Ólom- és óntartalmú félvezető perovszkitok hatása a környezetre

Environmental impact of lead- and tin-based semiconductor perovskites

DÁVID Adrienn-Dorisz[1], KOZMA Kincső[1], LÁSZLÓ Szandra-Leila[1], SZABÓ Renáta[1], SOÓS Gergő[1], ALBERT Krisztina[1], DÉNES Anna[1], SZALMA Lilla[2], GYULAVÁRI Tamás[2], SOLYMOS Karolina[2], KERESZTES Lujza[1], KÓNYA Zoltán[2], PAP Zsolt[1,2,3]

[1] Babeș–Bolyai Tudományegyetem, Biológia és Geológia Kar, Magyar Biológiai és Ökológiai Intézete

[2] Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatika Kar, Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszék

[3] Babeş-Bolyai Tudományegyetem, 3B Központ

adrienn.david@ubbcluj.ro

ABSTRACT

In the present research, we investigated the environmental impacts of semiconductor nanoparticles used in next-generation solar cells, focusing on lead-based perovskites and their potentially more environmentally friendly tin-based alternatives. Despite their high-power conversion efficiency (~26%) and the rapid market development of this technology, concerns arise regarding the potential effects of future waste streams and the release of nanomaterials into the environment. $CsPbI_3$ and Cs_2SnI_6 nanomaterials were synthesized via solvothermal methods at 120 °C/130 °C, 150 °C, and 180 °C and subsequently characterized using X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM), and diffuse reflectance spectroscopy (DRS). For soil ecotoxicity assays, we evaluated the survival and biomass change of terrestrial isopods (*Porcellio laevis*) across three concentrations to determine half lethal concentrations (using GLMM, Cox regression, probit analysis, and neural networks). For the freshwater model organism *Daphnia magna*, we conducted 24-hour acute toxicity tests, determining effective concentrations based on immobilisation. Finally, tests on human keratinocyte cell lines (HaCaT) were carried out to assess cell viability following exposure to various concentrations.

Keywords: perovskite, ecotoxicology, *Daphnia magna*, isopod, HaCaT

ÖSSZEFOGLALÓ

Kutatásaink során, az újgenerációs napelemekben alkalmazott félvezető nanorészecskék, ólomtartalmú perovszkitok, illetve ón tartalmú potenciálisan környezetbarátabb alternatívák környezetre való hatását vizsgáljuk több szempontból is. A jó teljesítmény-átalakítási hatásfok (~26%) és a technológia gyors piaci fejlődése mellett felmerül a kérdés, hogy a jövőben keletkező hulladék és a bennük található nanoanyagok, milyen hatást gyakorolnak majd a környezetre. A $CsPbI_3$ és Cs_2SnI_6 anyagok szolvotermális szintézisét (120 °C/130 °C, 150 °C és 180 °C) az anyagtudományi jellemzés követte (XRD, SEM, DRS). Talajtoxikológiai vizsgálatok esetében ászkarákok (*Porcellio laevis*) túlélését és biomassza változását vizsgáltuk, 3 különböző koncentráción, a félletális koncentrációt keresve (GLMM, Cox regresszió, Pobit analízis, neurális háló). A *Daphnia magna* édesvizi modellorganizmus esetében 24 órás akut toxicitási vizsgálatot végeztünk, az immobilizációt megfigyelve határoztuk meg az effektív koncentrációt. Humán keratinocita sejtvonalon (HaCaT) végzett

vizsgálatok során pedig a viabilitást figyeltük meg különböző koncentrációnak való kitettség függvényében.

Kulcsszavak: perovszkit, ökotoxikológia, *Daphnia magna*, ászkarák, HaCaT

Köszönetnyilvánítás: Kozma Kincső köszöni a támogatást a magyarországi Balassi Bálint-ösztöndíjprogram Márton Áron tehetséggondozó ösztöndíjának. Dávid Adrienn-Dorisz köszöni Magyarország Collegium Talentum programjának támogatását. Pap Zsolt köszönetet mond a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatói Ösztöndíjának (BO_827_25).