

# Osudy xenobiotik v životním prostředí

**Jedním z hlavních ekologických problémů současné civilizované společnosti je skutečnost, že se do životního prostředí, jmenovitě do jednotlivých ekologických systémů, dostávají cizorodé látky (xenobiotika) s negativním dopadem na živé organismy – jak živočišné, tak rostlinné. Cesta může být různá a také příčina je rozličné povahy. Jednou jsou to látky přímo aplikované např. v zemědělství (pesticidy), jindy je to odpad, a to nejen z chemického průmyslu, ale i z dalších zpracovatelských oborů.**

Cizorodá chemická látka přes rozdílný účel (nezáleží, zda je určena jako cílená chemická látka – pesticid, humánní a veterinární léčivo apod., nebo zbytky odhozených obalů či jinak formované odpady v ekologickém teritoriu), končí svoji cestu buď ve své původní formě, nebo jako metabolit, případně vzniká jinak destruovaný zbytek původní látky. Všechny tyto konečné produkty přeměny látky mohou biokumulovat v daném ekologickém systému v rostlinné nebo živočišné buňce (tkáni).

Základní snahou je, aby se látka degradovala na pokud možno biologicky inaktivní fragmenty. Degradace nemusí být jenom biochemické, ale např. i fyzikálně-chemické povahy (fotolýza, oxidace na půdním substrátu, hydrolyza vlivem vhodné koncentrace hydroxoniových iontů prostředí a pod).

Poměrně důležitou roli hraje množství xenobiotika ve vymezené ekologické lokalitě. Proto budí zvýšenou pozornost na velkých plochách aplikované agrochemikálie, nebo velké skládky odpadového materiálu s prokázanou biologickou aktivitou.

Ke kontrole rozptylu, případně nahromadění škodliviny v určité ekologické lokalitě, slouží nejčastěji chemická analýza. Protože se, zejména u látek s větším stupněm toxického rizika, jedná někdy pouze o jejich stopová množství, používají se nejmodernější, přístrojově náročné metodiky. Soustavné sledování přítomnosti některé škodlivé látky v životním prostředí se často označuje jako monitorování toxické látky. Bere se při tom do úvahy nejen místo, ale také časová závislost.

Toxikologické charakteristiky lze získat poměrně nákladným testováním metodami in vivo na živých pokusných zvířatech, nebo in vitro, což jsou nejčastěji perfundované jednotlivé orgány vybraných zvířat, tkáňové kultury a pod. V současné době se sleduje také škodlivý účinek na rostliny – v tomto případě hovoříme o **fytotoxikologii**.

O škodlivinách v odpadních substrátech (mohou to ovšem být i toxické exhalace a kontaminované odpadní vody) jsou dnes vypracována již poměrně podrobná legislativní opatření, která poměrně přesně definují odpad a podávají návod o jeho přesné evidenci. V podstatě jde o opatření:

- zákon FS č. 238/1991 Sb. o odpadech,
- zákon ČNR č. 311/1991 Sb. a zákon SNR č. 494/1991 Zb. o státní správě v odpadovém hospodářství,

- opatření Federálního výboru pro ŽP, kterým se vyhláší kategorizace a katalog odpadů (částka 69/1991 Sb.),
- vyhláška Ministerstva ŽP ČR č. 401/1991 Sb. a vyhláška SKŽP č. 78/1992 Zb. o programech odpadového hospodářství,
- nařízení vlády ČR č. 521/1991 Sb. a schválené nariadenie vlády SR (zatiaľ nezahrnuté do Zb.),
- zákon ČNR č. 62/1992 Sb. a zákon SNR č. 309/1992 Zb. o poplatcích za uložení odpadů.

Schválené jsou nařízení vlády ČR i SR upravující nakládání s odpady, které by měly upřesnit a specifikovat celou problematiku. Tato část bude podstatně náročnější z hlediska definice škodlivosti ukládané látky. Je pravdou, že zákon č. 238/91 Sb. o odpadech tento problém již rámcově řeší, zejména pak v části o definici odpadu (např. zvlášť nebezpečný odpad), ale bez speciálních toxikologických, případně ekotoxikologických vlastností.

Při této příležitosti si je třeba uvědomit, že sumarizující evidence toxických vlastností chemických látek zdaleka neposkytuje ještě obraz o jejich toxickém účinku. Může, a také se zpravidla uplatňuje, pravidlo o možném synergickém, případně antagonickém účinku, přičemž nelze vyloučit ani účinek potenciační (tyto termíny užívá klinická farmakologie v případech, kdy se při terapii podává několik farmak současně).

Silný degradační účinek na xenobiotikum mají fyzikálně-chemické faktory:

- fotolytická destrukce (bez a za přítomnosti vody),
- destrukce vlivem určité koncentrace hydroxoniových iontů nejčastěji za účasti molekul vody (někdy jen v malém měřítku),
- oxidace na substrátu (např. půdním) vzdušným kyslíkem někdy katalyzována některými kovovými ionty obsaženými v půdě.

Tzv. **fotodegradace** (fotolýza) probíhá působením slunečního světla zpravidla v místech, kde má destruovaná sloučenina absorpční maximum ve viditelné, ultrafialové, případně infračervené oblasti.

Existují podrobné metody, jak např. stanovit podmínky fotolýzy, které se většinou charakterizují poločasem rozpadu, t.j. zjišťováním eliminace sledované látky v čase. Je zcela zřejmé, že

nejde o původní látku, ale o transformovanou sloučeninu, která může být méně, či více toxická. Prakticky to znamená, že se nejedná vždy o detoxikační proces. Je ale třeba znát vznikající fragmenty, a to ve všech případech, protože jen tak si možno vytvořit přesnou představu o stavu dekontaminace. Fyzikální, resp. fyzikálně–chemické destrukce sledovaného xenobiotika se dají modelovat v laboratoři a také se z tohoto aspektu studují.

Podstatně známější je tzv. **biodegradace**, tzn. destrukce xenobiotika vlivem enzymů, bakterií a pod. Důležitou je skutečnost, že biotransformace, či biodegradace probíhá přibližně ve dvou rovinách. Na úrovni živočišné a rostlinné buňky.

Zásadní roli zde hraje struktura buněk obou představitelů. Již sám přestup a penetrace rostlinnou buňkou probíhá jinak než u buňky živočišné, což je dáno charakterem biomembrány. Zatím co v případě buňky živočišné se jedná o lipofilní bariéru tvořenou molekulárními vrstvami lipidů a proteinů, v případě buňky rostlinné je to soustava celulozových mikrofibril a dalších amorfních hmot (hemicelulózy, pektinů a bílkovin).

Situace je ovšem mnohem složitější. V případě rostlinných buněk se velmi často jedná o různé formy a se živočišnou buněčnou biomembránou nelze rostlinnou buňku srovnávat. Příkladem těchto komplikací jsou případy inkrustace, impregnace, lignifikace apod. Zde je velmi výrazný, časový faktor ovlivňující charakter biomembrány, což se nedá říci o buňkách živočišných. U rostlinných buněk nemalou roli hraje také druh rostliny. Poměrně velký rozdíl je mezi tzv. nižšími a vyššími rostlinami. Navíc, rostlinné buňky mohou u různých druhů vytvářet nepoměrně více biomembrán rozdílné chemické skladby. Situace je tedy komplikována tím, že v toxikologii používáme pouze několik málo vybraných druhů zvířat, zatím co ve fyto toxikologii není dosud ustálena dohoda na jakých rostlinách se budou experimenty provádět. Jsou sice určité náznaky řešení, nicméně legislativně ani teoreticky nebylo přistoupeno k potřebné selekci.

Je třeba si uvědomit, že např. při tzv. kumulaci rizikových xenobiotik jsou podmínky pro živočišnou a rostlinnou buňku rozdílné. Konkrétním příkladem je např. kumulace halogenovaných bifenyly. V živočišných buňkách je značná, v rostlinných minimální, což bezprostředně souvisí s rozdílným charakterem rostlinné a živočišné buňky. Poněkud jiné jsou vlastnosti bakterií a hub, z tohoto hlediska jsou významné také řasy a další typy primitivnějších rostlin.

Problematika metabolické biotransformace, resp. detoxikace je velmi složitá, protože se týká především akutních účinků, bez ohledu na účinky pozdní, např. genotoxické. Z toho vyplývá základní postulát – organismus se brání před bezprostředním toxickým účinkem, ale velmi málo dovede vzdorovat účinkům chronickým. Z těchto důvodů se velmi často sice toxická látka eliminuje, ale metabolit, který vzniká, je genotoxicky aktivní. Platí to především pro látky vyskytující se v současném průmyslovém výrobním cyklu, které se projevují jako chemické karcinogeny, resp. mutageny.

Poněkud rozdílná je situace v případě biomembrány mikroorganismů, jmenovitě bakterií.

Znalosti o biodegradaci xenobiotik jsou velmi důležité informací proto, že pak není zapotřebí přistupovat k jejich chemické destrukci. Je to důležité především pro přípravky používané v zemědělství a i jinak ve větším měřítku v daných ekologických lokalitách. Až dosud se věnovala pozornost především sledování

původní látky. Z toho pramení neznalost vzniklých metabolitů, které jsou navíc závislé od charakteru jedince. U zvířat, především savců, je možná odlišnost v mechanismech metabolismu vedoucí k rozlišnosti vzniklých metabolitů.

Hlavním rizikem zůstává skutečnost, že vedle tzv. mechanismů detoxikačních, budou v některých případech působit i mechanismy aktivační, především u látek mutagenních a karcinogenních. Je to proto, že systém oxygenáz v jaterním substrátu zvířat je téměř okopírován v rostlinných systémech některými peroxidázami. Signalizuje to zvýšené riziko pro potravinový řetězec, který se stává zdrojem „aktivovaných xenobiotik“. Toxikologii čeká proto velmi mnoho práce i na tomto úseku. Zde se totiž údajná fyto toxicita může přeměnit v hrozbu i pro lidskou populaci.

Zatímco např. halogenované bifenyly (kokarcinogeny) se sledují s nesmírnou pečlivostí, musíme předpokládat, že takových rizikových faktorů je mnohem více. Halogenované bifenyly se biokumulují vzhledem ke své lipofilitě v živočišném organismu, jiná nebezpečná xenobiotika jsou fixována v rostlinách vazbou na sacharidový či jiný fragment rostlinného organismu, kde uvízly jako fixované konjugáty v rámci své biotransformace. Rostlinu však opustit nemohou, protože u ní nedochází, na rozdíl od živočichů, k eliminaci metabolických konjugátů.

Pochopitelně, neméně vážnou kapitolu tvoří xenobiotika (zejména ze skupiny syntetických plastických hmot), které nepodléhají biodegradaci a ve zvláštních případech ani degradaci fyzikální nebo fyzikálně–chemické. Jsou to látky přírodě cizí a v průběhu vývoje živých organismů na naší planetě nedošlo k vytvoření např. rozličných lyáz, které by se s tímto „náhlým nepřítel“ dovedly vypořádat. Vyplývá to z dlouhodobého vytváření těchto biosystémů a náhlým nástupem xenobiotik před 40 až 50 lety, který je možno označit třeba za vědecko–technickou revoluci.

Proto bude třeba věnovat pozornost destrukčním technologiím, na druhé straně se vyhybat materiálům, které by byly prakticky „nezníčitelné“. Naše planeta začíná být příliš malá na to, aby se stala skládkou xenobiotik, které naruší funkci biosféry ve všech pro lidstvo potřebných směrech.

#### Literatura

- Tichý, M. 1983: Účinnost xenobiotik a chemická struktura. Avicenum, Praha.  
 Glacarová, M., 1992: ČSHPCH – čtvrtletník České společnosti průmyslové chemie, 4.  
 Rašková, H., 1970: Farmakologie. Avicenum, Praha.  
 Rosypal, S. a kol. 1987: Přehled biologie. SPN, Praha.  
 Burnet, F.M., 1976: Genes. Dreams and Realities. Sydney.

„Všechny informace jsou neúplné a my k nim musíme přistupovat s pokorou.“

Jacob Bronowski