

Obsah

1	Ekotoxikologie	13
1.1	Význam ekotoxikologie a testů toxicity	13
1.2	Ekotoxikologické biotesty	14
1.3	Vývoj ekotoxikologie	14
1.4	Živé organismy a prostředí	15
1.5	Ekologická relevance testu	16
1.6	Vztah biotestů a chemické analýzy	16
1.7	Kombinované přístupy environmentálního monitoringu	17
1.8	Hodnocení environmentálních rizik	17
1.8.1	Určení PEC	18
1.8.2	Určení PNEC	18
1.8.3	Vyjádření rizika	18
2	Vztahy mezi organismem a toxickou látkou	19
2.1	Toxicita	19
2.2	Toxikant a toxin	19
2.3	Expozice toxické látky	19
2.4	Toxické účinky	20
2.4.1	Akutní účinky	20
2.4.2	Chronické účinky	20
2.5	Vztahy dávka - odpověď	20
2.6	Bioakumulace	21
2.7	Biokoncentrace	22
2.8	Bioobohacování	22
2.9	Detoxikace	23
2.10	Hormese	23
3	Faktory ovlivňující toxicitu látek	25
3.1	Chemicko - fyzikální faktory	25
3.1.1	Koncentrace	26
3.1.2	Rozpustnost ve vodě a v tucích	26
3.1.3	Struktura látky	27
3.1.4	Perzistence	27
3.2	Doba a způsob expozice	27
3.3	Environmentální faktory	27
3.3.1	Teplota prostředí	27
3.3.2	Vlhkost	28
3.3.3	Intenzita světla	28
3.3.4	Kvalita a kontaminace prostředí	28
3.4	Interakce mezi toxikanty	28

3.4.1	Aditivní účinky	29
3.4.2	Potenciace toxicity	29
3.4.3	Antagonismus.....	30
3.4.4	Příčiny potenciace	30
3.4.5	Potenciace v důsledku inhibice detoxikace.....	31
3.4.6	Potenciace zvýšením metabolické aktivace	31
3.4.7	<i>In-situ</i> potenciace	31
3.4.8	Hodnocení toxicity směsí	32
3.4.9	Toxická jednotka.....	32
3.4.10	Aditivní index.....	33
3.4.11	Index mnohočetné toxicity (Multiple Toxicity Index), MTU	35
3.5	Biologické faktory	36
3.5.1	Genetická proměnlivost	36
3.5.2	Pohlaví	37
3.5.3	Stáří.....	37
3.5.4	Zdravotní stav.....	37
3.6	Faktory výživy	37
3.6.1	Hladovění.....	38
3.6.2	Bílkoviny	38
3.6.3	Cukry.....	38
3.6.4	Tuky	39
3.6.5	Vitamin A.....	39
3.6.6	Vitamin C	39
3.6.7	Vitamin D.....	40
3.6.8	Vitamin E	41
3.6.9	Minerální látky.....	41
4	Biochemická podstata toxických účinků	42
4.1	Ochranné mechanismy – biotransformace	42
4.1.1	I. fáze detoxikace.....	42
4.1.2	II. fáze detoxikace.....	43
4.2	Ochrana před toxikanty jejich vazbou	44
4.2.1	Metallothioneiny	44
4.2.2	Fytochelatiny	44
4.3	Opravné procesy.....	44
4.4	Netoxické účinky látek.....	44
4.5	Molekulární interakce organismu a toxikantu	45
4.5.1	Genotoxické látky	46
4.5.2	Mitóza a meióza	47
4.5.3	Klasifikace mutací.....	49
4.5.4	Neurotoxické látky	51
4.5.5	Mitochondriální jedy	52

4.5.6	Antagonisté vitamínu K	52
4.5.7	Antagonisté thyroxinu	53
4.5.8	Inhibice ATP-áz	53
4.5.9	Estrogeny a androgeny	53
4.5.10	Reakce se sulfoskupinami	54
4.5.11	Narušení fotosystémů rostlin	54
4.5.12	Regulátory růstu rostlin	54
4.5.13	Oxidační stres	55
5	Vyšší úrovně toxických účinků	57
5.1	Účinky toxikantů na úrovni tkání	57
5.2	Účinky toxikantů na orgánové úrovni	58
5.3	Účinky toxikantů na organismální úrovni	58
5.3.1	Neurofyzilogické účinky	58
5.3.2	Účinky na chování	59
5.4	Účinky na populační úrovni	60
5.5	Účinky na úrovni společenstev a ekosystémů	60
5.6	Biosférická úroveň	61
6	Ekotoxikologické biotesty	63
6.1	Členění ekotoxikologických biotestů	63
6.2	Akvatické testy	64
6.3	Terestrické testy	64
6.4	Testy toxicity sedimentů	65
6.5	Alternativní biotesty	65
6.6	Sada testů toxicity	65
6.7	Mezidruhové rozdíly v citlivosti	67
7	Postup při testování toxicity	68
7.1	Experimentální design testů toxicity	68
7.2	Odběr vzorků	69
7.3	Předúprava vzorku	69
7.3.1	Výluh	70
7.3.2	Extrakt	70
7.3.3	Předúprava pro terestrické testy toxicity	71
7.3.4	Předúprava vzorku mění jeho vlastnosti	71
7.4	Provedení testu toxicity	72
7.4.1	Limitní test	72
7.4.2	Ověřovací test	72
7.4.3	Orientační test	73
7.4.4	Volba ředící řady	73
7.4.5	Základní test	74
7.5	Validace testu	74
7.6	Vyhodnocení dat	75

7.7	Interpretace ekotoxikologických biotestů.....	7
8	Zpracování experimentálních dat testů toxicity	7
8.1	Odpověď testů toxicity	7
8.2	Ekotoxikologické indexy	7
8.2.1	Vypočtené indexy	7
8.2.2	Určené indexy.....	7
8.3	Kvantální odpověď biotestu	7
8.4	Spojité odpověď biotestu	7
8.5	Křivka dávka - odpověď	80
8.5.1	Dno a strop křivky dávka - odpověď.....	81
8.5.2	Prahová koncentrace.....	81
8.5.3	Směrnice.....	82
8.5.4	EC50 jako významný bod křivky dávka - odpověď	82
8.5.5	EC50 jako poloviční vzdálenost mezi dnem a stropem.....	83
8.5.6	Nesigmoidální tvar křivky dávka – odpověď	84
8.6	Výpočet EC50.....	84
8.7	Interpolační metody výpočtu EC50	85
8.7.1	Dvoudávková metoda	85
8.7.2	Spearman - Kärberova metoda	86
8.7.3	Thompsonova metoda klouzavých průměrů	87
8.8	Regresní metody výpočtu EC50.....	88
8.8.1	Probitová analýza	88
8.8.2	Nelineární regrese	90
8.9	Určení indexů toxicity NOEC a LOEC	92
8.9.1	Metody určení NOEC datových sad s normálním rozložením.....	92
8.9.2	Metody určení NOEC datových sad nemajících normální rozložení ...	93
8.10	Střední doba přežití	93
8.11	Vícerozměrné datové analýzy	94
9	Faktory ovlivňující výsledky testů toxicity.....	97
9.1	Vzorkování.....	97
9.2	Skladování vzorku	97
9.3	Předúprava vzorku.....	97
9.3.1	Tepelná úprava.....	98
9.3.2	Úprava osmotického tlaku	98
9.3.3	Kyslíkové poměry	98
9.3.4	Úprava pH.....	98
9.3.5	Homogenizace vzorku	99
9.4	Doba expozice.....	99
9.5	Teplota.....	99
9.6	Světelné podmínky	99
9.7	Vlhkost	100

9.8	Objem	100
9.9	Pracovní roztoky a media	100
9.10	Volba testovaných koncentrací	101
9.11	Stáří organismů.....	101
9.12	Kondice organismů	101
10	Určování toxicity látek pomocí modelů	102
11	Testy toxicity na molekulární úrovni.....	104
11.1	Bakteriální testy mutagenity	104
11.1.1	Amesův test.....	105
11.2	Testy mutagenity na vyšších rostlinách.....	106
11.2.1	Waxy mutační test na kukuřici	107
11.2.2	Test somatické mozaiky na sóje.....	107
11.2.3	Mikrojaderné testy	108
11.3	Test teratogenity látek na drápatce vodní	109
11.3.1	Testovací organismus.....	109
11.3.2	Chov a rozmnožování drápatek.....	109
11.3.3	Princip testu teratogenity	110
12	Testy toxicity s producenty	111
12.1	Řasové testy toxicity.....	111
12.1.1	Testovací organismus	111
12.1.2	Princip testu toxicity.....	112
12.1.3	Zjišťování koncentrace řasové suspenze	114
12.1.4	Řasový mikrobiotest.....	115
12.1.5	Stanovení míry účinku inhibice řas	115
12.2	Stanovení trofického potenciálu	117
12.2.1	Eutrofizace.....	117
12.2.2	Trofický potenciál.....	117
12.2.3	Princip testu AGP.....	117
12.3	Test inhibice růstu okřehku	118
12.3.1	Testovací organismus.....	119
12.3.2	Popis testu	119
12.4	Test toxicity se semeny hořčice bílé.....	119
12.4.1	Princip testu inhibice klíčivosti semen	120
12.4.2	Nevýhody testu na hořčici.....	120
12.5	Kontaktní terestrické testy na rostlinách	120
12.5.1	Vlastnosti testů fytotoxicity	121
12.5.2	Rozdělení testů fytotoxicity podle účelu.....	121
12.5.3	Testy klíčivosti	122
12.5.4	Testovací organismy.....	123
12.5.5	Princip krátkodobého a dlouhodobého testu	123
12.6	Kalusová metoda	124

13	Testy toxicity s protozoálními organismy.....	125
13.1	Protozoa	125
13.2	Testy na obrvenkách.....	125
13.2.1	Testovací organismus	125
13.2.2	TETRATOX - test nárůstu populace obrvenek	126
13.2.3	ProToxKit – test inhibice příjmu potravy obrvenek	126
13.3	Test na nálevnicích - Spirotox.....	126
13.3.1	Testovací organismus	127
13.3.2	Průběh testu	127
14	Testy toxicity s konzumenty žijících v akvatických ekosystémech.....	128
14.1	Test toxicity látek na růstovou rychlost pstruha duhového.....	128
14.1.1	Testovací organismus	128
14.1.2	Princip testu	128
14.2	Akutní test toxicity na hepatocytech pstruha duhového.....	129
14.2.1	Princip testu	130
14.2.2	Výhody a nevýhody testu na RTH	130
14.3	Testy toxicity na akvarijních rybách	130
14.3.1	Testovací organismy.....	131
14.3.2	Princip testu mortality.....	131
14.3.3	Test toxicity s jikrami.....	131
14.4	Testy toxicity na perloočkách	132
14.4.1	Testovací organismus.....	132
14.4.2	Princip akutního testu	132
14.4.3	Princip testu inhibice reprodukční schopnosti hrotnatky.....	133
14.5	Test toxicity na korýších <i>Artemia</i> a <i>Thamnocephalus</i>	134
14.5.1	Test toxicity na žábronožkách	134
14.5.2	Test na korýších <i>Thamnocephalus platyurus</i>	135
14.6	Test toxicity na vířnicích	135
14.6.1	Testovací organismus	136
14.6.2	Princip akutního testu	136
14.6.3	Test inhibice příjmu potravy vířníků.....	137
14.7	Test toxicity na nezmaru	137
14.7.1	Testovací organismus.....	137
14.7.2	Princip testu	138
15	Testy toxicity s konzumenty žijícími v sedimentech	139
15.1	Vlastnosti sedimentů.....	139
15.2	Test toxicity sedimentů na různonožci.....	139
15.2.1	Testovací organismus	139
15.2.2	Princip testu	140
15.3	Test toxicity sedimentů na larvách pakomára	140
15.3.1	Testovací organismus	140

15.3.2	Princip testu	140
15.4	Test na nítěnkách	141
16	Testy toxicity s konzumenty žijícími v půdních ekosystémech	142
16.1	Půda	142
16.1.1	Ekosystémové funkce půdy	142
16.1.2	Půda a toxické látky	142
16.1.3	Stárnutí půdy	142
16.1.4	Biodostupnost toxikantů v půdě	143
16.2	Testy toxicity s hlísticemi	143
16.2.1	Testovací organismy	143
16.2.2	Test toxicity s háďátkem <i>Panagrellus redivivus</i>	143
16.2.3	Test toxicity na hlísticích <i>Caenorhabditis elegant</i>	144
16.3	Test toxicity na žížalách	144
16.3.1	Testovací organismus	144
16.3.2	Akutní test na filtračním papíře	145
16.3.3	Akutní test v půdě	145
16.3.4	Reprodukční test	146
16.4	Test toxicity na roupících	146
16.4.1	Testovací organismus	146
16.4.2	Princip reprodukčního testu	147
16.4.3	Únikový test	147
16.5	Test inhibice reprodukční schopnosti chvostoskoků	148
16.5.1	Testovací organismus	148
16.5.2	Princip testu	149
16.6	Testy toxicity na měkkýších	150
16.6.1	Testovací organismus	150
16.6.2	Princip testu	150
17	Testy toxicity s hmyzem	151
17.1	Test na zlatohlávku tmavém	151
17.1.1	Testovací organismus	151
17.1.2	Princip testu	151
17.2	Test toxicity na včelách	152
17.2.1	Testovací organismus	152
17.2.2	Princip akutního testu	152
17.2.3	<i>In-situ</i> test toxicity na včelách	152
18	Testy toxicity se suchozemskými obratlovci	153
18.1	Testy toxicity s obojživelníky	153
18.2	Testy toxicity na ptácích	154
18.2.1	Akutní perorální test toxicity na ptácích	154
18.2.2	Test reprodukční toxicity na ptácích	154
18.3	Testy toxicity se savci	155

19	Testy toxicity s destruenty	156
19.1	Destruenti	156
19.2	Test zhášení bioluminiscence vodních bakterií	156
19.2.1	Bioluminiscence	156
19.2.2	Testovací organismus	157
19.2.3	Princip akutního testu	158
19.2.4	Bioluminiscenční test mutagenity	159
19.3	Bioluminiscenční test sedimentů či suspenzí	160
19.3.1	Filtrace suspenze před měřením produkce světla	160
19.3.2	Kontinuální měření světelné produkce	161
19.4	Růstové testy s baktériemi	162
19.5	Toxi - Chromo testy	163
20	Biochemické testy se společenstvem aktivovaného kalu	164
20.1	Test inhibice respirace aktivovaného kalu	164
20.2	Test inhibice anaerobních bakterií aktivovaného kalu	164
21	Biochemické testy se společenstvy půdních mikroorganismů	165
21.1	Půda a mikrobiální aktivita	165
21.2	Vlastnosti půd ovlivňující mikrobiální aktivitu	165
21.3	Typy půdních mikrobiálních testů	166
21.4	Měření mikrobiální aktivity	166
21.5	Cyklus uhlíku	167
21.5.1	Respirace mikroorganismů	167
21.5.2	Test respirační aktivity půdy	168
21.6	Cyklus dusíku	168
21.6.1	Metoda redukce acetylénu	168
21.6.2	Test nitrifikační aktivity půdy	169
22	Testy enzymatické aktivity v půdě	170
22.1	Půdní enzymy	170
22.2	Půdní enzymatická aktivita	170
22.3	Test dehydrogenázové aktivity	170
22.3.1	Princip testu dehydrogenázovou aktivitu	171
22.3.2	Faktory ovlivňující měření DHA	172
22.4	Testy aktivity hydroláz	173
23	Biomarkery	174
23.1	Klasifikace biomárků	174
23.2	Inhibice Acetylcholinesterázy	176
23.3	Indukce tvorby monoxygenáz	176
23.4	Poškození DNA	176
23.5	Narušení procesů při tvorbě hemu	177
23.5.1	Tvorba nadbytečného množství porfyrinů	177
23.5.2	Inhibice ALAD olovem	177

23.6	Indukce vitellogeninu	178
23.7	Behaviorální biomarkry	178
24	Hodnocení stavu ekosystémů <i>in-situ</i>	179
24.1	Polní studie	179
24.1.1	Sledované odpovědi v experimentech <i>in-situ</i>	179
24.1.2	<i>In-situ</i> testy toxicity	179
24.1.3	Nedostatky polních studií.....	179
24.2	Bioindikátory	180
24.3	Saprobní index.....	180
24.3.1	Saprobní valence druhu	180
24.3.2	Princip určení saprobního indexu společenstva	181
24.4	Nárostové testy	182
25	Vícedruhové testy toxicity.....	183
25.1	Mesokosmy.....	183
25.1.1	Limnokorály	184
25.1.2	Pelagické vaky	184
25.1.3	Litorální ohrazení.....	184
25.1.4	Pokusné nádrže	184
25.1.5	Pokusné toky	185
25.1.6	Výhody a nevýhody mesokosmů.....	185
25.2	Mikrokosmy	185
25.2.1	Standardizovaný vodní mikrokosmos	185
25.2.2	Směsná kultura v láhvi.....	186
25.2.3	Mikrokosmos FIFRA.....	186
25.2.4	Mikrokosmos půdního jádra	187
26	Závěr.....	188
27	Doporučená studijní literatura.....	189
28	Použitá literatura.....	190