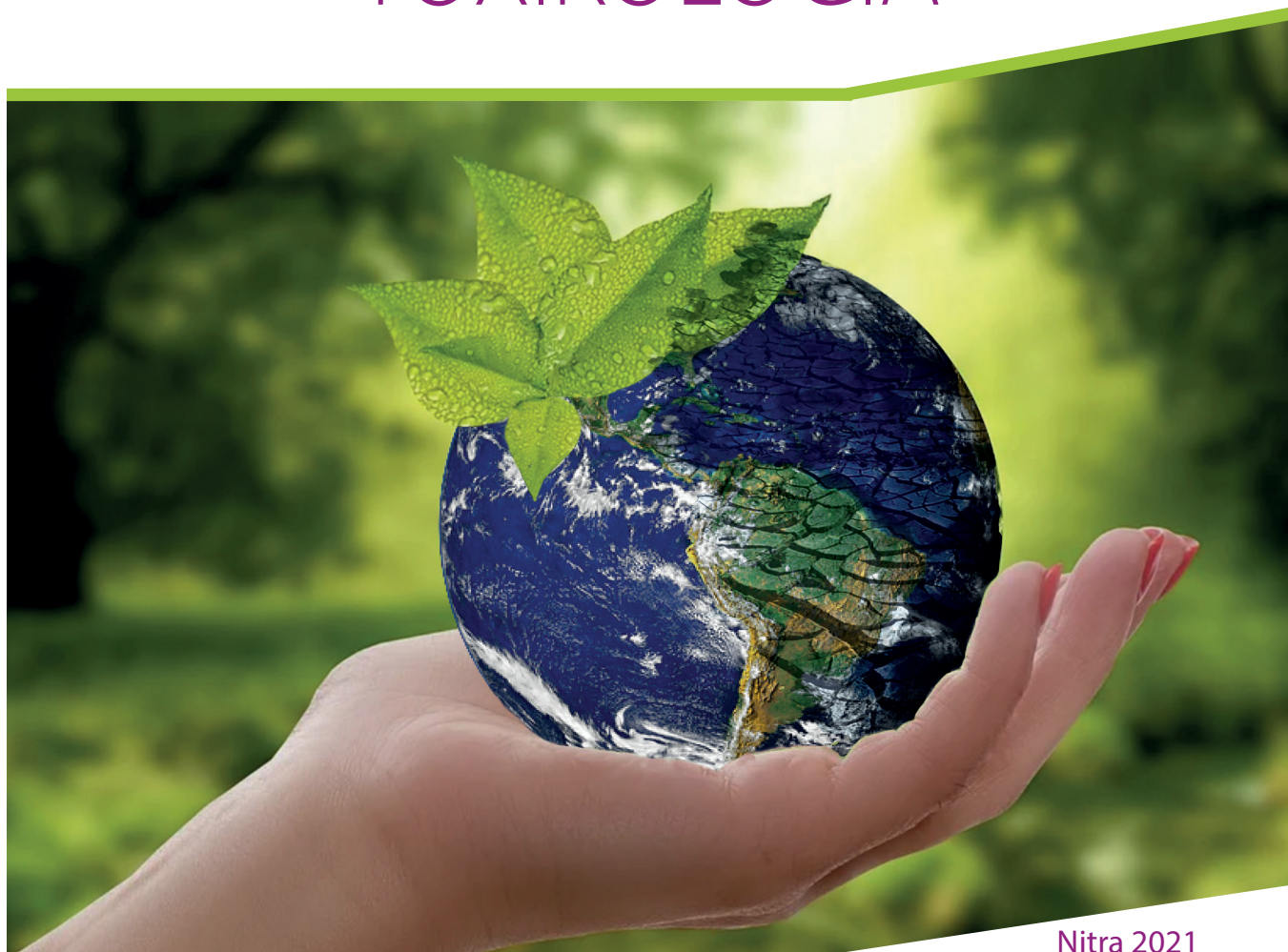


Judita Lidiková a kolektív

CHEMICKÁ TOXIKOLÓGIA



Nitra 2021

Názov: **Chemická toxikológia**

Autori: **prof. Ing. Judita Lidiková, PhD. (22,16 AH)**
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
prof. Ing. Janette Musilová, PhD. (11,08 AH)
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Ing. Július Árvay, PhD. (3,38 AH)
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Ing. Martin Hauptvogel, PhD. (0,65 AH)
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
prof. Ing. Adriana Kolesárová, PhD. (0,44 AH)
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
prof. Ing. Norbert Lukáč, PhD. (0,44 AH)
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Ing. Mária Timoracká, PhD. (1,30 AH)
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
prof. Ing. Ján Tomáš, CSc. (0,88 AH)
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
prof. RNDr. Ing. Tomáš Tóth, PhD. (0,44 AH)
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Ing. Monika Tóthová, PhD. (0,88 AH)
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Ing. Pavol Trebichalský, PhD. (2,17 AH)
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
prof. RNDr. Alena Vollmannová, PhD. (0,44 AH)
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Recenzenti: **prof. Ing. Marcela Capcarová, DrSc.**
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Ing. Matyáš Orsák, PhD.
Česká zemědělská univerzita v Praze

Vydané s finančnou podporou Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR
v rámci projektu KEGA 011SPU-4/2017 Chemická toxikológia – tvorba
didaktických pomôcok pre I. II. a III. stupeň vysokoškolského štúdia.

Schválila rektorka Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre
dňa 18. 11. 2019 ako vysokoškolskú učebnicu.

ISBN 978-80-552-2096-3



OBSAH

Predhovor	7
Úvod.....	9
Prvá kapitola	
Úvod do toxikológie.....	11
1.1 Historický vývoj toxikológie	12
1.2 Klasifikácia toxikológie	16
1.3 Charakteristika základných pojmov.....	18
1.3.1 Prehľad najčastejšie používaných toxických parametrov.....	20
1.3.2 Klasifikácia toxických látok	23
1.3.3 Intoxikácie (otravy).....	24
1.3.4 Najčastejšie prejavy intoxikácie.....	25
1.3.5 Faktory ovplyvňujúce toxicitu chemickej látky a rýchlosť intoxikácie	29
1.3.6 Chemické a fyzikálne vlastnosti toxických látok	29
1.3.7 Dávka a doba expozície organizmu danou látkou.....	30
1.3.8 Cesta prieniku toxického látky do organizmu.....	32
1.3.9 Rýchlosť premeny toxického látky v organizme, rýchlosť vylučovania.....	32
1.3.10 Klimatické podmienky a ďalšie faktory	33
1.3.11 Vlastnosti a rezistencia organizmu (individuálne rozdiely).....	33
1.4 Vstupy toxických látok do organizmu	34
1.4.1 Vstup (absorpcia) pľúcami (inhalácia, vdychovanie).....	35
1.4.2 Vstup (absorpcia) tráviacim systémom (perorálne, požitím).....	35
1.4.3 Vstup (absorpcia) kožou (perkutánnu, dermálnu)	36
1.4.4 Vstup (absorpcia) cez oči.....	36
1.4.5 Vstup (absorpcia) intravenózne (injekčne)	36
1.4.6 Vstup (absorpcia) placentou	36
1.5 Toxikokinetika.....	37
1.5.1 Vstrebávanie – vstup do bunky.....	38
1.5.2 Biotransformácie.....	39
1.5.3 Vylučovanie.....	55
1.6 Vybrané toxické účinky cudzorodých látok	56
1.6.1 Podráždenie kože a sliznice	56
1.6.2 Narkotický účinok.....	56
1.6.3 Slzotvorný účinok	57
1.6.4 Dusivý účinok.....	57
1.6.5 Hypersenzibilizujúci účinok – alergény	58
1.6.6 Karcinogénny účinok	58
1.6.7 Mutagénny účinok.....	60



CHEMICKÁ TOXIKOLÓGIA

1.6.8	Teratogénny účinok	60
1.6.9	Inhibícia prenosu kyslíka	61
1.6.10	Inhibícia funkcie enzýmov	62
1.6.11	Indukcia enzýmovej činnosti	62
1.6.12	Alkylačné a acylačné látky	63

Druhá kapitola

Špeciálna toxikológia vybraných anorganických látok 65

2.1	Skupina I. A vodík a alkalické kovy (H, Li, Na, K, Rb, Cs, Fr).....	66
2.2	Skupina II. A (Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra).....	75
2.3	Skupina III. A (B, Al, Ga, In, Tl).....	82
2.4	Skupina IV. A (C, Si, Ge, Sn, Pb)	89
2.5	Skupina V. A (N, P, As, Sb, Bi).....	102
2.6	Skupina VI. A (O, S, Se, Te, Po)	111
2.7	Skupina VII. A (F, Cl, Br, I, At)	117
2.8	Skupina VIII. A (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn).....	126
2.9	Skupina I. B (Cu, Ag, Au)	129
2.10	Skupina II. B (Zn, Cd, Hg)	133
2.11	Skupina III. B (Sc, Y, La, Ac)	140
2.12	Skupina IV. B (Ti, Zr, Hf)	144
2.13	Skupina V. B (V, Nb, Ta)	147
2.14	Skupina VI. B (Cr, Mo, W, Sg).....	151
2.15	Skupina VII. B (Mn, Tc, Re, Bh)	158
2.16	Skupina VIII. B (Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt, Hs)	162

Tretia kapitola

Špeciálna toxikológia vybraných organických látok 177

3.1	Uhlíkovodíky	178
3.1.1	Alifatické uhľovodíky	178
3.1.2	Cyklické uhľovodíky	181
3.1.3	Aromatické uhľovodíky.....	182
3.1.3.1	Nekondenzované aromatické uhľovodíky	182
3.1.3.2	Aromatické uhľovodíky s viacerými benzénovými jadrami	192
3.1.3.3	Kondenzované aromatické uhľovodíky (polycyklické aromatické uhľovodíky, PAU).....	194
3.2	Halogenderiváty	208
3.2.1	Halogenderiváty alifatických uhľovodíkov	209
3.2.2	Halogenderiváty aromatických uhľovodíkov	224
3.3	Hydroxylzlučeniny a ich deriváty	228
3.3.1	Alkoholy	228
3.3.2	Glykoly	235
3.3.3	Étery.....	237
3.3.4	Fenoly a ich deriváty	246



3.4	Karbonylové zlúčeniny	252
3.4.1	Aldehydy	253
3.4.2	Ketóny	262
3.5	Dusíkaté deriváty uhľovodíkov	268
3.5.1	Alifatické nitrozlúčeniny	269
3.5.2	Aromatické nitrozlúčeniny	272
3.5.3	Alifatické amíny	285
3.5.4	Aromatické amíny	291
3.6	Karboxylové kyseliny a ich deriváty	294
3.6.1	Alifatické karboxylové kyseliny	295
3.6.2	Aromatické karboxylové kyseliny	304
3.7	Estery	308
3.8	Polychlórované bifenyly (PCB)	317
3.9	Polychlórované dibenzodioxíny a polychlórované dibenzofurány	322
3.10	Alkaloidy	329
3.10.1	Pravé alkaloidy	330
3.10.1.1	Tropánové alkaloidy	331
3.10.1.2	Piperidínové alkaloidy	333
3.10.1.3	Pyridínové alkaloidy	335
3.10.1.4	Izochinolínové alkaloidy	337
3.10.1.5	Purínové alkaloidy	340
3.10.2	Protoalkaloidy	344
3.10.2.1	Deriváty fenyletylamínu	344
3.10.2.2	Kolchicínové alkaloidy	346
3.10.2.3	Benzylamínové alkaloidy	348
3.10.3	Pseudoalkaloidy	350
3.10.3.1	Diterpény	350
Štvrtá kapitola		
	Pesticídy	355
4.1	Toxikologická charakteristika pesticídov	356
4.1.1	Bipyridýliové pesticídy	359
4.1.2	Deriváty fenolov	362
4.1.3	Deriváty fenoxalkánových kyselín	369
4.1.4	Diazínové pesticídy	374
4.1.5	Triazínové pesticídy	378
4.1.6	Glyfosátové pesticídy	388
4.1.7	Karbamátové pesticídy	391
4.1.8	Organochlórové pesticídy	398
4.1.9	Organofosfátové pesticídy	410



Piata kapitola

Kontaminácia pôdy a možnosti jej remediácie..... 419

- 5.1 Hodnotenie kontaminácie prostredia 422
- 5.2 Možnosti znižovania výskytu a účinku rizikových prvkov v pôde 422
 - 5.2.1 Fytoremediácia 423

Zoznam použitej literatúry 429

- Internetové zdroje 518
- Ďalšie internetové zdroje 523

Register..... 529



PREDHOVOR

Vysokoškolská učebnica Chemická toxikológia je určená ako základná študijná literatúra pre študentov Fakulty biotechnológie a potravinárstva SPU v Nitre.

Učebnica integruje všeobecnú toxikológiu so špeciálnou toxikológiou v primeranom rozsahu a požadovanom obsahu pre nechemické vysoké školy biologického zamerania. Začlenené informácie vychádzajú zo súčasných poznatkov prírodných vied. Učebná pomôcka podáva dostatočné množstvo informácií o chemických toxických zlúčeninách, ich pôvode, distribúcii, biotransformácii, ako aj o možných zdravotných rizikách na zdravie človeka.

Prvá kapitola učebnice zahŕňa základné poznatky zo všeobecnej toxikológie – charakteristiku základných pojmov, vstupy toxických látok do organizmu, toxikokinetiku a vybrané toxické účinky cudzorodých látok. V druhej časti učebnice, v špeciálnej toxikológii, sú poznatky o toxických účinkoch vybraných anorganických látok a poznatky o toxických účinkoch vybraných organických látok. Kapitola je venovaná aj charakteristike, využitiu a toxikologickým účinkom pesticídov používaných v poľnohospodárstve.

V predkladanej učebnici venujeme pozornosť aj ekotoxikológii, pretože znečistenie životného prostredia nebezpečnými chemickými toxickými látkami má veľký dopad na kvalitu života.

Predkladaná vysokoškolská učebnica má byť zdrojom informácií pre študentov na zvládnutie a pochopenie jednotlivých odborných predmetov študijného plánu študentov FBP SPU v Nitre. Vysokoškolská učebnica je vhodným didaktickým materiálom i pre študentov iných fakúlt s nechemickým zameraním a môže byť súhrnným materiálom pre odbornú verejnosť.

Autori ďakujú recenzentom za cenné pripomienky a námety k textu tejto vysokoškolskej učebnice. Ďakujú taktiež Ing. Ľubici Ďuďákovovej za trpezlivú a náročnú spoluprácu, ktorú venovala vydaniu tejto učebnice.

Autori tejto vysokoškolskej učebnice budú vďační za pripomienky a návrhy, ktoré skvalitnia prípadné ďalšie vydanie tejto učebnice, ktorá má pomôcť k prehĺbeniu vedomostí a úspešnému zvládnutiu požadovaného učiva.

Autori

*Keď pochopíme život ako dar, svet ako zázrak,
ráno ako začiatok dobrodružnej cesty,
druhého človeka ako radostné stretnutie,
stávajú sa obyčajné veci neobyčajnými...*

//Gilbert K. Chesterton





ÚVOD

Toxikológia je veda o jedoch a zameriava sa na skúmanie negatívnych účinkov toxických látok na živé organizmy vrátane človeka. Skúma a analyzuje účinok chemických látok po vystavení organizmu ich relatívne malým množstvám. Vysvetľuje a odhaduje toxické účinky látok a vytvára prevenciu otráv. Štúdium toxikológie slúži spoločnosti nielen na ochranu zdravia, ale aj na uľahčenie vývoja selektívnejších toxických látok. Znalosť relatívnej toxicity látok je základom pre rôzne toxikologické aplikácie – od vývoja nových liekov až po predvídanie a modelovanie účinkov znečisťujúcich látok v životnom prostredí.

Toxikológia je samostatná multidisciplinárna veda spolupracujúca s inými vednými odbormi, s ktorými sa navzájom nevyučuje a často sa prelína. Najužší vzťah má k farmakológii, kde sú hraničné rozdiely veľmi malé. V spolupráci s biologickými vedami skúma vplyv toxických látok na bunku, jej prejavy a funkcie. Spoločne s biochémiou sa usiluje vysvetliť osud toxickéj látky po jej vstupe do živého systému. Toxikológia sa dostáva do úzkeho styku aj s anorganickou, organickou a fyzikálnou chémiou na základe štúdia fyzikálno-chemických a štruktúrnych vlastností látok. K rozvoju modernej toxikológie prispieva značnou mierou rozvoj moderných analytických metód detekcií a stanovení toxických látok. Do skupiny vied, do ktorých poznatkami významne toxikológia prispieva, patria aj forenzná medicína, verejné zdravie a priemyselná hygiena. Toxikológia svojou náplňou tiež významným spôsobom prispieva k veterinárnej medicíne a k rôznym aspektom poľnohospodárstva, ako je vývoj a bezpečné používanie poľnohospodárskych chemikálií. Oblasť toxikológie sa v posledných desaťročiach veľmi rozšírila a nadobudnuté poznatky umožňujú využiť širokú škálu metodológie na štúdium mechanizmov zapojených do toxických procesov. Toxikológia neustále integruje poznatky získané z pokroku (molekulárna a systémová biológia, genetika, genomika, výpočtová technika), v dôsledku čoho sa rýchlo transformuje do integrovanej vedeckej disciplíny.