



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-19-0580

Vývoj technológie na detekciu sub-nanomolových koncentrácií glyfosátu a dioxanu v životnom prostredí a potravinách

Zodpovedný riešiteľ **prof. RNDr. Pavol Miskovsky, DrSc.**

Príjemca **SAFTRA photonics s.r.o.**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

SAFTRA photonics s.r.o.

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

V projekte sme nemali zahraničného partnera

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Dizajn:

Dizajn "Spektrofotometre" - vo Vestníku dizajnov Spoločenstva na webovej stránke úradu EUIPO: <https://euipo.europa.eu/eSearch/> č. 015020426-0001

PCT/SK2023/050012 Method for selective and sensitive detection of glyphosate using plasmon-enhanced Raman spectroscopy, its use and kit

Stav k 30.6.2024: štádium prípravy odpovede na rešeršnú správu

Slovenský patent: PP50028-2023 Spôsob selektívnej a citlivej detekcie glyfosátu pomocou plazmónmi zosilnenej Ramanovej spektroskopie, jeho použitie a súprava (kit)

Stav k 30.6.2024: štádium prípravy odpovede na rešeršnú správu

Priemyselný úžitkový vzor v SR:

PP50027-2023 Zariadenie na polohovanie vzorky v prenosnom Ramanovom spektrometri, spôsob polohovania vzorky, použitie zariadenia a prenosný Ramanov spektrometer

obsahujúci uvedené zariadenie, <https://euipo.europa.eu/eSearch/> č. 015020426-0001

Stav k 30.6.2024: štádium prípravy odpovede na rešeršnú správu

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

1. Fuenzalida, F. B.; Slepčíková, P.; Repovská, M.; Jutková, A.; Canamares, M.V.; Miškovský, P.; Jurašková, Z.; Sánchez-Cortés, S.: Selective and ultrasensitive detection of the herbicide glyphosate by means of plasmon catalysis on Ag nanoparticles. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy (accepted - 23. 4. 2024)).

2. Jurasekova, Z.; Crespo, A.; Sanchez-Cortes, S.: Surface-Enhanced Raman Scattering Analysis of Iron Gall Inks. The Journal of Physical Chemistry (Under review (submitted – 7. 6. 2024)).

3. Fuenzalida, F. B.; Sanchez-Cortes, S.; Miškovský, P.; Jurašková, Z.: Raman and SERS spectra of the herbicide glyphosate: an overview of the optimal detection method. Molecules

(Submitted 29.6.2024).

4. Jurašková, Z.; Jutková, A.; Kožár, T.; Staničová, J.: Vibrational characterization of the pesticide molecule Tebuconazole. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 268 (2022) 120629; ISSN 1386142; doi:10.1016/j.saa.2021.120629; 9 citácií; <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1386142521012063>

Nerecenzované zborníky

1. Fuenzalida, F.B.; Jancura, D.; Miškovský, P.; Sánchez-Cortés, S.; Jurašková, Z.: SERS detection of the herbicide glyphosate in water and milk. In: *Book of Contributions: 11th Slovak Biophysical Symposium, Štrbské Pleso: Slovenská biofyzikálna spoločnosť, 2024*, ISBN 978-80-973719-5-1, S. 74-75; https://skbs2024.saske.sk/SKBS2024_BoC.pdf

2. Bánó, G.; Repovská, M.; Slepčíková, P.; Jutková, A.; Hovan, Ā.; Miškovský, P.: SERS detection of airborne samples. In: *Book of Contributions: 11th Slovak Biophysical Symposium, Štrbské Pleso: Slovenská biofyzikálna spoločnosť, 2024*, ISBN 978-80-973719-5-1, S. 64; https://skbs2024.saske.sk/SKBS2024_BoC.pdf

3. Gizela Varchol, B.; Horváth, D.; Huntošová, V.; Jurašková, Z.: Raman and SERS microspectroscopy studies on DNA and cells. In: *Book of Contributions: 11th Slovak Biophysical Symposium, Štrbské Pleso: Slovenská biofyzikálna spoločnosť, 2024*, ISBN 978-80-973719-5-1, S. 103; https://skbs2024.saske.sk/SKBS2024_BoC.pdf

4. S. Datta, J. Kronek, Z. Naďová, L. Timuláková, P. Miškovský: Comparison of Mono and Di-gradient Amphiphilic Poly(2Oxazoline) s as a Drug Delivery System Using Curcumin as a Model Drug, 11th Slovak Biophysical Symposium, Štrbské Pleso: Slovenská biofyzikálna spoločnosť, 2024, ISBN 978-80-973719-5-1, S. 68; https://skbs2024.saske.sk/SKBS2024_BoC.pdf

5. Jurasekova, Z.: Applications of Raman Spectroscopy at the Department of Biophysics at the Pavol Jozef Safarik University in Kosice. In: *Book of Abstracts: XXVIII RNE – XII CIE, Granada, Spain, June 26th – 28th 2024 (plenary lecture)*; <https://www.rne2024.com/en/>

6. Gizela Varchol, B.; Horváth, D.; Huntošová, V.; Jurašková, Z.: Application of Raman and SERS spectroscopy and imaging techniques to study selected (biomacro)molecules and (living) cells. In: *Book of Abstracts, 10th Regional Biophysics Conference and the 15th International Summer School of Biophysics, Split, Croatia, August 26th – 30th 2024 (poster presentation)*; <https://rbc2024.biofizika.hr/>

7. Fuenzalida, F.B.; Varcholová, B.; Miškovský, P.; Sanchez-Cortes, S.; Jurašková, Z.: Strategies for SERS detection of selected (biomacro)molecules with key importance for human health and environmental protection: nucleic acids and glyphosate. *SSB 2023, 12th International Conference Structure and Stability of Biomacromolecules, Košice, Insittute of Experimental Physics, Slovak Academy of Sciences, Book of Abstracts, 2023*, ISBN 978-80-89656-26-4, pp. 94-95 (PO21); https://ssb2023.saske.sk/assets/SSB2023_Book%20of%20contributions.pdf

8. Fuenzalida, F.B.; Sanchez-Cortes, S.; Miškovský, P.; Jurašková, Z.: SERS detection of the herbicide glyphosate. *ICAVS12, 12th International Conference on Advanced Vibrational Spectroscopy, Krakow, Poland, Book of Abstracts*, pp. 358 (G-P.9), https://icavs.org/storage/file/core_files/2023/8/30/5a4b090a392468404c0e8808ce515ba4/ICA_VS_Abstrakty_2023.pdf

9. Fuenzalida, F. B.; Sánchez-Cortés, S.; Miškovský, P.; Jurašková, Z.: SERS study of glyphosate: Looking for an optimal detection method. In: *Book of Contributions: 10th Slovak Biophysical Symposium, Bratislava: Slovenská biofyzikálna spoločnosť, 2022*, ISBN 9788097371944, S. 81-82; http://confolab.sav.sk/ovsb/zbornik-abstraktov_skbs2022/

10. Fuenzalida Sandoval, F. B.; Sánchez-Cortés, S.; Miškovský, P.; Jurašková, Z.: Detection of the glyphosate pesticide by SERS: development of a new highly selective and sensitive detection method. In: *27. National Spectroscopy Meeting 21 Iberian Spectroscopy Conference: Book of abstracts, Universidad de Málaga, 2022*, S. 55-55; <https://digital.csic.es/bitstream/10261/286076/1/Detection%20of%20the%20glyphosate%20.pdf>

11. Fuenzalida Sandoval, F. B.; Sánchez-Cortés, S.; Miškovský, P.; Jurašková, Z.: SERS detection of glyphosate: Development of a new highly selective and sensitive method. In: *1a Jornada de Investigadores Noveles del IEM, Madrid: Instituto de Estructura de la Materia, 2022*, S. 6-6; https://www.iem.csic.es/investigadores_noveles/investigadores_noveles_2022/investigadores_noveles_2022.pdf

12. Fuenzalida, F. B.; Sánchez-Cortés, S.; Miškovský, P.; Jurašková, Z.: SERS study of glyphosate: Looking for an optimal detection method. In: 13th European Biophysics Conference: Late Abstracts. EBSA2021, Viedeň, 2021, S. 8-8.
13. F. Belén Fuenzalida, D. Jancura, S. Sanchez-Cortes, P. Miškovský, Z. Jurašková (2020) Glyphosate SERS detection: looking for the detection limits. In: Book of Contributions: 9th Slovak Biophysical Symposium. - Bratislava: Medzinárodné Laserové Centrum. - ISBN 9788097371906. - S. 49-50.
14. Espina, S. Sanchez-Cortes, Z. Jurašková (2020) Polyphenols and metal (iron, copper) ion complexation characterized by optical (UV-Vis and Raman) spectroscopy. In: Book of Contributions: 9th Slovak Biophysical Symposium. - Bratislava: Medzinárodné Laserové Centrum. - ISBN 9788097371906. - S. 58-59.

Uplatnenie výsledkov projektu

Tak ako je uvedené v správe projektu, realizovali sa dve veľké serie experimentov overenia technológie na detekciu glyfosátu v reálnom prostredí (Španielsko a Moldavsko). Technológia je tak overená a pripravená na priamu aplikáciu v životnom prostredí.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Riešiteľský kolektív dokázal s podporou projektu apvv-19-0580, vyvinúť dve náročné metodiky na „on spot“ detekciu významných látok pre životné prostredie a to do úrovne TRL3. Súbežne došlo k technologickému úprave detekčného systému, čo malo za následok významné zvýšenie reprodukovateľnosti meraného signálu. Následne dofinancovanie projektu z vlastných zdrojov spoločnosti SAFTRA photonics umožnilo plnohodnotné overenie technológie v reálnych podmienkach. Dôležité tiež je, že získané výsledky vytvorili predpoklady na ďalší výskum a vývoj technológie (už dnes potvrdené ďalšími získanými projektmi) ako aj ich priame nasadenie v oblasti kontroly znečistenia vody.

Konkrétne výsledky:

1. Nami vyvinutá metodika detekcie glyfosátu vo vode predstavuje originálnu metodiku a to v globálnom merítku, ktorá umožňuje detekciu glyfosátu vo vode (LOD 1 ppb) v priebehu niekoľkých minút a to priamo na mieste. Úspešné overenie tejto našej technológie prebehlo v reálnych podmienkach v Alicante (Španielsko) a v Moldavsku
2. Nami vyvinutá metodika detekcie dioxánu je veľmi rýchla a citlivá. Na optických nano-čipoch čipoch funguje spoľahlivo. LOD môže dosiahnuť 1 ppb. Ukázali sme, že metóda je citlivá a reprodukovateľná i pre reálne priemyselné vzorky. Problém predstavuje interferencie s inými molekulami v komplexnej matici čo je riešiteľné, tak ako sme ukázali, použitím selektívnych linkerov, naviazaných na povrch optického nanoštruktúrneho čipu.
3. Navrhli sme a realizovali technologickú úpravu detekčného spektrometra RAMASCOPE tak, že sme dokázali podstatne zvýšiť reprodukovateľnosť a robustnosť našej PickMol technológie (priemyslová užitočný vzor)
4. Vyvinuté detekčné metodiky majú reálny predpoklad priamej aplikácii v praxi (detekcia znečistenia vôd a kontrola vybraných priemyslových procesov)

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

With the support of the apvv-19-0580 project, the research team was able to develop two demanding methodologies for "on spot" detection of substances important for the environment, up to the TRL3 level. At the same time, there was a technological modification of the detection system, which resulted in a significant increase in the reproducibility of the application in the field of water pollution control.

Specific results:

1. The methodology developed by us for the detection of glyphosate in water represents an original methodology on a global scale, which enables the detection of glyphosate in water (LOD 1 ppb) within a few minutes and directly on the spot. Successful verification of this technology took place in real conditions in Alicante (Spain) and in Moldova
2. The dioxane detection methodology developed by us is very fast and sensitive. It works correctly on optical nano-optical chips. The LOD can reach 1 ppb. We have shown that the method is sensitive and reproducible even for real industrial samples. The problem is

interference with other molecules in the complex matrix, which can be solved, as we have shown, by using selective linkers bound to the surface of the optical nanostructured chip.

3. We designed and implemented a technological modification of the RAMASCOPE detection spectrometer in such a way that we were able to substantially increase the reproducibility and robustness of our PickMol technology (industrial utility model)
4. The developed detection methodologies have a realistic assumption of direct application in practice (detection of water pollution and control of selected industrial processes)