

bylo dosaženo v rostlině *A. thaliana* expresí kvasinkového vakuolárního přenašeče YCF1. Na regulaci membránových potenciálů se ale podílí např. i fytohormony brassinosteroidy, které zvyšují příjem draslíku a současně snižují příjem Cd, Zn, Pb, Cu, Cs a Sr ze spadů. Velké množství rostlinných druhů bylo použito pro přípravu transgenních rostlin schopných tolerovat či akumulovat těžké kovy. Často se jedná o modelové rostliny, ale některé jsou i druhy z exotických krajín. V naší laboratoři pracujeme s rostlinami lnu setého (*Linum usitatissimum*). Jedná se o rostlinu přirozeně pěstovanou v našich klimatických podmínkách, jak pro potravinářské, tak průmyslové účely. Právě využití technických odrůd pro zakoncentrování těžkých kovů z velkých ploch může být výhodné i s ohledem na oddělení od potravinářského průmyslu. Je tak zamezeno kontaminaci potravinářských surovin geneticky modifikovanými organismy. Při přípravě transgenních rostlin pracujeme s genem *HisCUP*, který kóduje kvasničný metalothionein a navíc obsahuje i histidinovou kotvu se šesti histidinovými zbytky v řadě. Tento motiv je další vazebnou doménou pro kovy. Jako promotor je použit promotor proteinu RUBISCO. Nejedná se o konstitutivní promotor, ale je regulovaný světlem a udává se, že je až 8× silnější než běžně používaný CaMV-35S promotor. Při selekci transgenních rostlin se dnes ustupuje od používání antibiotik. V naší laboratoři byl jako selekční marker zvolen gen pro fosfomannosaisomerasu, která umožňuje přeměnu mannosu-6-fosfátu, který je pro rostliny toxický, na fruktosu-6-fosfát. Rostlinný konstrukt s genem *HisCUP* pod promotorem proteinu RUBISCO byl vnesen do *Agrobacterium tumefaciens*, která bude použita pro transformaci lnu setého.

*Poděkování: Tato práce byla podpořena grantovými projekty Centrum 1M06030, MSM 6046137305 účelové podpory MŠMT č. 21/2010.*

### Fišer J., Macková M., Nováková M., Macek T.: Genetical modifications of plants to increase accumulation of heavy metals

Phytoremediation is method which uses plants for absorption, accumulation and degradation of pollutants in the environment. Heavy metals present in soil or water are not degraded in comparison to organic contaminants. This is the reason, why the high efficiency of absorption and accumulation of heavy metals is required in shoots of these plants. There are plants naturally accumulating metals in high concentration on heavy metals contaminated soil in the nature called hyperaccumulators. Mostly these plants are small, create small amount of biomass and therefore they are not exploitable for phytoremediation. However the recognition of their mechanisms of heavy metal detoxification allows the preparation of transgenic plants, which growth quickly, accumulate heavy metals in shoots and simultaneously create enough of biomass. The sulphur-rich compounds participate in detoxification of heavy metals in plants. Overexpression of these compounds leads to the fact that heavy metals in plants are binded and transported to vacuole. The uptake of heavy metals can be enhanced by expression of membrane transporters. Many plants with the ability to accumulate heavy metals were prepared by these approaches. These plants could be the alternative to usual physico-chemical methods, which are very expensive.

**Key words:** transgenic plants, heavy metals, metallothioneins, phytochemicals, glutathione.

#### Kontaktní adresa – Contact address:

prof. Dr. Ing. Martina Macková, Vysoká škola chemicko-technologická, Technická 3, 166 28 Praha 6, Česká republika, e-mail: martina.mackova@vscht.cz

## Toxicita nanočástic pro rostliny

### TOXICITY OF NANOPARTICLES FOR PLANTS

Jana Chomoucká, Jana Drbohlavová, Jaromír Hubálek – Vysoké učení technické Brno  
Petr Babula – Veterinární a farmaceutická univerzita v Brně; Vojtěch Adam, René Kizek – Mendelova univerzita v Brně

Nanotechnologie se uplatňují téměř ve všech oblastech lidské činnosti. V posledních letech došlo k prudkému rozvoji nanomateriálů a velký přínos byl zaznamenán hlavně v medicíně a farmaceutickém průmyslu. Revolučním objevem je zcela určitě jejich využití při odhalování nemocí nebo jako náhrada tělních tkání. Za zmínku rozhodně stojí i cílená distribuce léčiv, případně diagnostických látek nebo peptidických fragmentů v organismu. Využívají se i možnosti povrchové modifikace nanostruktur tak, aby se mohly vázat výhradně na buňky cílového orgánu, dokázaly selektivně prostupovat buněčnou membránou, byly netečné k nepoškozeným buňkám nebo uvolňovaly léčivo podle přesně stanoveného harmonogramu. Mezi nově používané materiály patří magnetické nanočástice představující další typ nanostruktur, které se hojně využívají zejména pro detekci různých biomolekul, jako jsou nukleové kyseliny či bílkoviny. Jelikož mají magnetické nanočástice vysokou reaktivitu a výhodné fyzikální vlastnosti, předčily svou citlivostí a selektivitou dosud běžně používané metody detekce. Samotné magnetické nanočástice se skládají

z kovového jádra, na které se poté navážou další důležité látky tak, aby vytvořily speciální biokompatibilní slupku, která bude reagovat pouze s hledanými biomolekulami. Dalším nově využívaným materiálem jsou kvantové tečky (QDs). Jedná se o shluky atomů o velikosti v rozmezí 2–20 nm, v nichž se uplatňují kvantové jevy. Vzhledem ke své malé velikosti si bílkovina nebo DNA s připojenou kvantovou tečkou zachovávají svou přirozenou funkci a účastní se běžných biochemických pochodů v buňce. Po osvětlení tkání je na základě emitovaného světla z polovodičového jádra možné přesně detekovat pohyb a okamžitý stav biomolekul. QDs mohou být použity i jako aktivátory selektivních léčiv nasměrovaných na určitý orgán, nebo jako alternativa organických barviv a fluorescenčních proteinů. Protože jsou rozměry nanočástic velmi malé, mohou pronikat buněčnými stěnami a naopak se z organismu obtížně vylučovat. Navíc mohou za jistých podmínek vytvářet nové samovolně rostoucí struktury s neznámými vlastnostmi. Z těchto důvodů je třeba počítat s tím, že vedle velkého užitečného potenciálu mají také srovnatelně velký potenciál rizik pro lidské

zdraví a životní prostředí, rostliny nevyjímaje. I když jsou nanočástice v posledních letech středem velkého zájmu, jejich toxicita není příliš prozkoumána. Je známa toxicita fullerenu a nanočástic TiO<sub>2</sub> vůči korýšům rodu *Daphnia* a jiným vodním organismům a také fytořotoxicita nanočástic oxidu hlinitého. Fullereny, stříbro a jiné nanočástice vykazují rovněž antibakteriální účinky, které se využívají v prostředcích na ochranu zdraví. Dokonce i tam, kde nanočástice nevykazují žádnou akutní toxicitu, zůstávají nezodpovězeny otázky dlouhodobých účinků, bioakumulace a vlivu na strukturu látek. Nanočástice mohou rovněž ovlivňovat toxicitu jiných sloučenin, protože je o nich známo, že působí jako nanonosiče pro kontaminanty. Mechanismus nanotoxicity zůstává z velké části neprozkoumán, nicméně úzce souvisí s chemickým složením, chemickou strukturou, velikostí a povrchem nanočástic. Toxicitu nanočástic lze odvodit dvěma způsoby:

- z chemické toxicity na základě chemického složení, např. uvolnění toxických iontů,
- ze stresu nebo podnětů způsobených povrchem, velikostí anebo tvarem částic.

*Poděkování: Práce byla podporována projekty NANOSEMED GA AV KAN20813080, NANIMEL GA ČR 102/08/1546 a GA ČR 102/10/P618.*

## **Chomoucká J., Drbohlavová J., Hubálek J., Babula P., Adam V., Kizek R.: Toxicity of nanoparticles for plants**

Nowadays, nanoparticles are in the centre of interest but their toxicity has not been explored much yet. Because of their small dimensions, nanoparticles can get through cell walls or on the other side eliminate from organism uneasily. Even if nanoparticles do not show any acute toxicity, there are still unanswered questions about their long term effects, bioaccumulation and influences on substance structure. The mechanism of nanotoxicity has been unexplored but there is a relation with chemical composition, structure, size and surface of nanoparticles. Toxicity of nanoparticles can be educed in two ways:

- from chemical toxicity on the basis of chemical composition, e.g. releasing of toxic ions,
- stress or stimuli caused by the surface, size or shape of the particles.

**Key words:** nanoparticles, toxicity, heavy metals.

### **Kontaktní adresa – Contact address:**

Ing. Jana Chomoucká, Ph. D., Vysoké učení technické v Brně, Ústav mikroelektroniky, Údolní 53, 602 00 Brno, Česká republika; e-mail: chomoucka@feec.vutbr.cz