

Резюмета
на публикациите на доц. Анелия Добрикова в конкурса за заемане на
академичната длъжност „Професор“
(на български език)

1. Dobrikova A., Apostolova E., Hanč A., Yotsova E., Borisova P., Sperdouli I., Adamakis I.D.S., Moustakas M. Cadmium toxicity in *Salvia sclarea* L: An integrative response of element uptake, oxidative stress markers, leaf structure and photosynthesis. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 209 (2021) 111851. doi:10.1016/j.ecoenv.2020.111851 IF-4.872 (Q1 WebS)

Билковото растение *Salvia sclarea* L. (градински чай) е класифицирано към акумулаторите на кадмий (Cd) и се счита за потенциално растение за фиторемедиация на почви, замърсени с тежки метали. Въпреки това, ефектът от Cd третиране върху функцията на фотосинтетичния апарат на *S. sclarea*, както и механизмите, участващи в толерантността към Cd токсичност, все още не са проучени подробно. Това изследване е проведено, за да се проучат интегративните отговори на растенията *S. sclarea*, изложени на високо съдържание на Cd (100 µM) в хранителната среда за 3 и 8 дни, като се изследва поглъщането на хранителни елементи, маркерите за оксидативен стрес, пигментния състав, фотосинтетичните характеристики и структурата на листата. Измервания на: функционалните активности на фотосистема I (ФCI, чрез P700 фотоокисление), фотосистема II (PSII, чрез параметрите на хлорофилната флуоресценция), кислород-отделящия комплекс (кислородно отделяне чрез Кларков и Жолио тип електроди), както и пигментното и фенолно съдържание на листата, бяха използвани за оценка на защитните механизми на фотосинтетичния апарат при Cd стрес. Данните предполагат, че молекулните механизми, включени във фотосинтетичната толерантност към токсичното действие на Cd, включват силно повишено съдържание на фенолни съединения и антоцианини, както и повишено нефотохимично гасене и ускорен цикличен електронен транспорт около ФCI до 61%, които защитават функцията на фотосинтетичния апарат при стрес. Освен това, толерантността на *S. sclarea* към Cd стрес също е свързана с повишено натрупване на Fe в листата с около 25%. Всичко по-горе изложено ясно показва, че растенията *S. sclarea* използват няколко различни механизми за защита на функцията на фотосинтетичния апарат срещу Cd стрес, които са обсъдени тук.

2. Adamakis I.-D.S., Sperdouli I., Hanč A., Dobrikova A., Apostolova E., Moustakas M. Rapid hormetic responses of photosystem II photochemistry of clary sage to cadmium exposure. *Int. J. Mol. Sci.* 22(1) (2021) 41. doi:10.3390/ijms22010041 IF-4.556 (Q1 WebS)

Излагането на градински чай (*Salvia sclarea* L.) за пет дни на 100 µM кадмий (Cd) в хидропоника беше достатъчно, за да увеличи значително концентрациите на Cd в корените и надземните части, и да повлияе отрицателно на нивата на калций (Ca) и магнезий (Mg) в целите растения, тъй като Cd се конкурира за Ca канали, докато намалените концентрации на Mg са свързани с повишен толеранс към Cd. Общото поглъщане на цинк (Zn), мед (Cu) и желязо (Fe) е увеличено, но тяхното придвижване в надземните части намалява. Въпреки значителните нива на Cd в листата, без да се наблюдават дефекти в ултраструктурата на хлоропласта, се наблюдава подобрена ефективност на фотосистема II (PSII), с по-голяма фракция на абсорбираната светлинна енергия насочена за фотохимията (ФPSII). Едновременното увеличаване на фотозащитния механизъм на нефотохимичното гасене (NPQ) води до значително намаляване на разсейваната нерегулирана енергия (FNO), модифициращо хомеостазата на реактивните кислородни видове (ROS), чрез намалено образуване на синглетен кислород ($1O_2$). Базово ниво на ROS е открито в контролните растения за оптимален растеж, докато леко повишеното ниво на ROS при 5-дневно Cd третиране изглежда е полезно за предизвикване на защитни реакции, а високото ниво на ROS (след 8-дневно Cd излагане) е вредно за растенията. По този начин, когато градинският чай

бе изложен на Cd стрес за кратък период, се задействат механизми на толерантност. Излагането на комбинация от Cd и силна светлина или само на Cd (8 дни) води до инхибиране на функционалността на PSII, което показва Cd токсичност. По този начин, бързото активиране на PSII функцията при краткотрайно излагане и инхибирането ѝ при по-голяма продължителност на третирането, предполага хорметичен отговор и описва тези ефекти съответно като „адаптивна реакция“ и „токсичност“.

3. Dobrikova A., Apostolova E., Hanč A., Yotsova E., Borisova P., Sperdouli I., Adamakis I.D.S., Moustakas M. Tolerance mechanisms of the aromatic and medicinal plant *Salvia sclarea* L. to excess zinc. *Plants* 10 (2021) 194. doi: 10.3390/plants10020194 IF-2.762 (Q1 WebS)

През последните години, поради развитието на индустриалното и селскостопанско производство, замърсяването с тежки метали привлича все по-голямо внимание. Ароматно и лечебно растение *Salvia sclarea* L. (градински чай) се класифицира към цинкови (Zn) акумулаторни растения и се счита за потенциално растение за фиторемедиация на замърсени с тежки метали почви. В това проучване се изследва адаптацията на градинския чай към излагане на 900 μM (излишък) Zn за осем дни в хранителен разтвор. Механизмите на толерантност при излагане на излишък от Zn бяха проучени чрез оценка на промените в усвояването на хранителните вещества, пигментното и фенолното съдържание на листата, фотосинтетичната активност и структурните характеристики на листа. Поглъщането и разпределението на Zn, както и на някои основни елементи като: Ca, Mg, Fe, Mn и Cu, бяха изследвани с мас спектрометрия с индуктивно свързана плазма. Резултатите показаха, че *Salvia sclarea* е растение с акумулиращ потенциал за Zn, което толерира значително високи токсични нива на Zn в листата чрез увеличаване на листното съдържание на йоните Fe, Ca и Mn като защита на фотосинтетичната функция и за стимулиране на фотосистема I (ФСI) и функцията на фотосистема II (ФСII). Излагането на градинския чай на Zn излишък значително увеличи синтеза на общите феноли и антоцианини в листата; те играят важна роля за детоксикацията на Zn и защитата срещу оксидативен стрес. Прекисното окисление на липидите и електролитното изтичане в листата, използвани като индикатори за увреждане от тежки метали, са леко увеличени. Всички тези данни подчертават, че *Salvia sclarea* е икономически интересно растение за фитоекстракция и/или фитостабилизация на замърсени с Zn почви.

4. Yotsova E., Dobrikova A., Stefanov M., Misheva S., Bardáčová M., Matušíková I., Žideková L., Blehová A., Apostolova E. Effects of cadmium on two wheat cultivars depending on different nitrogen supply. *Plant Physiol. Biochem.* 155 (2020) 789-799. doi:10.1016/j.plaphy.2020.06.042. IF- 3.720 (Q1 WebS)

Замърсяването с тежки метали, както и неправилната употреба на торенето представляват сериозни заплахи за чистотата на околната среда и здравословните храни. Това проучване е проведено, за да се изследва как добавянето на азот влияе върху способността на растението да се справя с кадмиевия стрес в два сорта пшеница – съвременен: cv. Катя (носител на гена за полуджудже *Rht8*) и по-стария: cv. Сломер. Тук изследвахме ефектите от 100 μM CdCl₂ върху двата генотипа пшеница, отглеждани хидропонно при три различни хранителни режими от 5.5, 10 и 20 mM NO₃, чрез изследване на растежа на растенията, съдържанието на пигменти и функционалната активност на фотосинтетичния апарат чрез РАМ хлорофил флуоресценция, фотоокисление на P700, отделяне на кислород и маркерите на оксидативен стрес. Данните показват, че различният генетичен състав влияе върху стратегиите за усвояване и разпределение на металите, както и на способностите за справяне с оксидативния стрес. Модерният cv. Катя ограничава навлизането на метала до корените, но позволява неговото преместване в надземните части. Независимо от това, фотосинтетичните характеристики показват по-добра защита, вероятно медирана от алела *Rht8*. За разлика от него, старият сорт (cv. Slomer) толерира по-високи нива на кадмий в корените и притежава ефективни бариери срещу неговото пренасяне в стъблата и листата, но въпреки това показва

по-нарушена фотосинтетична активност. Като цяло въздействието на кадмия върху фотосинтетичния апарат е най-вредно при най-ниската концентрация на азот, която се прилага. Докато най-високото количество азот облекчава негативните ефекти на кадмия. Данните предполагат, че съвременният развъден алел (*Rht8*), както и по-доброто хранене/торене могат да допринесат за толерантността към стреса от тежки метали в пшеницата.

5. Moustakas M., Hanč A., Dobrikova A., Sperdouli I., Adamakis I.D.S., Apostolova E. **Spatial heterogeneity of cadmium effects on *Salvia sclarea* leaves revealed by Chlorophyll fluorescence imaging analysis and Laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry.** *Materials* 12(18) (2019) 2953. doi:10.3390/ma12182953 IF- 3.057 (Q2 WebS)

В това проучване за първи път (според нашите познания) ние комбинирахме два метода за анализ: хлорофил-флуоресцентен образен анализ (CF-IA) и мас спектрометрия с индуктивно свързана плазма и лазерна аблация (LA-ICP-MS), за да изследваме ефектите на натрупването на кадмия (Cd) върху фотохимията на фотосистема II (ФСII). Използвахме като растителен материал *Salvia sclarea*, която растеше хидропонно без (контрола) или със 100 μM Cd в продължение на пет дни. Пространствената хетерогенност на намаления ефективен квантов добив на ФСII електронния транспорт (ФПСII), която се наблюдава след излагане на Cd, е свързана с пространствения модел на високо натрупване на Cd в листата. Въпреки това, голямото увеличение на нефотохимичното гасене (NPQ) в листната част с високото натрупване на Cd, доведе до намаляване на квантовия добив на нерегулираната загуба на енергия (ФНО) дори повече от този на контролните листа. По този начин, листата на *S. sclarea*, изложени на 100 μM Cd, показват по-ниско съдържание на реактивни кислородни видове (ROS) като синглетен кислород (1O_2). В допълнение, увеличеното нефотохимично гасене на флуоресценцията (NPQ) в целия лист след третиране с Cd е достатъчно, за да запази същата част на отворените реакционни центрове (qp), както при контролните листа. Нашите резултати демонстрираха, че CF-IA и LA-ICP-MS могат успешно да се комбинират за наблюдение на ефектите на тежките метали и механизмите на толерантност при растенията.

6. Maglovski M., Gregorová Z., Rybanský L., Bardáčová M., Moravčíková J., Bujdoš M., Dobrikova A., Apostolova E., Kraic J., Blehová A., Matušiková I. **Effects of nutrition on wheat photosynthetic pigment responses to arsenic stress.** *Polish J. Environ. Stud.* 28(3) (2019) 1-9. doi:10.15244/pjoes/89584 ISI IF-1.383 (Q2 SJR)

Арсенът е сериозен замърсител на почвата с токсични ефекти върху биологичните системи. Повишените му концентрации в почвата могат да повлияят отрицателно на растениевъдството и безопасността на храните. Въздействието на арсена върху растенията зависи от много фактори, включително наличието на азот. Азотът (N) като основен минерал влияе върху цялостната растителна енергетика, докато неговите неоптимални дози оказват влияние върху развитието и добива на растенията, както и върху толерантността им към околните промени. Комбинираните ефекти на тези два фактора обаче са рядко изследвани. Тук ние изследвахме въздействието на сублеталните дози As^{3+} (5 mM) върху пшенични растения, отглеждани хидропонно, прилагайки набор от 8 различни концентрации на N, обхващащи от глад (0 mM N) през оптимални (7.5 mM N) до прекомерни количества (до 35 mM N). Резултатите показаха, че съдържанието на фотосинтетичните пигменти варира в зависимост от концентрацията на N и присъствието на As^{3+} . Различният енергиен статус на растенията също повлия на усвояването на As. Установяването на подходящи хранителни условия може да бъде важно за ограничаване поглъщането на токсични металоиди от почвата в замърсените райони.

7. Yotsova E., Dobrikova A., Stefanov M., Apostolova E. **Impact of salicylic acid on the growth and the activity of photosynthetic apparatus in rice under non-stress conditions.** *Comp. Rend. Acad. Bulg. Sci.* 71(3) (2018) 368-375. doi:10.7546/CRABS.2018.03.09. ISI IF-0.321 (Q2 SJR)

Изследвано е въздействието на екзогенното прилагане на различни концентрации на салицилова киселина (10, 50 и 100 μM) чрез кореновата среда върху растежа на растенията, съдържанието на пигменти и фотохимичните активности на фотосистема I и на фотосистема II. Данните разкриват, че наблюдаваните изменения силно зависят от концентрацията на приложената салицилова киселина, като 10 μM е оптималната концентрация за растежа на растенията и функционалната активност на фотосинтетичния апарат на оризовите растения при нестресови условия. В допълнение, концентрациите на салицилова киселина под 100 μM не оказват влияние върху енергийния трансфер между хлорофил-белтъчните комплекси в тилакоидните мембрани.

8. Yotsova E.K., Dobrikova A.G., Stefanov M.A., Kouzmanova M., Apostolova E.L. **Improvement of the rice photosynthetic apparatus defence under cadmium stress modulated by salicylic acid supply to roots.** *Theor. Exp. Plant Physiol.* 30(1) (2018) 57-70. doi:10.1007/s40626-018-0102-9. ISI IF- 1.532 (Q2 WebS)

Настоящото изследване беше проведено, за да се проучи ефектът на екзогенно добавената салицилова киселина (SA) към хранителния разтвор върху растежните параметри и функциите на фотосинтетичния апарат на оризови растения при кадмиев (Cd) стрес. Нашите изследвания показаха, че 10 μM SA има оптимален ефект при оризови растения, отглеждани хидропонно. Използвани са методите на импулсно-амплитудно модулирана хлорофилна флуоресценция, нискотемпературна хлорофилна флуоресценция, кислородно отделяне (измерено с Кларк и Жолио тип електроди) и P700 фотоокисление за оценка на ефекта на SA върху активността на фотосинтетичния апарат. Измервани са нивата на три важни параметъра, свързани с оксидативния стрес (водороден пероксид, липидна пероксидация и съдържание на пролин). Прилагането на ниска концентрация на SA значително намалява нивата на водороден пероксид, липидната пероксидация и пролина при Cd стрес. Резултатите разкриват, че ниската концентрация на SA, прилагана при растения, изложени на 150 μM CdCl₂, значително подобрява растежа на растенията, фотохимичните активности на двете фотосистеми, електронния поток от Q_A към пластохинон, енергийното разпределение между пигмент-белтъчните комплекси и кинетичните параметри на кислород-отделящите реакции. Това изследване показва, че екзогенното прилагане на 10 μM SA през кореновата среда има защитен ефект срещу Cd токсичност в оризовите растения. Обсъдени са възможните молекулни механизми, участващи в защитния ефект на SA върху функцията на фотосинтетичния апарат.

9. Jusovic M., Velitchkova M.Y., Misheva S.P., Börner A., Apostolova E.L., Dobrikova A.G. **Photosynthetic responses of a wheat mutant (*Rht-B1c*) with altered DELLA proteins to salt stress.** *J. Plant Growth Regul.* 37(2) (2018) 645-656. doi:10.1007/s00344-017-9764-9 ISI IF-2.179 (Q1 SJR)

Засоляването все повече се увеличава в земната площ по света и значително повлиява скоростта на фотосинтезата и съответно растежа на растенията. В това проучване въздействието на солевия стрес (200 mM NaCl, еквивалентно на електрическа проводимост от 18.6 mS/cm) върху фотосинтетичния апарат и някои растежни параметри бяха изследвани при DELLA мутант на пшеница (*Rht-B1c*) и див тип пшеница (*Rht-B1a*), отглеждани на 1/2 Hoagland разтвор. Резултатите разкриват, че токсичността на солевия стрес е облекчена при мутанта *Rht-B1c* в сравнение с дивия тип *Rht-B1a*, което се проявява с по-слабо намаление в: съдържанието на листни пигменти, относителното водно съдържание и фотохимичната активност на фотосистема II (ФСII) и фотосистема I (ФСI) след 9-дневно излагане на растенията на засоляване. В сравнение с дивия тип пшеница, по-висок капацитет за ФСI-

зависим цикличен електронен транспорт, предпазващ фотосинтетичния апарат от оксидативно увреждане, се наблюдава в мутантните растения преди и след третиране с NaCl. В допълнение, в мутантните растения беше установено увеличение на PsaB протеините след продължителен солеви стрес за разлика от дивия тип. Наблюдаваното по-високо ниво на окисление на P700 (P700⁺) в мутанта е в съответствие с по-голямото количество на свързаните с PSI протеинови комплекси. Данните показват, че промените в тилакоидните мембранни протеини и/или тяхната структурна реорганизация в пшеничния DELLA мутант (*Rht-B1c*) значително допринасят за облекчаване на солево-индуцираното увреждане на фотосинтетичния апарат. Обсъдени са молекулните механизми, участващи във фотосинтетичните отговори на DELLA пшеничния мутант към солеви стрес.

10. Dobrikova A.G., Yotsova E.K., Börner A., Landjeva S.P., Apostolova E.L. The wheat mutant DELLA-encoding gene (*Rht-B1c*) affects plant photosynthetic responses to cadmium stress. *Plant Physiol. Biochem.* 114 (2017) 10-18. doi: 10.1016/j.plaphy.2017.02.015. ISI IF-2.718 (Q1 WebS)

Изследвана е чувствителността към кадмиев (Cd) стрес на две изогенни линии на пшеница с разлики в *Rht-B1* локуса: *Rht-B1a* (висок див тип, кодиращ DELLA протеини) и *Rht-B1c* (джудже мутант, кодиращ модифицирани DELLA протеини). Ефектите на 100 µM CdCl₂ върху растежа на растенията, съдържанието на листни пигменти и функционалната активност на фотосинтетичния апарат на пшенични разсади, отглеждани върху хранителен разтвор, бяха оценени чрез комбинация от PAM хлорофилна флуоресценция, кислородно отделяне, окислително-редукционна кинетика на P700 и 77K хлорофилна флуоресценция. Резултатите показаха, че пшеничният мутант (*Rht-B1c*) е по-толерантен към Cd стрес в сравнение с дивия тип (*Rht-B1a*), както се вижда от по-малкото намаление на растежните параметри на растенията и съдържанието на пигменти, по-слабото инхибиране на фотосистема I (ФСI) и фотохимията на фотосистема II (ФСII), и на кислородното отделяне, измерено с електроди тип Кларк и Жолио. Освен това, наблюдаваната повишена толерантност към Cd се придружава от повишено натрупване на Cd в мутантните растителни тъкани. Молекулните механизми, чрез които мутацията на *Rht-B1c* подобрява толерантността на растенията към Cd стрес, включват структурни промени в мутантните фотосинтетични мембрани, водещи до по-добра защита на Mn-кълстер на кислород-отделящия комплекс и увеличен капацитет за ФСI-цикличния електронен транспорт, защитавайки фотохимичната активност на фотосинтетичния апарат при стрес. Това изследване предполага ролята на *Rht-B1c*- кодираните DELLA протеини в защитните механизми и толерантността на фотосинтетичния апарат на пшеничните растения, изложени на стрес от тежки метали.

11. Yotsova E.K., Stefanov M.A., Dobrikova A.G., Apostolova E.L. Different sensitivities of photosystem II in green algae and cyanobacteria to phenylurea and phenol-type herbicides: effect on electron donor side. *Zeitschrift für Naturforschung C* 72(7-8) (2017) 315-324. doi: 10.1515/znc-2016-0089. ISI IF- 0.882 (Q3 SJR)

Ефектите от краткосрочното третиране с фенилурея (DCMU, изопротурон) и фенолен тип (йоксинил) хербициди върху зеленото микроводорасло *Chlorella kessleri* и цианобактерията *Synechocystis salina*, с различни организации на фотосистема II (ФСII), бяха изследвани с помощта на импулсно-амплитудно модулирана (PAM) хлорофилна флуоресценция и фотосинтетично кислородно отделяне, измерено чрез полярографски кислородни електроди (Кларк и Жолио тип). Фотосинтетичното кислородно отделяне показва по-силно инхибиране в сравнение с ФСII фотохимията. Ефектите на изследваните хербициди върху клетки на микроводорасли и цианобактерии намаляват в следния ред: DCMU > изопротурон > йоксинил. Освен това наблюдавахме, че броят на блокираните ФСII центрове се увеличава значително след третиране с DCMU (204–250 пъти) и по-слабо след третиране с йоксинил (19–35 пъти) в сравнение с контролните клетки. Това изследване показва, че хербицидите засягат не само акцепторната страна, но и донорната страна на ФСII

чрез модификации на Mn-кълстер на кислород-отделящия комплекс. Ние предполагаме, че една от причините за различното инхибиране на ФСII, причинено от хербицидите, е тяхното влияние в различна степен върху кинетичните параметри на кислород-отделящите реакции (първоначалното тъмнинно разпределение на състоянията S_0 - S_1 , броят на блокираните ФСII центрове S_b , времето на превъртане на S_i състоянията, загубите и двойните попадения). Обсъдена е връзката между инхибирането, предизвикано от хербицидите, и промените в тези кинетични параметри.

- 12. Dobrikova A.G., Apostolova E.L. Damage and protection of the photosynthetic apparatus from UV-B radiation. II. Effect of quercetin at different pH. *J. Plant Physiol.* 184 (2015) 98-105. doi:10.1016/j.jplph.2015.06.008. ISI IF- 2.971 (Q1 WebS)**

Изследван е ефекта на екзогенно добавения кверцетин срещу UV-B-индуцираното инхибиране на функциите на фотосистема II (ФСII) в изолирани грахови тилакоидни мембрани, ресуспендирани при различно pH на средата (6.5, 7.6 и 8.4). Данните разкрива, че взаимодействието на този флавоноид с мембраните зависи от pH на средата и влияе на първоначалното разпределение на ФСII центрите в състояния $S_0 - S_1$ на тъмно, енергийния трансфер между пигмент-белтъчните комплекси на фотосинтетичния апарат и мембрания флуидитет. Кверцетинът също така показва различен UV-защитен ефект в зависимост от местоположението му в мембраните, тъй като неговият ефект е по-силно изразен при pH 8.4, когато е разположен на повърхността на мембраната. Резултатите предполагат, че кверцетинът индуцира структурни промени в тилакоидните мембрани, което е една от възможните причини за защитната му роля върху фотосинтетичния апарат.

- 13. Dobrikova A., Apostolova E. Protective effects of naringin on the photosynthetic apparatus against UV-B radiation. *Comp. Rend. Acad. Bulg. Sci.* 67(5) (2014) 675-682. ISI IF - 0.284 (Q3 SJR)**

Изследвани са ефектите на флавоноида нарингин върху индуцираните от UV-B промени в кислородното отделяне и енергийния трансфер между пигмент-белтъчните комплекси на фотосинтетичния апарат. Екзогенното приложение на нарингин върху тилакоидните мембрани води до модификация на кислород-отделящия комплекс повлиявайки разпределението на състоянията S_0 - S_1 на тъмно, както и върху преразпределението на възбуждащата енергия между двете фотосистеми по време на UV-B облъчване. Данните също така разкриват, че нарингинът намалява индуцираното от ултравиолетовите лъчи увреждане както на акцепторната, така и на донорната страна на фотосистема II, но защитният му ефект е по-силно изразен на донорната страна.

- 14. Misra A.N., Vladkova R., Singh R., Misra M., Dobrikova A.G., Apostolova E.L. Action and target sites of nitric oxide in chloroplasts. *Review. Nitric Oxide* 39 (2014) 35-45. doi:10.1016/j.niox.2014.04.003. ISI IF-3.521 (Q2 WebS)**

Азотният оксид (NO) е важна сигнална молекула в растенията при физиологични и стресови условия. В този обзор ние правим преглед на влиянието на NO върху хлоропластите, което може да бъде индуцирано директно от взаимодействието му с фотосинтетичния апарат чрез повлияване на фотофосфорилирането, електрон-транспортната активност и окислително-редукционното състояние на Mn-кълстерите на кислород-отделящия комплекс или чрез промени в генната експресия. Обсъжда се влиянието на NO-индуцираните промени във фотосинтетичния апарат върху неговите функции и чувствителността му към стресови фактори.

- 15. Dobrikova A.G., Vladkova R.S., Rashkov G.D., Todinova S.J., Krumova S.B., Apostolova E.L. Effects of exogenous 24-epibrassinolide on the photosynthetic membranes under non-stress conditions. *Plant Physiol. Biochem.* 80 (2014) 75-82. doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.03.022. ISI IF- 2.756 (Q1 WebS)**

В настоящата работа изследваме ефектите на екзогенно приложения 24-епибрасинолид (EBR) върху функционалните и структурни характеристики на тилакоидни мембрани при нестресови условия, 48 ч. след пръскане на грахови растения с различни концентрации на EBR (0.01, 0.1 и 1.0 mg/L). Резултатите показват, че приложението на 0.1 mg/L EBR има най-съществен ефект върху изследваните характеристики на фотосинтетичните мембрани. Наблюдаваните промени в разсейването на светлината при 540 nm и в калориметричните преходи предполагат промени в структурната организация на тилакоидните мембрани след третиране с EBR, което от своя страна повлиява кинетиките на кислородното отделяне, увеличава скоростта на електронния транспорт, ефективния квантов добив на фотосистема II и фотохимичното гасене. Промените във фотосинтетичните мембрани, индуцирани от EBR, са най-вероятно част от адаптационния отговор на растенията към стресови условия.

16. Dobrikova A.G., Krasteva V., Apostolova E.L. Damage and protection of the photosynthetic apparatus from UV-B radiation. I. Effect of ascorbate. *J. Plant Physiol.* 170 (3) (2013) 251-257. doi:10.1016/j.jplph.2012.10.002. IF- 2.770 (Q1 WebS)

В настоящето изследване е проучен ефектът на екзогенно добавения аскорбат (Asc) срещу UV-B-индуцираното инхибиране на функцията на фотосистема II (ФСII) в изолирани грахови тилакоидни мембрани. Резултатите показват, че Asc намалява индуцираното от UV-B увреждане на донорната и акцепторната страна на ФСII по време на кратко третиране до 60 минути. Екзогенният Asc проявява различен UV-защитен ефект върху ФСII центровете в граналните и стромалните участъци, като ефектът му е по-силно изразен върху ФСII β центровете в сравнение с ФСII α центровете. Данните също така предполагат, че една от възможните защитни роли на Asc във фотосинтетичните мембрани е модификацията на кислород-отделящия комплекс чрез промяна в първоначалното разпределение на състоянията $S_0 - S_1$ на тъмно.

17. Dobrikova A.G., Domonkos I., Sözer Ö., Laczkó-Dobos H., Kis M., Párducz Á., Gombos Z., Apostolova E.L. Effect of partial or complete elimination of light-harvesting complexes on the surface electric properties and the functions of cyanobacterial photosynthetic membranes. *Physiologia Plantarum* 147(2) (2013) 248-260. doi: 10.1111/j.1399-3054.2012.01648.x. IF- 3.262 (Q1 WebS)

Изследвано е влиянието на модификацията на цианобактериалния светосъбиращ комплекс, т.е. фикобилизомите (PBS), върху повърхностните електрически свойства и функциите на фотосинтетичните мембрани. Използвахме четири PBS мутантни щама на *Synechocystis* sp. PCC6803, както следва: PAL (без PBS), СК (без фикоцианин), BE (без PBS-PSII) и PSI/apcE- (без PSI и с отделен PBS). Модификациите на съдържанието на PBS водят до промени в морфологията на клетките и повърхностните електрически свойства на тилакоидните мембрани, както и във функциите им като: фотосинтетичната кислород-отделяща активност, P700 кинетиките и енергетичния трансфер между пигмент-белтъчните комплекси. Данните показват, че пълното елиминиране на PBS в PAL мутанта причинява леко редуциране на електричните диполни моменти на тилакоидните мембрани, докато значителни промени в повърхностните заряди са регистрирани в мембраните без целия PBS-PSII макрокомплекс (BE мутанта) или без PSI комплекса (PSI- мутанта). Тези наблюдения корелират с откритите промени в мембранната структурна организация. Използвайки скоростен полярографски електрод за кислородно отделяне, ние показахме, че съотношението на бързите към бавните кислород-отделящи PSII центрове зависи от частичното или пълно премахване на светосъбиращите комплекси, като по-бавно работещите PSII центрове доминират в PAL мутанта без PBS и в мутанта с отделен PBS (PSI- мутанта).

- 18. Rashkov G.D., Dobrikova A.G., Pouneva I.D., Misra A.N., Apostolova E.L. Sensitivity of *Chlorella vulgaris* to herbicides. Possibility of using it as a biological receptor in biosensors. *Sensors & Actuators: B* 161(1) (2012) 151-155. doi: 10.1016/j.snb.2011.09.088. ISI IF- 3.535 (Q1 WebS)**

В настоящото изследване чувствителността на *Chlorella vulgaris* към хербициди хербициди (атразин и DCMU) беше изследвана с помощта на скоростен полярографски кислороден електрод и измервания с импулсно-амплитудно модулирана (РАМ) хлорофилна флуоресценция. Данните разкриват: (1) по-висока чувствителност на параметрите на фотосинтетичното кислородно отделяне (светкавични кислородни добиви и кислородно избухване при непрекъснато осветяване) в сравнение с широко използваните параметри на хлорофилната флуоресценция; (2) по-висока чувствителност на параметрите на кислородното отделяне на хлорела клетките към Q_B -свързващите хербициди в сравнение с граховите тилакоидни мембрани; (3) подобна чувствителност на РАМ параметрите към хербициди както за хлорела, така и за тилакоидните мембрани от висшите растения. Обсъжда се връзката между хербицидната чувствителност и кинетичните параметри на кислородното отделяне на зелените микроводорасли и висшите растения.

- 19. Apostolova E.L., Dobrikova A.G., Rashkov G.D., Dankov K.G., Vladkova R.S., Misra A.N. Prolonged sensitivity of immobilized thylakoid membranes in cross-linked matrix to atrazine. *Sensors & Actuators: B* 156 (2011) 140-146. doi:10.1016/j.snb.2011.04.002. ISI IF- 3.898 (Q1 WebS)**

Прясно изолирани грахови тилакоидни мембрани бяха имобилизирани в говежди серумен албумин-глутаралдехид омрежена матрица (BSA-GA матрица) и тяхната стабилност при продължително съхранение беше анализирана чрез РАМ хлорофилна флуоресценция и фотосинтетично кислородно отделяне, измерено чрез скоростен полярографски кислороден електрод. Тилакоидните мембрани, съхранявани при 4°C, показват продължителна стабилност в BSA-GA матрицата и допълнителната адсорбция върху нитроцелулозни мембранни филтри им дава още по-голяма стабилност. Чувствителността на параметрите на кислородното отделяне на тилакоидните мембрани към атразин се увеличава с имобилизацията. Времето за полуинхибиране за кислородното отделяне и квантовата ефективност на фотосинтезата може да се удължи до повече от 15 дни. Тези резултати показват, че имобилизираните тилакоидни мембрани в BSA-GA матрицата могат да се използват като биологичен рецептор в биосензори за по-дълъг период от време (до 25 дни), прилагайки предложени нов метод за откриване на атразин чрез използване на полярографски скоростен кислороден електрод. Този метод е по-чувствителен, по-бърз и по-лесен за използване от другите методи за откриване на хербициди, базиран на определяне на фотохимичната активност на фотосистема II.

- 20. Vladkova R., Dobrikova A.G., Singh R., Misra A.N., Apostolova E. Photoelectron transport ability of chloroplast thylakoid membranes treated with NO donor SNP: Changes in flash oxygen evolution and chlorophyll fluorescence. *Nitric Oxide* 24 (2011) 84-90. doi:10.1016/j.niox.2010.12.003. ISI IF -3.548 (Q1 SJR)**

Натриевият нитропрурид (SNP) като донор на азотен оксид (NO) често се използва в научните изследвания за *in vivo* прилагане при растенията. Настоящото *in vitro* проучване разкрива ефектите му върху фотосинтетичното кислородно отделяне и хлорофилната флуоресценция директно върху изолирани грахови тилакоидни мембрани. Установено е, че дори при много ниски количества на SNP (хлорофил / SNP моларно съотношение = 67:1), доставеният NO стимулира с над 50% скоростта на фотосистема II електронния транспорт и намалява кислородното отделяне. Също така беше установено, че мястото на действие на

NO (получен от SNP) е донорната страна на фотосистема II. В сравнение с други NO-донори, използвани в научните изследвания, SNP изглежда е единственият, който показва стимулиране на електронния транспорт през фотосистема II.

- 21. Dankov K.G., Dobrikova A.G., Ughy B., Bogos B., Gombos Z., Apostolova E.L. LHCII organization and thylakoid lipids affect the sensitivity of the photosynthetic apparatus to high-light treatment. *Plant Physiol. Biochem.* 49 (2011) 629-635. doi: 10.1016/j.plaphy.2011.02.019. ISI IF -2.832 (Q1 WebS)**

Импулсно-амплитудно модулирана (ПAM) хлорофилна флуоресценция и фотосинтетичното кислородно отделяне бяха използвани за изследване ролята на различното количество и организация на светосъбиращите комплекси на фотосистема II (ССКII) при четири вида грах върху чувствителността на фотосинтетичния апарат към третиране с висок светлинен интензитет. В това изследване анализирахме липидния състав на тилакоидните мембрани на изследваните грахови растения. Установена е връзка между структурната организация на ССКII протеините, количеството на основните липидни класове и чувствителността на фотосинтетичния апарат към третиране с висок светлинен интензитет. Резултатите показват, че фотосинтетичният апарат, обогатен с олигомерни форми на ССКII, заедно с намалено количество на анионни липиди и повишено съдържание на моногалактозилдиацилглицерол (МГДГ), е по-малко чувствителен към силния интензитет на светлината. Нашите данни също така предполагат, че степента на олигомеризация на ССКII, както и липидният състав не влияят върху степента на възстановяване на ФСII фотохимията след излагане на силна светлина.
