

# Bioindikácia rádioaktívne kontaminovaných plôch v okolí jadrovej elektrárne Jaslovské Bohunice

G. Murín, K. Mičieta, S. Knasmüller, J. Steinkellner: *Bioindication of Radioactive-Contaminated Sites near Nuclear Power Plant Jaslovské Bohunice. Život. Prostr., Vol. 30, No. 3, 140–142, 1996.*

For study were used simultaneous tests of phytotoxicity and mutagenicity (*Vicia sativa*, *Vicia faba* test, *Tradescantia paludosa* 03 test, *Tradescantia* 4430 test), phytotoxic and cytogenetic tests "in situ" and phytotoxic and genotoxic analyses of pollen grains. Although the dose of some samples was relatively high (322 kBq/kg  $^{137}\text{Cs}$ ) there were not observed any significant impact on the biological level of tested wild plant species "in situ". These results were confirmed by means of standard laboratory plants "in vivo".

## Využitie rastlín na testovanie rádioaktivity

• **Japonsko.** Doteraz najdlhší a najrozsiahlejší epidemiologický výskum zamorenia životného prostredia rádioaktívnym žiarením prebieha v tejto krajine (Awa, 1990). Radiáciou vyvolané chromozomálne aberácie stabilného typu pretrvávajú mnoho rokov v kultúrach krvných lymfocytov postihnutých obetí. Frekvencia aberácií je stabilne vyššia v Hirošime ako v Nagasaki vo všetkých dávkových skupinách. Pritom krivka dávkovej závislosti sa v prípade Hirošimy javí ako lineárna, zatiaľ čo v Nagasaki ako kvadratická. Štúdie opätovne potvrdzujú, že ak dávka žiarenia nie je letálna (3,0–4,0 Gy akútneho celotelového ožiarenia bez lekárskeho ošetrovania vedie k 50 % mortalite do 60 dní), obeť prežívajú pomerne dlho i s latentnou prítomnosťou chromozomálnych aberácií v periférnych lymfocytoch, resp. kostnej dreni.

• **Bikiny.** Na testy, uskutočňované po vodíkových pokusných výbuchoch na ostrove Bikiny (Ichikawa a Ishii, 1991), sa použila rastlina tradescancia (*Tradescantia* L.). Rastliny rástli 76 dní v odobraných pôdnych vzorkách obsahujúcich po prepočte  $6,88 \pm 0,33$  Bq/g  $^{137}\text{Cs}$  a  $62,5 \pm 4,4$  mBq/g  $^{60}\text{Co}$ . Akumulovaná efektívna dávka bola prepočítaná na 125 mrad (1,25 mGy). Výsled-

kom testov bola zvýšená frekvencia "pink-mutácií" pri *Tradescantia* BNL 02.

Napriek preukaznosti neboli rozdiely až také výrazné, ako sa v tomto prípade dalo očakávať.

• **Černobyľ.** Cebulka-Wasilewska (1992) vystavila tradescanciu akútne zvýšenej rádioaktivity ovzdušia v Krakove bezprostredne po černobyľskej havárii, meranie opakovala po roku. Najvyššia dávka hlásená v tom období pre Krakov bola  $39 \mu\text{Gy}$  za deň. V máji 1986 sa celkový radiačný úväzok dospelého obyvateľstva odhadoval na 0,212 mSv. Pomerne vysokú mutagenitu testovaných rastlín však mohlo spôsobiť synergické pôsobenie viacerých faktorov – pričom rozhodujúcim mohlo byť skôr chemické znečistenie v ovzduší, než pôsobenie celej škály rádionuklidov. Absorbovaná dávka bola nad očakávanie nízka, hlboko pod priemerným prírodným pozadím 1 mSv/rok, ktorému sú obyvatelia bežne vystavení (bez zarátania  $^{232}\text{Rn}$  v domoch).

• **Goiania.** Okrem spomínaných prípadov sa prihodilo vo svete približne 1000 menších radiačných havárií a incidentov. Najznámejší je prípad bezprostredného ožiarenia viac ako 120 osôb v meste Goiania v Brazílii. Pri renovácii nemocnice sa z nevysvetlených dôvodov ocitol rádioaktívny materiál z vyradeného zdravotníckeho prístroja na blízkom smetisku. Keďže bol umiest-

nený v solídnom kovovom puzdre, nálezca predpokladal jeho veľkú hodnotu. Pochválil sa príbuzným a časť rádioaktívneho materiálu im rozdal. Z ôsmich osôb, ktoré zasiahla dávka vyššia ako 4,0 Gy/hod., štyri zomreli do 40 dní po tejto udalosti. Na druhej strane však rovnaký počet osôb toto radiačné zaťaženie prežilo, čo dokazuje, že prerušovaná dlhodobá expozícia zvyšuje toleranciu na vyššie než predpokladané smrteľné dávky. Analýzy tiež ukázali, že nezávisle od individuálnej variability bol počas poklesu frekvencie chromozómových aberácií 150 dní. Rok po nehode bola frekvencia nestabilných aberácií v periférnych lymfocytoch postihnutých osôb v priemere šesťkrát nižšia než pôvodná.

### Testovanie rádioaktívne kontaminovaných plôch v okolí jadrovej elektrárne Jaslovské Bohunice

Výskyt rádioaktívne kontaminovaných plôch v okolí jadrovej elektrárne Jaslovské Bohunice súvisí s haváriou bloku A1. Pri asanačných prácach sa nahromadil kontaminovaný materiál, ktorý nasledujúce prudké dažďe vyplavovali do blízkeho odpadového kanála. Pri čistení sa kontaminované časti pôdy dostali na svahy kanála. Tieto miesta majú povahu "škvŕn" s priemerom 30 cm a hĺbkou ca 15 cm a ich zamorenie sa pohybuje v rozsahu od 0,067–45,5–322 kBq/kg <sup>137</sup>Cs. Výskum sme robili v spolupráci s rakúskym Institut of Tumorbiology, University of Wien v rámci grantu Akcia Rakúsko-Slovenská republika. Odbery sme mohli na zodpovedajúcej úrovni spracovať predovšetkým vďaka spolupráci s Výskumným ústavom jadrových elektrární v Jaslovských Bohuniciach (obzvlášť cennú pomoc pri meraní poskytol pracovník VUJE F. Reško). Na sledovaných lokalitách, resp. kontaminovaných miestach, sme z odporúčaných bioindikačných druhov (Murín, 1995; Mičieta, Murín, in press) mohli využiť len niektoré – na lokalite v Žlkovciach to bola ohnica (*Raphanus raphanistrum* L.), pyštek obyčajný (*Linaria vulgaris* Mill.), ďatelina lúčna (*Trifolium pratense* L.), hluchavka purpurová (*Lamium purpureum* L.), lastovičník väčší (*Chelidonium majus* L.), komonica biela (*Melilotus albus* Med.), paštrnák siaty (*Pastinaca sativa* L.), mrkva obyčajná (*Daucus carota* L.) a nový druh, vyhovujúci všetkým výberovým kritériám a v tejto štúdii štandardizovaný – voskovka menšia (*Cerintho minor* L.). Na ostatných lokalitách sa nijaký z bioindikačných druhov testovaných na aberantnosť peľu nevyskytoval. Vysvetlenie treba hľadať jednak v intenzívne využívanej poľnohospodárskej krajine, jednak v tom, že pri údržbe kanálov sa na svahy vysiali kultúry vysokotrávových zmesí. Preto sme pri vybraných druhoch použili metódu analýzy frekvencie chromozómalných aberácií v bunkách koreňových špičiek. Test na druhoch lokálnej flóry bol zame-

rany na abortívnosť peľových zŕn. Celkovo sa hodnotilo minimálne 3000 peľových zŕn, t. j. 300 peľových zŕn, prípadne tetrád z jednej rastliny na jeden preparát. Tento test sme doplnili metódou cytogenetickej analýzy primárnych koreňových meristémov divorastúcich druhov "in situ". Do týchto testov sme zaradili všetky druhy, pri ktorých sa dalo priamo na mieste odobrať dostatočné množstvo materiálu na analýzy: pýrovník psí (*Elymus caninus*), voskovka menšia (*Cerintho minor* L.), reznačka laločnatá (*Dactylis glomerata* L.), kostrava lúčna (*Festuca pratensis* Huds.), ovsík obyčajný (*Arrhenatherum elatius* L.), lipnica lúčna (*Poa pratensis* L.), čerkáš peniaštekový (*Lysimachia nummularia* L.), kostihoj lekársky (*Symphytum officinale* L.) a zlatobyľ kanadská (*Solidago canadensis* L.). Do testovania povrchovej vody v kanáli bol zaradený aj druh červenavec palerm-ský (*Potamogeton panormitanus*). Pri každom odbere sa osobitne merala expozícia, ktorá dosahovala hodnoty v rozsahu 46,7–57–196–507–571 pGy/s. Na meranie sme použili tienový merač dávkového príkonu NB 3201 vo výške 30 cm nad terénom v mieste maximálnej odozvy prístroja. Do tretice sme v laboratóriu urobili "in vivo" testy odobratých vzoriek pôdy na štandardných testoch *Vicia sativa*, *Vicia faba* a *Tradescantia*. Pri klone *Tradescantia paludosa* 03 sme okrem cytogenetického testu v meióze urobili aj mikronukleus test v tetrádach. Tieto testy sa zopakovali na kooperujúcom univerzitnom pracovisku vo Viedni.

#### Fytotoxické a cytogenetické testy "in vivo":

- Simultánny test fytotoxicity a mutagenity – *Vicia sativa* test (pôdne vzorky, povrchové vody),
- *Vicia* test (pôdne vzorky),
- *Tradescantia paludosa* 03 test (pôdne vzorky),
- *Tradescantia* 4430 test (pôdne vzorky).

#### "In situ":

- Cytogenetický test druhov lokálnej flóry,
- Fytotoxická a genotoxická analýza peľových zŕn bioindikátorov lokálnej flóry.

Z výsledkov týchto testov vyplynulo, že na kontaminovaných miestach v okolí jadrovej elektrárne Jaslovské Bohunice sa nevyskytuje ani fytotoxicita a ani zvýšená frekvencia mutácií oproti kontrolným vzorkám. Najmä v prípade rastlinných testov "in situ" musíme však počítať s chronickým pôsobením rádioaktívnej záťaže, a teda s veľmi pravdepodobnou adaptačnou odpoveďou cieľových buniek i organizmov. V prípade pôdnych vzoriek sme nemohli použiť veľmi citlivý *Tradescantia* test pre kontamináciu ovzdušia. Vysoká aktivita vzorky 675 POD (322 kBq/kg <sup>137</sup>Cs) pritom naznačuje, že cielenejšia a dlhodobjšia štúdia by dala závažnejšiu odpoveď, než môže poskytnúť široko kon-

cipovaná krátkodobá štúdia. Preto chápeme momentálne získané výsledky ako základnú databázu, na ktorej možno stavať detailne cielené štúdie. Kombinácia druhov, modelových systémov, možnosť paralelne indikovať poškodenie na troch štruktúrnych a funkčných úrovniach genetického aparátu bunky, dovoľuje zhodnotiť genotoxické riziko maximálne exponovaných rastlinných spoločenstiev rastúcich na kontaminovaných škvrnách v okolí jadrovej elektrárne Jaslovské Bohunice. Negatívne výsledky všetkých uskutočnených testov môže však potvrdiť len podrobná režimová štúdia v nasledujúcich vegetačných obdobiach. Konkrétne by bolo treba:

- Uskutočniť režimovú štúdiu pri periodickom odbere vzoriek miestnej flóry minimálne 1x za mesiac.
- Rozšíriť počet lokalít, zahrnúť všetky kontaminované miesta vrátane odpadových vôd.
- Osobitnú pozornosť venovať periodickému odberu a hodnoteniu prípadnej genotoxicity povrchových vôd.
- Indikovať, resp. vylúčiť iné zdroje kontaminácie (z poľnohospodárskych a komunálnych aktivít) v študovanom regióne.
- Naďalej synchronizovať meranie aktivít s odberom vzoriek.

Predovšetkým však použiť mobilné monitorovacie boxy rastlín typu *Tradescantia* 4430 na štúdium "pink mutácií" priamo v pracovnom prostredí elektrárne.

Vzhľadom na jednoduchú údržbu a nenáročný odber ide o najefektívnejšie monitorovanie vplyvu prípadnej zvýšenej rádioaktívnej záťaže pracovného prostredia. Tento systém by mohol slúžiť ako doplnok už existujúceho systému radiačnej kontroly osobnými dozimetrami.

#### Literatúra

- Awa, A. A., 1990: Chromosome Aberrations in A-Bomb Survivors, Hiroshima and Nagasaki. In Chromosomal Aberrations. (G. Obe and A. T. Natarajan - Eds), Springer Verlag, p. 140-150.
- Cebulka-Wasilewska, A., 1992: *Tradescantia* Stamen-Hair Mutation Bioassay on the Mutagenicity of Radioisotope-Contaminated Air Following the Chernobyl Nuclear Accident and one Year Later. *Mutat. Res.*, 270, p. 23-29.
- Ichikawa, S., Ishii, Ch., 1991: Validity of Simplified Scoring Methods of Somatic Mutations in *Tradescantia* Stamen Hairs. *Env. and Exp. Botany*, 31/2, p. 247-252.
- Mičieta, K., Murín, G.: Microspores and Pollen Grains in the Bioindication of Genotoxicity of a Polluted Environment. *Environmental and Experimental Botany*, Rochester, NY (in press).
- Murín, A., 1995: Basic Criteria for Selection of Plant Bioindicators from the Regional Flora for Monitoring of an Environmental Pollution. *Biológia (Bratislava)*, 50, p. 37-40.

