stefanov M., Ali M.A., Apostolova E.. Impact of foliar spray of zinc oxide nanoparticles on the photosynthesis of *Pisum sativum* L. under salt stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 167, Elsevier, 2021, DOI:10.1016/j.plaphy.2021.08.039, 607-618. SJR (Scopus):1.17, JCR-IF (Web of Science):4.27 Q1, не оглавява ранглистата (Scopus)

Влияние на засоляването върху преноса на енергия между пигмент-белтъчните комплекси във фотосинтетичния апарат, функциите на кислород отделящата система и фотохимичните активности на фотосистема 2 и фотосистема 1 в две линии *Paulownia*

Мартин А. Стефанов, Георги Д. Рашков, Екатерина К. Йоцова, Анелия Г. Добрикова и Емилия Л. Апостолова

Резюме: Изследването показва ефекта на засоляването върху функциите на тилакоидните мембрани от две хибридни линии *Paulownia*: *Paulownia tomentosa x fortunei* и *Paulownia elongata x elongata*, отглеждани в разтвор на Ноагланд с две концентрации на NaCl (100 и 150 mM) при различни времена на третиране (10 и 25 дни). Установено е инхибиране на фотохимичните активности на фотосистема 1 ($\text{DCPIH}_2 \rightarrow \text{MV}$) и фотосистема 2 ($\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{BQ}$) само след кратко третиране (10 дни) с по-високата концентрация на NaCl. Данните също показват промени в преноса на енергия между пигмент-белтъчните комплекси (емисионните отношения на хлорофилна флуоресценция F_{735}/F_{685} и F_{695}/F_{685}), кинетичните параметри на кислород отделящите реакции (първоначалното разпределение на състоянието S_0 - S_1 , загуби (α), двойни попадения (β) и блокирани центрове (S_B)). Освен това, експерименталните резултати показват, че след продължително третиране с NaCl *Paulownia tomentosa x fortunei* се адаптира към по-високата концентрация на NaCl (150 mM), докато тази концентрация се оказва летална за *Paulownia elongata x elongata*. Това изследване показва връзката между солево-индуцираното инхибиране на фотохимията на двете фотосистеми и предизвиканите от NaCl промени в преноса на енергия между пигмент-белтъчните комплекси и модификации настъпващи в Mn клъстер на кислород отделящата система.

Г4 Stefanov M.A., Rashkov G.D., Yotsova E.K., Dobrikova A.G., Apostolova E.L.. Impact of Salinity on the Energy Transfer between Pigment-Protein Complexes in Photosynthetic Apparatus, Functions of the Oxygen-Evolving Complex and Photochemical Activities of Photosystem II and Photosystem I in Two *Paulownia* Lines. *Int. J. Mol. Sci.*, 24, 4, MDPI, 2023, DOI:10.3390/ijms24043108, SJR (Scopus):1.18, JCR-IF (Web of Science):6.208 Q1, не оглавява ранглистата (Scopus)

Ефект на засоляването върху фотосинтетичния апарат на две линии *Paulownia*

Мартин А. Стефанов, Екатерина К. Йоцова, Георги Д. Рашков, Катя Иванова, Юлиана Марковска и Емилия Л. Апостолова

Резюме: Изследвани са ефектите на засоляването на почвата върху функционалната активност на фотосинтетичния апарат и пигментния състав на две линии на *Paulownia* (*Paulownia tomentosa* x *fortunei* и *Paulownia elongata* x *elongata*). Измерванията на хлорофилната флуоресценция с РАМ разкриха, че засоляването води до: (i) увеличаване на коефициента на фотохимично гасене (qp) и скоростта на линейния пренос на електрони (ETR) и в двете линии на Пауловния, докато максималният квантов добив на първичната фотохимия на ФС2 в тъмнинно адаптирано състояние (F_v/F_m) не се повлиява; (ii) подобряване ефективността на фотохимичното преобразуване на енергията (Φ_{PSII}); (iii) повлияване на коефициента на намаляване на хлорофилната флуоресценция (R_{Fd}), което корелира с нетната скорост на асимилация на CO_2 ; (iv) въздействие върху реокислението на Q_A . Анализът на кинетиката на редукцията на P700 при изключване на “far-red” светлина показва, че засоляването води до забавяне на цикличния транспорт на електрони около ФС1 и в двете изследвани линии, като ефектът върху този процес е по-изразен при *P. tomentosa* x *fortunei* в сравнение с *P. elongata* x *elongata*. Настоящите експериментални резултати показват висока толерантност към засоляване на изследваните линии *Paulownia*, но *P. tomentosa* x *fortunei* е по-толерантна към засоляване от *P. elongata* x *elongata*. Дискутирани са молекулярните механизми, участващи в отговора на *Paulownia* към засоляването на почвата.

Г5 Stefanov, M., Yotsova, E., Rashkov, G., Ivanova, K., Markovska, Y., Apostolova, E.L.. Effects of salinity on the photosynthetic apparatus of two Paulownia lines. Plant Physiol. Biochem., 101, 2016, JCR-IF (Web of Science):2.928 Q1, не оглавява ранглистата (Scopus)

Ефекти на екзогенния 24-Epibrassinolide върху фотосинтетичните мембрани при нестресови условия

Анелия Г. Добрикова, Радка С. Владкова, Георги Д. Рашков, Светла Й. Тодинова, Сашка Б. Крумова,
Емилия Л. Апостолова

Резюме: Изследвани са ефектите на екзогенния 24-Epibrassinolide (EBR) върху функционалните и структурни характеристики на тилакоидните мембрани при нестресови условия са оценени 48 часа след третиране на грахови растения с различни концентрации на EBR (0,01, 0,1 и 1,0 mg/L). Резултатите показват, че прилагането на 0,1 mg/L EBR има най-добър ефект върху изследваните характеристики на фотосинтетичните мембрани. Наблюдаваните промени на разсейване на светлината при 540 nm и в калориметричните преходи предполагат промени в структурната организация на тилакоидните мембрани след третиране с EBR, които от своя страна влияят върху кинетиката на кислородното отделяне, увеличават скоростта на електронния транспорт, увеличават ефективния квантов добив на фотосистема 2 и фотохимичното гасене. Индуцираните от EBR промени във фотосинтетичните мембрани най-вероятно водят до увеличаване на устойчивостта на растенията.

Г6 Dobrikova, A., Vladkova, R., Rashkov, G., Todinova, S. J., Krumova, S. B., Apostolova, E.. Effects of exogenous 24-epibrassinolide on the photosynthetic membranes under non-stress conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*, 80, Elsevier, 2014, ISSN:0981-9428, 75-82. SJR (Scopus):1.061, JCR-IF (Web of Science):2.756 Q1, не оглавява ранглистата (Web of Science)

Г7

Температурна чувствителност на фотосистема 2 в изолирани тилакоидни мембрани от третиран с флуридон грахови листа

Кольо Данков, Георги Рашков, Амарендра Мисра, Емилия Л. Апостолова

Резюме: Изследвани са индуцирани от висока температура промени в активността на фотосистемата 2 (ФС2) на тилакоидните мембрани, изолирани от грах (*Pisum sativum* L. 'Ran'), третиран с ниски (10^{-8} M) и високи (10^{-7} M) концентрации на флуридон. Импулсно модулираната хлорофилна флуоресценция (РАМ) и фотосинтетично кислородно отделяне (измерено със скоростен кислороден полярографски електрод) са използвани за оценка на ефекта на високата температура върху функционалната активност на ФС2. Третирането с по-висока температура води до по-силно инхибиране на светкавичните кислородни добиви в сравнение с първичната фотохимия на ФС2 (Fv/Fm). Инхибирането на ФС2 $_{\alpha}$ центровете при висока температура е по-силно отколкото на ФС2 $_{\beta}$ центровете. Температурно-индуцираното увреждане в ФС2 $_{\alpha}$ центровете, както и в донорната страна на всички ФС2 центрове (ФС2 $_{\alpha}$ и ФС2 $_{\beta}$) се засилва при тилакоидни мембрани от флуридон третиран растения.

Г7 Dankov, K., Rashkov, G., Misra, A.N., Apostolova, E.L.. Temperature sensitivity of photosystem II in isolated thylakoid membranes from fluridone-treated pea leaves. Turk. J. Bot., 39, 3, Turkiye Klinikleri, 2015, 420-4. SJR (Scopus):0.564, JCR-IF (Web of Science):1.6 Q2 (Scopus)

Г8

Диференциален отговор на фотосинтетичния апарат на антарктическите водорасли *Synechocystis salina* (Cyanophyta) и *Chlorella vulgaris* (Chlorophyta) към UV-B.

Емилия Л. Апостолова, Ирина Пунева, Ирена Григорова, Каледона Минкова, Незабравка Николаева, Георги Рашков

Резюме: Сравнена е чувствителността на фотосинтетичния апарат на антарктическия *Synechocystis salina* и *Chlorella vulgaris* след третиране с UV-B. Нашите резултати ясно показват, че индуцирани от UV-B промени в преноса на енергия между хлорофил-белтъчните комплекси, първичната фотохимия на фотосистемата 2 и фотосинтетичното кислородно отделяне, са по-силно повлияни при цианобактерията *Synechocystis salina*, отколкото при зеленото водорасло *Chlorella vulgaris*.

Г8 Apostolova, E.L., Pouneva, I.D., Grigorova, I., Minkova, K.M., Nikolaeva, N., Rashkov, G.. Differential response of the photosynthetic apparatus of Antarctic algae *Synechocystis salina* (Cyanophyta) and *Chlorella vulgaris* (Chlorophyta) to UV-B radiation. Comp. rend. Acad. bulg. Sci., 63, 2010, ISSN:1310–1331, 1009-1016. ISI IF:0.284 Q2 (Scopus)

Микроводораслите подобряват фотосинтетичната ефективност на оризови растения (*Oryza sativa* L.) при физиологични условия и кадмиев стрес

Екатерина Йоцова, Мартин Стефанов, Георги Рашков, Маргарита Кузманова, Анелия Добрикова, Емилия Л. Апостолова

Резюме: Целта на това изследване е да се оцени въздействието на микроводораслите *Chlorella vulgaris* върху оризови растения при физиологични условия и при кадмиев (Cd) стрес. Изследвани са ефектите на *C. vulgaris* прибавено към хранителния разтвор на ориз, отглеждан хидропонно в присъствието и отсъствието на 150 μM CdCl_2 , използвайки ниско-температурна (77K) и импулсно амплитудно-модулирана (РАМ) хлорофилна флуоресценция, измервания свързани с фотоокислението на P700, фотохимичните активности на двете фотосистеми, кинетичните параметри на кислородно отделяне, оксидативните стрес-маркери (MDA, H_2O_2 и пролин), съдържанието на пигменти, растежните параметри и натрупването на Cd. Данните показват, че присъствието на *C. vulgaris* не само стимулира растежа и подобрява функциите на фотосинтетичния апарат при физиологични условия, но също така намалява токсичния ефект на Cd при ориз. Освен това, наличието на зелени микроводорасли в хранителния разтвор на оризови растения изложени на действието на Cd, значително подобряват растежа, фотохимичните активности на двете фотосистеми, кинетичните параметри на кислород отделящите реакции, съдържанието на пигменти и намаляват липидната пероксидация, H_2O_2 и съдържанието на пролин. Данните показват, че намаляването на индуцираните от Cd ефекти при оризови растения е резултат от сорбцията на тежкия метал от микроводораслите, както и от намаленото натрупване на Cd в корените и неговото преместване от корените към стъблата.

Г9 Yotsova, E., Stefanov, M., Rashkov, G., Kouzmanova, M., Dobrikova, A., Apostolova, E.. Microalgae Improve the Photosynthetic Performance of Rice Seedlings (*Oryza sativa* L.) under Physiological Conditions and Cadmium Stress. *Phyton - International Journal of Experimental Botany*, 91, 7, Tech Science Press, 2022, DOI:10.32604/phyton.2022.020566, 1365-1380. SJR (Scopus):0.2, JCR-IF (Web of Science):1.407 Q3 (Web of Science)

Ефекти на солевия стрес върху фотосинтезата на царевица и сорго

Мартин Стефанов, Георги Рашков, Екатерина Йоцова, Преслава Борисова, Анелия Добрикова, Емилия Л. Апостолова

Резюме: В това изследване са сравнени ефектите от солевия стрес върху фотосинтетичните процеси в соргото (*Sorghum bicolor* L. Albanus conser) и царевицата (*Zea mays* L. Mayflower). Растенията са отглеждани в ½ разтвор на Hoagland, съдържащ различни концентрации на NaCl (0, 50, 150 и 250 mM NaCl) в продължение на 6 дни. Използвани са импулсно модулирана хлорофилна флуоресценция, фотоокисление на P700 и пигментен анализ за характеризиране на ефектите на засоляването върху изследваните растения. Третирането на растения с високи концентрации на NaCl доведе до инхибиране на параметрите на хлорофилната флуоресценцията като фотохимичното гасене, скоростта на фотосинтезата и линейния електронен транспорт в сорго и царевица. Всички тези промени съответстват на намаляването на пигментното съдържание и изменението в отношението на хлорофил а към b. Анализът на фотоокислението на P700 показва, че фотохимията на фотосистемата 1 е инхибирана при най-високата концентрация на NaCl и в двете изследвани растения. Данните също така показват, че соргото е по-чувствително към солевия стрес в сравнение с царевицата. Показани са причините за различното влияние на засоляването върху царевицата и соргото.

Г10 Stefanov M., Rashkov G., Yotsova E., Borisova P., Dobrikova A., Apostolova E.. Effects of salt stress on the photosynthesis of maize and sorghum. *Ecologia Balkanica*, 3, UNIVERSITY OF PLOVDIV PUBLISHING HOUSE, 2020, ISSN:1313-9940, 147-154. SJR (Scopus):0.134 Q4 (Scopus)

Влияние на индуцирания от саносил оксидативен стрес върху фотосинтетичния апарат на различни щамове зелени водорасли и цианобактерии

Емилия Л. Апостолова, Георги Рашков, Кольо Данков, Ирина Пунева

Резюме: Фотосинтетичното кислородно отделяне (измерено чрез скоростен полярографски електрод) и импулсно модулираната хлорофилна флуоресценция са използвани за оценка на ефекта на индуцирания от саносил оксидативен стрес върху фотосистема 2 (ФС2) в зеленото водорасло *Chlorella vulgaris* и цианобактерията *Synechocystis salina*, изолирани от антарктическа и мезофилна среда. Това изследване показва относително по-силно влияние на саносила (особено основният му компонент, водороден пероксид) върху донорната страна (кислород отделящата система) в сравнение с акцепторната страна на ФС2, както при зелените водорасли, така и при цианобактериите. Инхибирането на кислородното отделяне се дължи основно на намаляване на активността на бързите центрове на ФС2. В допълнение, получените данни показват, че ефектите на оксидативния стрес върху цианобактерията и зеленото водорасло силно зависят от размера на антената на ФС2.

Г11 Apostolova, E.L., Rashkov, G., Dankov, K., Puneva, I.. Influence of the sanosil-induced oxidative stress on the photosynthetic apparatus of different strains of green algae and cyanobacteria. Ind. J. Plant Physiol, 20, 2015, 333-338. SJR (Scopus):0.125 Q4 (Scopus)

Промени във фотосистема II комплекса и физиологичната му активност в грахови и царевични растения в отговор на солеви стрес

Мартин А. Стефанов, Георги Д. Рашков, Екатерина К. Йоцова, Преслава Б. Борисова, Анелия Г. Добрикова и Емилия Л. Апостолова

Резюме: Солевиот стрес значително влияе върху функциите на фотосинтетичния апарат, с различна степен на увреждане на неговите компоненти. Фотосистема 2 (ФС2) е по-чувствителна към стрес фактори на околната среда, включително засоляване, отколкото фотосистема I (ФС1). Изследвани са ефектите от различни нива на засоляване (0 до 200 mM NaCl) върху ФС2 комплекса в изолирани тилакоидни мембрани от хидропонно отглеждани грах (*Pisum sativum* L.) и царевича (*Zea mays* L.), третирани с NaCl в продължение на 5 дни. Данните показват, че солевиот стрес инхибира фотохимичната активност на ФС2 ($H_2O \rightarrow BQ$), влияейки върху преноса на енергия между пигмент-белтъчните комплекси на ФС2 (както се вижда от хлорофилното флуоресцентно отношение F_{695}/F_{685}), Q_A реоксидацията и функцията на КОС. Тези процеси са по-силно повлияни върху грах, в сравнение с царевича при засоляване. Анализът на кривите на светкавичния кислороден добив и кислородното отделяне при непрекъснато осветяване показва по-силно влияние върху $ФС2_\alpha$ от $ФС2_\beta$ центровете. Инхибирането на кислородното отделяне е свързано с увеличаване на загубите (α), двойните попадения (β) и блокираните центрове (S_B) и намаляване на скоростната константата на превъртане на ФС2 реакционните центрове (K_D). Засоляването има различни ефекти върху двата пътя на реоксидация на Q_A в царевичата и граха. При царевичата електронният поток от Q_A - към пластохинон е доминиращ след третиране с по-високи концентрации на NaCl (150 mM и 200 mM), докато при грах електронната рекомбинация на $Q_A Q_B$ - с окислен S_2 (или S_3) на КОС е по-изразена. Анализът на 77 K флуоресцентните емисионни спектри разкрива промени в отношението мономери и тримери към агрегати на светосъбиращия комплекс на ФС2) след третиране със сол. Наблюдава се и намаляване на пигментния състав и повишаване на маркерите за оксидативен стрес, индекса на увреждане на мембраната, антиоксидантната активност (FRAP анализ) и антирадикалната активност (DPPH анализ). Тези ефекти са по-силно изразени при грах, отколкото при царевича след третиране с по-високи концентрации на NaCl (150 mM–200 mM). Това изследване дава представа за това как засоляването влияе върху процесите в донорната и акцепторната страна на ФС2 при растения с различна чувствителност към засоляване.

Г12 Stefanov M.A., Rashkov G.D., Borisova P.B., Apostolova E.L.. Changes in Photosystem II Complex and Physiological Activities in Pea and Maize Plants in Response to Salt Stress. *Plants*, 13, 1025, MDPI (Switzerland), 2024, JCR-IF (Web of Science):4.5 Q1, не оглавява ранглистата (Scopus)