

**РЕЗЮМЕТА НА ПУБЛИКАЦИИТЕ НА ДОЦ. Д-Р ГАЛИНА РАДЕВА, с които участва
в конкурса за заемане на академичната длъжност „Професор“
на български език**

Публикациите са подредени и номерирани (B4 или Г7, Г8) както са представени в обобщената таблица за изпълнение на минималните национални изисквания за заемане на академична длъжност „Професор“

B4_1 Radeva G., Kenarova A., Bachvarova V., Flemming K., Popov I., Vassilev D., Selenska-Pobell S. 2013. Bacterial Diversity at Abandoned Uranium Mining and Milling Sites in Bulgaria as Revealed by 16S rRNA Genetic Diversity Study. *Water, Air & Soil Pollution*, 224, (11), p. 1748. <https://doi.org/10.1007/s11270-013-1748-1>. IF= 1.769, SJR 2013= 0.771, Q1 <https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=24554&tip=sid&clean=0>

Резюме Замърсяването с радионуклиди и тежки метали влияе върху състава и разнообразието на бактериалните съобщества, като по този начин неблагоприятно засяга тяхната екологична роля в засегнатите среди. Бактериалните съобщества от почви, замърсени с уран и тежки метали, както и от отвали (хвостохранилища), бяха анализирани чрез възстановяване на 16S рРНК гена. Общо 498 клона бяха подбрани и техните 16S рДНК ампликони бяха анализирани чрез рестрикционен фрагментен полиморфизъм (RFLP), което установи наличието на общо 220 различни филотипа. Филогенетичният анализ показва, че Proteobacteria, Acidobacteria и Bacteroidetes са най-разпространените бактериални таксони в трите изследвани обекта. Около 20–30 % от 16S рДНК последователностите, получени от почвите, бяха идентифицирани като Proteobacteria, като този дял нараства до 76 % (предимно Gammaproteobacteria) в бактериалните съобщества, обитаващи отвалите. Acidobacteria, които са известни като чести обитатели на почвата, доминират в по-слабо замърсените среди, докато Bacteroidetes са по-разпространени в силно замърсените среди независимо от типа субстрат (почва или изкопан чакълест материал). Някои от последователностите, принадлежащи към Verrucomicrobia, Actinobacteria, Chloroflexi, Planctomycetes и кандидатен отдел OP10, бяха специфични за отделните обекти. Връзката между степента на замърсяване и нивото на бактериално разнообразие не е линейна; въпреки това бактериалното разнообразие като цяло е по-високо в почвените среди в сравнение с отвалите. Заключение е, че разнообразието на изследваните бактериални съобщества се влияе както от степента на замърсяване с уран и тежки метали, така и от специфичните условия на съответния обект.

B4_2 Radeva G*, Kenarova A., Bachvarova V., Flemming K., Popov I., Vassilev D., S. Selenska-Pobell S. 2014. Phylogenetic diversity of Archaea and the archaeal ammonia monooxygenase gene in uranium mining-impacted locations in Bulgaria. *Archaea*, vol. 2014, Article ID 196140 doi: 10.1155/2014/196140. IF= 2.709, Q1

Резюме Дейностите по добив и преработка на уран оказват неблагоприятно въздействие върху микробните популации в засегнатите райони. Негативните ефекти на урана върху почвените бактерии и гъби са добре проучени, но за въздействието на радионуклиди и тежки метали върху археите се знае сравнително малко. Съставът и разнообразието на археалните съобщества, обитаващи отпадъците от урановата мина край Сливен и почвите в района на урановата мина Бухово, бяха изследвани чрез възстановяване на гена 16S рРНК. Общо 355 аргеални клона бяха подбрани, а техните 16S рДНК ампликони бяха анализирани чрез рестрикционен фрагментен полиморфизъм (RFLP), като бяха разграничени 14 различни RFLP типа. Всички анализирани последователности на археалния 16S rRNA ген принадлежат към клъстера 1.1b/Nitrososphaera от групата Crenarchaeota. Съставът на археалните съобщества е различен за всеки изследван обект и зависи от характеристиките на околната среда, включително нивата на замърсяване. Тъй като представителите на клъстера 1.1b/Nitrososphaera участват в азотния цикъл, археалните съобщества от тези обекти бяха изследвани за наличие на гена амоняк монооксигеназата (*amoA*). Получените данни показват, че последователностите на *amoA* гена са разпределени по сходен начин както при Crenarchaeota, което предполага, че процесите на археалната нитрификация в районите, засегнати от добив на уран, се контролират от същите ключови фактори, които определят разнообразието на археите.

B4_3 Nikolova R., Gatev, E., Kenarova A., Petkova, M., Dinev N, Baldrian, P., **Radeva, G***. 2025. Selective Pressure of Heavy Metals on Soil Microbial Taxa Near a Smelting Area, *Toxics*, 13(12), 1025. <https://doi.org/10.3390/toxics13121025> IF=4.1, Q1.

Резюме Замърсяването на почвата с тежки метали (ТМ) представлява сериозна заплаха за качеството на почвите и човешкото здраве, като минната и металургичната индустрия се определят като основни източници. Почвите около металургичните заводи често се считат за „горещи точки“ на замърсяване и обикновено са неподходящи за земеделски дейности. Въпреки че много изследвания са идентифицирали микробни таксони, способни да оцеляват в такива среди, повечето от тях са се фокусирали върху относително ниски концентрации на тежки метали. Целта на настоящото изследване беше да се оцени екологичният риск и да се анализират разнообразието и структурните промени в микробните съобщества, както и да се предвидят основни метаболитни пътища, свързани с устойчивостта към тежки метали в почви в близост до Pb–Zn металургичен завод в България. Изследваните почви варират от нискорискови до силно рискови („катастрофални“), като кадмий (Cd) е определен като основният фактор, допринасящ за токсичността на почвата. Високопроизводителното секвениране на 16S rRNA и ITS ампликони разкри широко разпространено доминиране на типовете Proteobacteria, Actinobacteriota и Acidobacteriota, както и Ascomycota, като преобладаващите класове са Acidobacteriae, Chloroflexia и Eurotiomycetes, което показва тяхната висока толерантност към тежки метали. Функционалните прогнозни пътища показват обогатяване на ключови метаболитни пътища в най-силно замърсените почви, свързани с устойчивост към тежки метали, включително ефлуксни системи и детоксикиращи ензими. Тези резултати подчертават необходимостта от интегриране на микробни показатели на почвата в

стратегии за управление на земеделието с цел осигуряване на безопасно производство на храни.

B4_4 Nikolova, R., Boteva, S., Kenarova, A., Dinev, N., **Radeva, G***. 2023. Enzyme activities in soils under heavy metal pollution: a case study from the surroundings of a non-ferrous metal plant in Bulgaria. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 37 (1), doi.org/10.1080/131028the18.2022.2149348, IF=1.762, Q3.

Резюме Активността на почвените ензими представлява потенциално ценен индикатор за здравето на почвата в случаи на замърсяване с тежки метали и металоиди (ТМ). Въпреки това степента, с която замърсяването с тежки метали влияе върху активността на отделните ензими, остава недостатъчно изяснена. В настоящото изследване беше оценено нивото на замърсяване с тежки метали и неговото въздействие върху активността на почвените ензими с цел да се подберат най-надеждните биохимични индикатори за състоянието на почвата при стрес, предизвикан от тежки метали. Първоначалната хипотеза беше, че ензимните реакции ще бъдат специфични за всеки обект, като зависят не само от нивото на замърсяване, но и от абиотичните и биотичните свойства на почвата. Бяха изчислени индексът на замърсяване по Немеоров (Nemerow Pollution Index – NPI) и индексът на ензимна активност (Enzyme Activity Index – EAI). Индексите на ензимна активност се основаваха на активността на дехидрогеназа (Dha), β -глюкозидаза (BGI), кисела (AcP) и алкална (AIP) фосфатаза, арилсулфатаза (Ars) и уреаза (Ur). Стойностите на NPI показват замърсяване на почвата от слабо (1.0) до силно (67.46). Индексът на ензимна активност варира между 4.50 и 11.54. Общото функционално различие между почвите е приблизително 26 %. Клъстерният анализ и SIMPER анализът показват, че активностите на Dha, BGI и AIP се групират заедно с Cu, Zn и Pb и обясняват 85 % от функционалните различия между почвите. Резултатите показват, че съществува функционална редундантност (излишък) на ензимите между различните почви. Почвените ензими демонстрират сравнително висока способност да понесат дългосрочно замърсяване с тежки метали. Ензимите Dha, BGI и AIP са силно чувствителни към промени в околната среда, включително към концентрациите на тежки метали. Дългосрочният стрес от тежки метали върху активността на почвените ензими налага провеждането на допълнителни изследвания върху свойствата на почвата и времевия мащаб, необходим за развитието на ензим-продуциращи микроорганизми, устойчиви на метали, в почви, засегнати от замърсяване с тежки метали.

B4_5 Aleksova M., Palov D., Dinev N., Boteva, S., Kenarova, A., Dimitrov R., **Radeva G***. 2020. Bacterial abundance along a gradient of heavy metal contaminated soils in the Region of Zlatitsa-Pirdop Valley, Western Bulgaria. *Comptes Rendus de L'Academie Bulgare des Sciences*, 73(3), pp. 433–440. DOI:10.7546/CRABS.2020.03.18 IF=0.378, Q2

Резюме Настоящото изследване представя разпределението на бактериалната численост в почви от три обекта по градиент на замърсяване с Cu (53–860 mg kg⁻¹), Zn и Pb, разположени в района на Златица–Пирдопската долина, Западна България. Бактериалната численост беше определена чрез използване на колониеобразуващи единици (CFU) и количествен PCR (qPCR) в пет почвени проби, събрани от дълбочина 0–20 cm. Резултатите показват, че броят на култивируемите хетеротрофни бактерии и броят на копията на гена 16S rRNA намаляват в почви, дългосрочно замърсени с тежки метали. Разпределението на копията на гена 16S rRNA се влияе главно от концентрацията на тежките метали, както и от начина на земеползване. За визуализиране на връзките между бактериалната численост, физикохимичните свойства на почвата и местата на пробовземане беше използван анализ на главните компоненти (Principal Component Analysis – PCA). Резултатите показват, че по-слабо замърсените обекти се групират в един клъстер и се характеризират с най-голям брой копия на гена 16S rRNA, докато най-силно замърсеният обект формира отделен клъстер. Изследването подчертава, че замърсяването с тежки метали и начинът на земеползване оказват значително влияние върху почвените бактерии.

B4_6 Nikolova, R., Kenarova, A., Boteva, S., Dinev, N., **Radeva G***. 2024. Diversity and structure of soil bacterial communities in the area of non-ferrous metal plant revealed by 16S rRNA gene retrieval. *Comptes Rendus de L'Académie Bulgare des Sciences*, 77 (8), 1260–1268, <https://doi.org/10.7546/CRABS.2024.08.18> IF=0.378, Q3.

Резюме Целите на изследването бяха да се оцени разнообразието и структурата на бактериалните общности по дълбочина на почвата по градиента на замърсяване с тежки метали (ТМ), както и да се идентифицират местни (локални) бактериални видове в земеделския район около предприятието за цветни метали КСМ 2000 Group (Пловдив) чрез анализ на гена 16S rRNA. Бяха създадени 16S rRNA генни клонови библиотеки на девет проби, събрани от две почвени дълбочини през юни 2020 г. От всяка библиотека бяха анализирани до 100 клона и групирани в оперативни таксономични единици (OTUs) чрез полиморфизъм на дължината на рестрикционните фрагменти (RFLP). Представителите на OTUs бяха секвенирани, с последван филогенетичен анализ. Резултатите показаха, че отделите Proteobacteria (11.11–71.43%) и Actinomycetota (3.57–33%) са най-разпространени. Повърхностните почви (12 типа и 15 класа) показаха по-високо разнообразие в сравнение с подпочвените (7 типа и 12 класа). Най-ниското разнообразие както на ниво отдел, така и на ниво клас беше установено при умерено замърсените почви от двете изследвани дълбочини. Тринадесет последователности на 16S rDNA бяха идентифицирани до видово ниво и принадлежаха към Proteobacteria, Actinomycetota и Firmicutes. Настоящото изследване подчертава, че както замърсяването с тежки метали, така и дълбочината на почвата водят до промени в разнообразието и структурата на почвените бактериални съобщества.

G7_1 Kenarova A., **Radeva G.**, Traykov I., Boteva S. 2014. Community Level Physiological Profiles

of Bacterial Communities Inhabiting Uranium Mining Impacted Sites. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 100, 226-232. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.11.012>, IF=2.762, Q1

Резюме Бактериалната активност и физиологичното разнообразие бяха охарактеризирани в почви, повлияни от добива и преработката на руди, събрани от три изоставени уранови находища – Сенокос, Бухово и Сливен, чрез определяне на бактериалната дехидрогеназна активност и тестове Biolog (EcoPlate). Елементният състав на почвите разкри високи нива на замърсяване с уран и тежки метали (сума от техногенните коефициенти на замърсяване; TCC sum), както следва: Сливен (уран – 374 mg/kg; TCC sum – 23.40), Бухово (уран – 139.20 mg/kg; TCC sum – 3.93) и Сенокос (уран – 23.01 mg/kg; TCC sum – 0.86). Физиологичните профили на бактериалните съобщества бяха специфични за всяко място и показаха интензивно използване на полиоли, въглехидрати и карбоксилни киселини в среди с ниско и умерено замърсяване, както и на *D-erythritol* и *2-hydroxybenzoic acid* в силно замърсената среда на хвостохранилището в Сливен. Ензимите, участващи в биоразграждането на трудно разградими вещества, показаха по-висока устойчивост към замърсяване в сравнение с тези, участващи в метаболитните пътища на лесно разградими въглеродни източници. Индексът на Шанън показва, че физиологичното разнообразие на бактериите е специфично за всяко място, но не следва пряко нивата на замърсяване. Наблюдава се обща тенденция към увеличаване на значението на броя използвани субстрати за физиологичното разнообразие на бактериите в по-слабо замърсените участъци, докато при силно замърсените по-голямо значение има равномерността на скоростта на използване на субстратите. Дехидрогеназната активност беше най-висока в повърхностния почвен слой на Сенокос и показва положителна корелация ($p < 0.01$) със съдържанието на органично вещество в почвата. Бактериалната активност (EcoPlate) и физиологичното разнообразие (индекс на Шанън) корелираха значимо и отрицателно съответно с As, Cu, Zn, Pb и U, както и с Co, Cr, Ni и Mn. Заключение: наблюдаваните специфични за мястото промени в бактериалните съобщества са резултат от комплексно взаимодействие между особеностите на средата и бактериалната толерантност към съответното ниво на замърсяване, а не са пряко следствие единствено от токсичността на урана и тежките метали.

G7_2 Boteva S, Radeva G., Traykov I., Kenarova, A. 2015. Effects of long-term radionuclide and heavy metal contamination on the activity of microbial communities inhabiting uranium mining-impacted soils. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(6), 2016, pp.5644-5653. DOI: 10.1007/s11356-015-5788-5. IF=2.741, Q1

Резюме. Добивът и преработката на руди значително са изменили екосистемите, като често ограничават тяхната способност да предоставят екосистемни услуги, критично важни за нашето оцеляване. Почвените среди от две изоставени уранови мини бяха избрани за анализ на ефектите от дългосрочното замърсяване с уран и тежки метали върху почвените микробни съобщества, като за индикатори на метален стрес бяха използвани дехидрогеназната и фосфатазната активност. Нивата на почвено замърсяване бяха ниски, вариращи от „предпазни“ до „умерени“, изчислени чрез индекса на Немеров.

Мултивариантните анализи на ензимната активност разкриха следното: (i) пространствено разпределение на микробните показатели, при което по-силно замърсените почви показаха по-високи стойности на дехидрогеназна и фосфатазна активност; (ii) биологичното групиране на почвите зависеше както от нивото на замърсяване, така и от начина на управление; (iii) установени бяха значими корелации между дехидрогеназната и алкалната фосфатазна активност и съдържанието на органично вещество в почвата, както и с металите (Cd, Co, Cr и Zn, но не и U); и (iv) по-силно изразени зависимости между алкалната, отколкото при киселата фосфатаза, и факторите на околната среда. Резултатите показаха наличие на микробна толерантност и адаптация към почвеното замърсяване, формирани в условията на продължително излагане на метали, както и ключовата роля на почвеното органично вещество за поддържане на висока ензимна активност и за смекчаване на металната токсичност. Освен това резултатите показват, че почвените микробни съобщества могат да намаляват металния стрес чрез интензивен синтез на фосфатази, което подпомага пасивната екологична ремедиация и осигуряването на жизненоважни екосистемни услуги.

G7_3 Palov D. D., Aleksova M. R., Nikolova R. N., Dinev N.S., Kenarova. A. E., Boteva, S.B., Dimitrov, R. A., **Radeva G. S***. 2020. Relationships between Soil Microbial Activity, Bacterial Diversity and Abiotic Factors Along the Heavy Metal Contamination Gradient. *Ecologia Balkanica*, SE 3, pp. 31-39. SJR=0.144, Q4

Резюме. В настоящото изследване бяха анализирани връзките между абиотичните фактори на почвата, съдържанието на тежки метали и почвената микробна активност, бактериалната численост, генотипното богатство и разнообразието на бактериите в три обекта, разположени по градиент на замърсяване с Cu (от 53 до 860 mg kg⁻¹) и съпътстващи замърсители Zn и Pb, в района на Златица-Пирдопската котловина, Западна България. Дългосрочното замърсяване с тежки метали оказва значителен отрицателен ефект върху почвената микробна активност, като резултатите показаха, че дехидрогеназната активност (DHA) намалява по градиента на замърсяване с до 79% в сравнение с незамърсената проба. Анализът на главните компоненти (PCA) показва, че DHA корелира значимо и положително с общата бактериална численост (брой копия на гена 16S rRNA) и нитратните йони (NO₃-N), и отрицателно с почвеното pH, тежките метали и техните биоусвоими форми. Генотипното разнообразие на бактериите се влияе основно от абиотични фактори като съдържанието на органично вещество в почвата и пясъчната фракция на изследваните обекти.

G7_4 Nikolova R., Petkova M., Dinev, N., Kenarova, A., Boteva, S., Berov D, **Radeva G.*** 2022. Correlation between bacterial abundance, soil properties and heavy metal contamination in the area of non-ferrous metal processing plant, Southern Bulgaria. *BioRisk* 17, pp. 19–30. DOI: 10.3897/biorisk.17.77458. SJR=0.297, Q2

Резюме. В настоящото изследване беше оценена корелацията между бактериалната численост и физикохимичните свойства на почвата по градиента на замърсяване с тежки метали в района на предприятие за преработка на цветни метали. Нашите резултати показаха, че бактериалната численост (брой хетеротрофни бактерии и брой копия на гена 16S rRNA) намалява съответно с 45–56% (CFU) и 54–87% (16S rRNA ген) по градиента на

замърсяване със Zn, Pb и Cd. Общата бактериална численост (16S rRNA ген) нараства експоненциално, за разлика от числеността на хетеротрофните бактерии. Намалването на бактериалната численост в силно замърсените почви показва, че почвените свойства (рН, общ органичен въглерод, неорганични йони, почвена текстура) могат да модифицират ефектите на тежките метали и реакцията на микроорганизмите към този стрес в условията на дългосрочно замърсяване.

Г7_5 Nikolova, R., Kenarova, A., Petkova, M., Dimitrova, G., **Radeva, G.*** 2026. Impact of heavy metal pollution on soil bacterial carbon metabolism. *Comptes Rendus de l'Académie bulgare des sciences*, 79 (1) p.28-36, <https://doi.org/10.7546/CRABS.2026.01.04> . IF=0.378, Q3

Резюме. Целта на изследването беше да се оцени дългосрочното въздействие на тежките метали върху бактериалния метаболизъм в почвата чрез анализ на способността им да използват набор от въглеродни източници. Изследваният район се намира в близост до оловно-цинковия металургичен комбинат КСМ 2000, Южна Централна България, и се характеризира със значително замърсяване с Pb, Zn, Cd, Cu и As. Подходът Biolog EcoPlate беше използван за оценка на бактериалната метаболитна активност, изразена чрез средното развитие на оцветяването в ямките (average well colour development), както и за определяне на метаболитните профили на бактериалните общности чрез физиологично профилиране на ниво общност и индекса на Шанън за функционално разнообразие. Резултатите показаха понижена метаболитна активност на бактериалните съобщества, обитаващи силно замърсените почви. Най-предпочитаните групи въглеродни източници, използвани от бактериалните съобщества бяха полимерите, следвани от въглехидратите и аминокиселините. Локалната вариабилност на почвените свойства, като неорганични йони, общ органичен въглерод, рН, почвена влажност и текстура, може да модифицира ефектите на тежките метали. Настоящото изследване подчертава, че методът Biolog EcoPlate™ е подходящ подход за оценка на функционалните промени в бактериалните съобщества в условия на дългосрочен стрес от почвено замърсяване.

Г7_6 Boteva S., Kenarova A., Kancheva V., Aleksova M., Dimitrov R., **Radeva, G.** 2021. Long-term heavy metal pollution of soils and its impact on bacterial carbon metabolism. *Forestry Ideas*, 27, No 1 (61): 245–255 SJR=0.162, Q4.

Резюме. Замърсяването на почвите с тежки метали може да промени техния химичен и микробиологичен статус. Промените във функцията на разграждащите съобщества могат да доведат до нарушаване на кръговрата на хранителните вещества в почвата и първичната продуктивност на екосистемите. В настоящото изследване способността на бактериите да използват различни въглеродни субстрати при стрес от тежки метали беше оценена чрез метода за физиологично профилиране на ниво съобщество (community level physiological profiling technique) и системата Biolog EcoPlate™. Почвени проби бяха взети от района около рудник Челопеч по градиента на замърсяване с Cu и съпътстващи замърсители Zn и Pb. Почвената текстура беше определена като глинесто-песъчлива (loam), с кисело рН, а почвите бяха характеризирани като добре запасени с хранителни вещества.

Концентрациите на Cu, Zn и Pb варираха съответно в диапазоните 51–860 mg·kg⁻¹, 44–180 mg·kg⁻¹ и 31–175 mg·kg⁻¹. Както способността на засегнатите бактериални съобщества да използват органични въглеродни източници, така и функционалното бактериално разнообразие намаляваха при стрес от тежки метали. Бактериите от незамърсените почви предпочитано използваха въглехидрати и полимери, докато бактериалните съобщества, подложени на метален стрес, предпочитано използваха протеиногенни и непротеиногенни карбоксилни киселини. Най-силно изразени неблагоприятни ефекти бяха регистрирани при силно замърсените почви, както и при използването на амини и въглехидрати. Локалната вариабилност на почвените свойства може да модифицира ефектите на тежките метали. Може да се заключи, че методът EcoPlate™ е подходящ за оценка на функционалната вариабилност на микробните съобщества във връзка с различни нива на стрес от тежки метали, тъй като са получени статистически значими резултати.

G7_7 Aleksova, M., Kenarova, A., Boteva, S., **Radeva, G.** 2019. Azoxystrobin Impact on a Selection of Soil Bacterial Resistance to Aminoglycoside Antibiotics. *Comptes rendus de l'academie Bulgare des sciences*, 72(10), 1359-1365. DOI:10.7546/CRABS.2019.10.08, IF=0.343, Q2

Резюме. Фунгицидите намират приложение в селското стопанство и ефективно елиминират гъбните патогени по културите. Въпреки това, те могат да се разпространяват в различни компоненти на околната среда, като например почвата, и да оказват селективен натиск върху почвените микроорганизми, което води до увеличаване на разпространението на форми, резистентни към антибиотици. С оглед на този проблем, целта на настоящото изследване беше да се проучи способността на фунгицида азоксистробин (Az) да селектира почвени бактериални съобщества, устойчиви на аминокликозиди (стрептомицин, канамицин и гентамицин). Изследването беше проведено в почвени мезокосми (песъчливо-глинеста почва (LS) и глинесто-песъчлива почва (CL)), замърсени с нарастващи дози Az (0.28–28.93 mg/kg). Селективната сила на фунгицида беше оценена чрез краткосрочен тест за култивиране на почвени бактерии в присъствие на отделен аминокликозиден антибиотик (AmGA) и чрез изчисляване на ефективната доза, която намалява бактериалния растеж с 50% (EC50). Резултатите показаха, че Az селектира бактерии, устойчиви на AmGA, дори при най-ниската (препоръчителна за полето) доза на фунгицида. Скоростта на селекция на антибиотична резистентност зависеше от свойствата на почвата, дозата на Az и времето на експозиция. Селективният ефект на Az беше по-силен в песъчливо-глинестите почви (LS), отколкото в глинесто-песъчливите (CL), където стимулираната резистентност към стрептомицин беше четири пъти по-висока от фоновата. Резултатите от изследването показват, че прилагането на Az за защита на културите може да бъде възможен път за предаване на антибиотична резистентност към хората.

G7_8 Aleksova, M., Kenarova, A., Boteva, S., **Radeva, G.** 2019. Induced Bacterial Antibiotic Resistance under the Application of Fungicide Azoxystrobin. *Comptes Rendus de l'academie Bulgare des sciences*, 72(11), 1592-1598. DOI:10.7546/CRABS.2019.11.18, IF=0.343, Q2

Резюме. В настоящото изследване азоксистробинът беше използван като моделен фунгицид с цел да се изясни способността на фунгицидите да индуцират антибиотична

резистентност и да допринасят за разнообразието от пътища на разширяване на резистома. Ефектите на азоксистробин върху устойчивостта на почвените бактерии към стрептомицин, тетрациклин, ампицилин и хлорамфеникол бяха изследвани в пясъчливо-глинеста и глинесто-пясъчлива почва, замърсени с нарастващи дози фунгицид в рамките на 90-дневен дългосрочен мезокосмен експеримент. Степента на въздействие на зоксистробин беше оценена чрез изчисляване на ефективната доза, която инхибира бактериалния растеж с 50% на първия ден и всеки следващ месец след прилагането на азоксистробин. Резултатите показаха, че азоксистробин стимулира селекцията на антибиотична резистентност и в двата типа почви, като това се наблюдава дори при най-ниската приложена доза (0.28 mg/kg). Средната степен на увеличение на антибиотичната резистентност беше 2.0 пъти (в глинесто-пясъчлива почва) и 4.3 пъти (в пясъчливо-глинеста почва) спрямо фоновите стойности. Свойствата на почвата и времето на експозиция, но не и приложените дози азоксистробин, бяха определени като основни фактори, моделиращи проявата на антибиотична резистентност. Наблюдава се тенденция към възстановяване на чувствителността на бактериите към антибиотици след 90 дни от прилагането на азоксистробин в глинесто-пясъчливата почва, но не и в пясъчливо-глинещата. Това изследване подчертава ефектите на фунгицидите върху формирането на почвения резистом в контекста на приложената доза, свойствата на почвата и времето на експозиция.

G7_9 Boteva SB, Kenarova AE, Petkova MR, Georgieva SS, Chanev CD, **Radeva GS**. 2022. Soil enzyme activities after application of fungicide Quadris^R at increasing concentration rates. *Plant, Soil and Environment* 68(8):382-392. doi: 10.17221/127/2022-PSE. IF=2.6, Q2.

Резюме. Целта на изследването беше да се оцени влиянието на фунгицида Quadris^R върху активността на почвените ензими, участващи в цикъла на почвените хранителни вещества. Проведен беше лабораторен експеримент с добавяне на Quadris^R в пясъчливо-глинеста почва (0 mg/kg суха почва – 35.00 mg/kg суха почва), като промените в почвените физични характеристики и активността на ензимите (бета-глюкозидаза, уреаза, кисела и алкална фосфатаза, арилсулфатаза и дехидрогеназа) бяха оценявани на експерименталните дни 1, 30, 60, 90 и 120. Резултатите показаха, че Quadris^R промени както свойствата на почвата, така и активността на ензимите. Най-чувствителният параметър на околната среда спрямо фунгицида беше рН на почвата. Най-чувствителни към Quadris^R ензими бяха дехидрогеназа и арилсулфатаза, а най-устойчив – уреаза. Средната обща активност на дехидрогеназата намаля с 33%, докато активността на арилсулфатазата показваше тенденция към постоянно намаляване с времето. Общият модел на реакция на ензимите към Quadris^R беше моментален- в началните дни (1–30) след прилагането на фунгицида се наблюдаваше спад в активността на ензимите, с изключение на арилсулфатазата. Бета-глюкозидазата прояви времеви профил на стабилно стимулиране при най-ниската доза (2.90 mg/kg суха почва) и ниска чувствителност при по-високите концентрации на фунгицида (14.65 mg/kg и 35.00 mg/kg суха почва).

G7-10 Aleksova M, Kenarova A., Boteva, S., Georgieva, S., Chanev Ch., **Radeva G**. 2021. Effects of increasing concentrations of fungicide Quadris^R on bacterial functional profiling in loamy sand soil. *Archives of Microbiology*, 203(7), pp. 4385–4396. DOI: 10.1007/s00203-021-02423-2.

IF=2.552, Q2

Резюме. Проведен беше мезокосмен експеримент за оценка на страничните ефекти на фунгицида QuadrisR върху функционирането на почвените бактерии. QuadrisR беше приложен в песъчливо-глинеста почва при нарастващи концентрации (0.0–35.0 mg/kg суха почва), изчислени според активната му съставка азоксистробин (Az). Почвените проби бяха взимани от 1-ия до 120-ия ден на инкубация, за да се определят промените в бактериалния катаболизъм чрез техника на физиологично профилиране на общността (CLPP) с помощта на Biolog EcoPlates. Установено беше, че препоръчаната за полето концентрация на фунгицида (2.70 mg/kg суха почва) променя основно нискодостъпните въглеродни източници в Biolog (< 0.50 оптична плътност (OD)), докато по-високите концентрации на фунгицида (14.65 и 35.00 mg/kg суха почва) оказват ефект и върху средно (0.50–1.00 OD) и високо (> 1.00 OD) използваемите въглеродни източници. Корелационният анализ на Пиърсън показва, че основните фактори на околната среда, свързани със скоростта на използване на въглеродните източници (CSs), са хранителните вещества в почвата и pH. Не са установени линейни връзки между остатъчните количества на фунгицида в почвата и използването на CSs. Заклучава се, че Quadris^R влияе върху катаболитните профили на бактериите в песъчливо-глинестите почви чрез подкиселяване на почвата и промяна на хранителния ѝ пул. Изследването също така показва, че CLPP и EcoPlate са полезни практически инструменти за тестване на екоотоксичността на фунгицидите.

G7_11 Boteva S. B., Kenarova. A. E., Georgieva S. S, Chanev C. D., Aleksova M. R., **Radeva G. S.** 2020. The Resistance and Resilience of Soil Enzymes after the Application of Fungicide Azoxystrobin to Loamy Sand Soil. *Ecologia Balkanica*, SE 3, pp. 185-194. SJR=0.144, Q4

Резюме. Използването на фунгициди за защита на културите ефективно унищожава гъбните патогени по растенията. Въпреки това, те могат да предизвикат промени в почвените микроорганизми, засягайки тяхната способност да поддържат почвените функции. Целта на настоящото изследване беше да се оценят промените в почвената среда, както и устойчивостта и възстановимостта на почвените ензими (бета-глюкозидаза, уреаза, кисела и алкална фосфатаза и арилсулфатаза) в отговор на нарастващи концентрации на азоксистробин (Az), приложен под търговската форма QuadrisR. Лабораторното изследване беше проведено върху почвени мезокосми за 120 дни, като почвите бяха третирани с Az в концентрации от 0.00 mg/kg до 35.00 mg/kg. Добавянето на Az предизвика промени в физико-химичните свойства на почвата и микробната активност. Микробните реакции веднага след приложението на Az (ден 1) показаха, че по-устойчиви на фунгицида бяха уреазата, бета-глюкозидаза и арилсулфатаза, докато киселата фосфатаза прояви висока чувствителност към химическия стрес. Един месец по-късно устойчивостта на бета-глюкозидазата, уреазата и киселата фосфатаза намаля още повече в сравнение с ден 1, устойчивостта на алкалната фосфатаза остана непроменена, докато устойчивостта на арилсулфатазата леко се увеличи. Изчислената възстановимост на ден 120 показва, че ензимите не успяват да се възстановят в рамките на четири месеца след прилагането на фунгицида. Корелационният анализ на Пиърсън демонстрира значими линейни връзки между остатъчните количества на Az в почвата и устойчивостта/възстановимостта на

ензимите. Нашите резултати подчертават, че приложението на QuadrisR променя ензимната система на почвата за повече от четири месеца, което може да отразява скоростта на разграждане на органичната материя в почвата, особено на органофосфатите.

G7_12 Petkova M, Kenarova A, Boteva S, Georgieva S, Chaney Ch, **Radeva G**. 2022. Differences in bacterial functional profiles from loamy sand and clay loam textured soils under fungicide QuadrisR impact. *BioRisk* 17, pp. 31–43. doi: 10.3897/biorisk.17.76939. SJR=0.297, Q2

Резюме. Изследван беше нежеланият ефект на фунгицида QuadrisR върху бактериалните съобщества в ливадни почви с пясъчливо-глинеца текстура (LS) и обработваеми земи с глинесто-пясъчлива текстура (CL), с неизвестна история на приложение на фунгициди. QuadrisR беше приложен в почвените мезококси при 0.0 mg/kg (Az0), 2.90 mg/kg (Az1), 14.65 mg/kg (Az2) и 35.0 mg/kg (Az3), изчислен спрямо активната съставка азоксистробин (Az). Реакцията на бактериалните съобщества към Quadris^R беше наблюдавана в течение на 120-дневен експеримент, като промените в катаболитните профили на бактериите бяха оценявани чрез техника за физиологично профилиране на съобществата (CLPP) и метода Biolog EcoPlatesTM. Quadris^R намали общата катаболитна активност (AWCD) на почвените бактериални съобщества, като скоростта на намаляване беше независима от типа на почвата и концентрацията на фунгицида. Фунгицидът оказва отрицателно влияние върху използването на амините и положително върху използването на аминокиселините в двата типа почви, докато ефектите върху другите въглеродни групи (въглехидрати, карбоксилни киселини и полимери) бяха тясно свързани с конкретния тип почва и концентрацията на фунгицида. Резултатите показват наличието на нежелани ефекти на Quadris^R върху функционирането на бактериалните съобщества, което подчертава необходимостта от внимание към страничните ефекти на фунгицидите върху здравето на почвата.

G7_13 Petkova M, Nankova N, Kancheva V, Boteva S, Kenarova A, **Radeva G***. 2023. Distribution of microbial abundance in long-term copper contaminated soils from Topolnitsa-Pirdop valley, Southern Bulgaria. In: Chankova S, Danova K, Beltcheva M, Radeva G, Petrova V, Vassilev K (Eds) *Actual problems of Ecology*. *BioRisk* 20: 23-35. <https://doi.org/10.3897/biorisk.20.97795>, SJR=0.254, Q2

Резюме. Настоящото изследване представя разпределението на бактериалните и гъбните популации в дългосрочно замърсени с мед (Cu) почви в долината Тополница-Пирдоп, силно индустриализирана зона с множество мини и преработвателни предприятия за мед и други цветни метали. Бактериалното (копия на 16S rRNA ген) и гъбното (копия на ITS rRNA ген) обилие бяха оценени чрез количествен PCR в пет почви с различно съдържание на мед (от 28.05 до 198.9 mg/kg). Бактериалното обилие варираше от 1.68×10^{11} до 3.24×10^{11} копия на 16S rRNA гена, докато гъбното обилие беше от 1.95×10^8 до 6.71×10^8 копия на ITS rRNA гена. Гъбните популации бяха значително, а бактериалните незначително повлияни от замърсяване с Cu. Отношението гъби/бактерии се свързва отрицателно със съдържанието на мед в почвата, което измества структурата на микробните съобщества в полза на бактериите. Тъй като балансът между бактерии и гъби е критичен за много почвени

функции, промените в това съотношение показват влошаване на почвеното качество, което има първостепенно значение за растителната продукция.

G8_1 Radeva, G.,* Dimitrova, G., Petkova, M., Nikolova, R., Gatev, E., Dinev, N., Hristova, M., Hristova, V. 2026. Impact of Heavy Metal Pollution on Microbial Functional Diversity in Soils Near the Topolnitsa River, Southern Bulgaria. Book chapter: in "Modern Ecology: Theoretical and Applied View", edited by Prof. S. Chankova, Assoc. Prof. T. Todorova, Publ. FARAGO OOD. (Book chapter).

Резюме

Цел: Целта на изследването е да се оцени влиянието на замърсяването с тежки метали върху метаболитната активност и функционалното разнообразие на почвените микроорганизми, както и да се оцени екологичният риск в района на река Тополница чрез системата Biolog EcoPlate.

Материали и методи: Пет проби (0–20 cm), замърсени с Cu и съпътстващи замърсители Zn, Pb, Cd и As, бяха събрани от района на река Тополница и нейните притоци: седимент S1 и почвени проби S2–S5. Общата бактериална катаболитна активност беше оценена чрез средното развитие на цвета в ямките (AWCD) и профилиране на физиологичната активност на общността (CLPP). Връзките между почвените параметри, концентрациите на тежки метали, AWCD и индексите на разнообразие (Shannon (H), Pielou (E) и богатство на субстрати (SR)) бяха анализирани чрез корелационен тест на Пиърсън (Past 4.13). Нивата на замърсяване на почвата бяха оценени чрез индекса на замърсяване (PI) и индекса на Немеров (NPI).

Основни резултати: Според NPI почвите са класифицирани като чисти (S1, S2, S3) и слабо замърсени (S4, S5), а според PI(Cu) – като с ниско (S1, S2), умерено (S3) и силно (S4, S5) замърсяване. Стойностите на AWCD отразяват метаболитната активност на микробното съобщество, като относително висока активност се наблюдава в S2, S1 и S5. Най-лесно усвоимите въглеродни групи са: аминокиселини (AA) > карбоксилни киселини (CA) > полимери (POL) > амини и амиди (AM) > въглехидрати (CH). Корелационният анализ на Пиърсън показва силна положителна връзка между Zn и As, както и между Cd и Pb. Установена е перфектна корелация между H и E, което показва тясна връзка между микробното разнообразие и равномерността на съобществото. Освен това почвената влажност е положително свързана със SR и P2O5.

Заклучение: Изследването показва, че замърсяването с тежки метали влияе върху микробния метаболизъм чрез намаляване на използването на въглеродни източници. Резултатите потвърждават, че системата Biolog ECO е ефективен метод за оценка на екологичния риск в екосистеми, повлияни от индустриална дейност. Освен това микробното профилиране и активност могат да служат като индиректни индикатори за оценка на екологичния риск в този район.

G7_14 Boteva S, Kenarova, A, **Radeva G.**, Taykov I, Bogoev V. 2011. Community dynamics of pelagic bacteria in the high mountain Lake Sulzata-Rila mountain, Bulgaria. *Biothechnology & Biotechnol. Equipment*; 25 (4) 2620-26. <https://doi.org/10.5504/BBEQ.2011.0063> , IF=0.76, SJR =0.205, Q3

Резюме. Настоящото изследване анализира времевата динамика в числеността и състава на пелагичните бактериални съобщества в езеро Сълзата (2500 m н.в.) – ледниково езеро, разположено в Национален парк Рила (Рила планина, България). Чрез епифлуоресцентно микроскопско броене и анализ на рестрикционни фрагменти на амплифицирана рДНК (ARDRA) беше проследена сукцесията на планктонните бактериални съобщества. Езерото Сълзата се характеризира с висока бактериална численост (средно $(69.13 \pm 81.1) \times 10^5$ клетки/ml), като броят им варира значително в зависимост от стойностите на екологичните фактори. ARDRA анализът показва високо бактериално разнообразие с различни профили. Наблюдаваните промени в ARDRA профилите са резултат от силно променливи размери на популациите под влияние на екологичните фактори, което води до промени в степента на доминиране, а оттам и в бактериалното разнообразие (H' : 0.69–2.07) и ниски нива на генетично сходство (0–65%) между пелагичните бактериални съобщества. Разнообразието от различни екотипове повишава адаптивната способност, което гарантира стабилност и стимулира еволюцията на екосистемата при екстремни и силно променливи условия.

G7_15 Aleksova M., Velkova L., Dolashka P., **Radeva G***. 2021. Antibacterial activity of bioactive fractions from mucus and hemolymph of different snails species and crab. *Bulgarian Chemical Communications*, 53, SI A, pp. 022 – 026. DOI: 10.34049/bcc.53.A.0006 . JCR-IF= 0.24, SJR=0.17, Q4.

Резюме. Настоящото изследване има за цел да оцени антибактериалната активност на шест проби, съдържащи биологично активни фракции, изолирани от различни видове мекотели (градински и морски охлюви) и един представител на членестоногите (*Carcinus aestuarii*, известен още като средиземноморски зелен рак). Минималните инхибиращи концентрации (MIC) за *Escherichia coli* и *Brevundimonas diminuta* са съответно в диапазоните 145–682.5 µg/ml и 290–431.5 µg/ml. Дисуциираният хемоцианин от *Carcinus aestuarii* (CaH) показва най-силен ефект с MIC (145–290 µg/ml) и ефективни концентрации (EC50 стойности 75.46–112.2 µg/ml) срещу всички Грам-отрицателни бактериални щамове. Две от изследваните проби – протеинова фракция от мукус на *Helix aspersa* с молекулна маса над 20 kDa и пептидна фракция от хемолимфа на *Helix lucorum* с молекулна маса под 10 kDa – демонстрират селективна антибактериална активност съответно срещу *E. coli* и *B. diminuta*. Резултатите от това изследване показват, че биоактивните фракции, изолирани от мукус (слуз) и хемолимфа на различни видове охлюви, както и изоформите на хемоцианина от *C. aestuarii*, могат да се разглеждат като нови природни антибактериални агенти с потенциално биомедицинско приложение. Необходими са допълнителни изследвания за потвърждаване на антибактериалната активност върху по-широк спектър от бактериални щамове.

Резюмета на публикации на
доц. д-р Галина Радева на български език