

**Živá půda:
biologie, ekologie,
využívání a degradace půdy**

Miloslav Šimek a kolektiv



KATALOGIZACE V KNIZE - NÁRODNÍ KNIHOVNA ČR

Šimek, Miloslav, 1956-

Živá půda: biologie, ekologie, využívání a degradace půdy / Miloslav Šimek a kolektiv. – Vydání první. – Praha : Academia, 2019. – 2 svazky (789 stran). – (Strategie AV21. Špičkový výzkum ve veřejném zájmu)
Obsahuje bibliografie a rejstřík

ISBN 978-80-200-2976-8 (vázáno)

* 631.4 * 631.46 * 574:631.4 * 631.472.5 * 631.41 * 332.3 * 632.125 * 504:631.4 * (048.8:082)

- půda
- půdní biologie
- ekologie půdy
- půdní organismy
- humus
- vlastnosti půdy
- využití půdy
- poškození půdy
- kolektivní monografie

631 - Zemědělství. Pedologie. Agrotechnika. Agroekologie [24]

Obsah

Seznam zkratk, jednotek a symbolů	10
Předmluva (<i>Miloslav Šimek</i>)	12
Seznam autorů	15

Část I Živá půda: Biologie půdy

1 Rozmanitost života	21
<i>Miloslav Šimek, Pavel Šimek</i>	
1.1 Původ a rozvoj života na Zemi	21
1.2 Rozdělení a klasifikace organismů	25
1.3 Literatura	28
2 Půdní organismy	29
<i>Miloslav Šimek, Petr Baldrian, Michala Bryndová, Miloslav Devetter, Dana Elhottová, Ladislav Háněl, Alica Chroňáková, Jan Kopecký, Anna Koubová, Lubomír Kováč, Martina Kyselková, Alena Lukešová, Markéta Marečková, Václav Pižl, Jiří Schlaghamerský, Josef Starý, Karel Tajovský, Emil Tkadlec, Ivan Hadrián Tuf, Jiří Tůma</i>	
2.1 Bohatost života v půdě	29
2.2 Nebuněčné organismy	40
2.3 Bakterie (Bacteria)	44
2.4 Archea (Archaea)	60
2.5 Houby (Fungi)	72
2.6 Řasy a sinice (Algae; Cyanobacteria)	79
2.7 Prvoci (Protozoa)	98
2.8 Hlístice (Nematoda)	103
2.9 Vířníci (Rotifera, syn. Rotatoria)	112
2.10 Želvušky (Tardigrada)	116
2.11 Kroužkovci (Annelida)	120
2.12 Roztoči (Acari)	134
2.13 Chvostokoci (Collembola)	143
2.14 Suchozemští stejnonožci (Oniscidea)	155
2.15 Mnohonožky (Diplopoda)	164
2.16 Mravenci (Formicidae)	175
2.17 Termiti (Isoptera)	187

2.18	Ostatní vybrané skupiny půdních živočichů	194
2.19	Extracelulární enzymy	205
2.20	Literatura	211
3	Fyziologie půdních organismů	221
	<i>Vladimír Šustr, Jaroslav Hynšt, Alica Chroňáková, Miloslav Šimek, Ondřej Uhlík</i>	
3.1	Metabolismus	221
3.2	Klasifikace základních typů energetického metabolismu	224
3.3	Anabolismus	239
3.4	Regulace metabolismu	240
3.5	Vliv faktorů na přežití a aktivity půdních organismů (ekofyziologie)	244
3.6	Literatura	256
Část II Živá půda: Ekologie, využívání a degradace půdy		
4	Vznik, vývoj, funkce, klasifikace a geografie půd	267
	<i>Lenka Pavlů, Luboš Borůvka, Veronika Jílková, Vít Penížek, Miloslav Šimek, Tereza Zádorová</i>	
4.1	Půda jako součást prostředí	267
4.2	Funkce a ekosystémové služby půdy	272
4.3	Vznik a vývoj půdy	279
4.4	Vývoj půd v různých podmínkách	301
4.5	Klasifikace půd	303
4.6	Geografie půd	316
4.7	Literatura	323
5	Fyzikální vlastnosti půdy	326
	<i>Miloslav Šimek, Luboš Borůvka</i>	
5.1	Textura půdy	326
5.2	Struktura a pórovitost půdy	329
5.3	Barva půdy	335
5.4	Teplota půdy	337
5.5	Technologické vlastnosti půdy	341
5.6	Literatura	342

6	Chemické vlastnosti půdy	343
	<i>Václav Tejnecký, Luboš Borůvka, Ondřej Drábek, Miloslav Šimek</i>	
6.1	Elementární a minerální složení půdy	343
6.2	Půdní reakce	353
6.3	Půdní koloidy	359
6.4	Půdní sorpční komplex	361
6.5	Oxidačně-redukční reakce, redox potenciál	370
6.6	Stanovení fyzikálně-chemických vlastností půdy	374
6.7	Literatura	376
7	Půdní organická hmota	378
	<i>Miloslav Šimek, Luboš Borůvka, Dana Elhottová, Jakub Houška, Veronika Jílková, Stanislav Malý, Lenka Pavlů</i>	
7.1	Původ organické hmoty v půdě	378
7.2	Uhlík – ústřední prvek biomasy	382
7.3	Obsah uhlíku a organické hmoty v půdě	387
7.4	Rozklad organických látek	395
7.5	Formy nadložního humusu lesních půd	410
7.6	Cyklus uhlíku v suchozemském ekosystému	415
7.7	Literatura	420
8	Půdní voda a půdní roztok	423
	<i>Miloslav Šimek, Luboš Borůvka</i>	
8.1	Vlastnosti vody	423
8.2	Obsah vody v půdě, půdní hydrolimity	426
8.3	Koncepce vodního potenciálu	428
8.4	Zdroje a pohyb vody v půdě	432
8.5	Kategorie půdní vody	439
8.6	Rozpusťnost minerálů a složení půdního roztoku	440
8.7	Literatura	447
9	Půdní vzduch	448
	<i>Miloslav Šimek, Jaroslav Hynšt</i>	
9.1	Obsah vzduchu v půdě	448
9.2	Složení půdního vzduchu	449
9.3	Rozpusťnost plynů v kapalinách	458

9.4	Půdní vzduch a půdní organismy a procesy	461
9.5	Pohyb plynů v půdním prostředí a emise z půdy	462
9.6	Literatura	468
10	Funkční organizace půdy	469
	<i>Miloslav Šimek, Michala Bryndová, Dana Elhottová, Veronika Jilková, Alena Lukešová, Martina Kyselková, Václav Pižl, Karel Tajovský, Jiří Tůma, Miroslav Vosátka</i>	
10.1	Struktura půdního prostředí, biodiverzita a interakce v půdě	469
10.2	Fotosféra	487
10.3	Detritosféra	495
10.4	Rhizosféra	506
10.5	Mykorhizosféra	514
10.6	Drilosféra	520
10.7	Porosféra	522
10.8	Agregátosféra	526
10.9	Termitosféra a myrmekosféra	529
10.10	Mikrostruktura a ultrastruktura půdy	534
10.11	Literatura	538
11	Anorganické živiny a jejich transformace	543
	<i>Miloslav Šimek, Jaroslav Hynšt</i>	
11.1	Přeměny látek a cykly prvků	543
11.2	Dusík	548
11.3	Fosfor	580
11.4	Draslík	590
11.5	Síra	595
11.6	Vápník a hořčík	607
11.7	Železo a mangan	609
11.8	Literatura	616
12	Stav půdy	619
	<i>Miloslav Šimek, Jana Macková, Stanislav Malý, Jan Moudrý</i>	
12.1	Výměra půdy	619
12.2	Kvalita půdy a degradace půdy	621
12.3	Stanovení kvality a zdraví půdy	640
12.4	Literatura	646

13 Využití a degradace půdy	649
<i>Miloslav Šimek, Luboš Borůvka, Dana Elhottová, Jakub Houška, Petr Konvalina, Marek Kopecký, Jana Macková, Jan Moudrý, Lenka Pavlů, Eva Semančíková, Pavel Šimek, Ondřej Uhlík</i>	
13.1 Půda jako součást krajiny i sídel	649
13.2 Využití půdy v zemědělství a lesnictví	660
13.3 Zpracování půdy a fyzikální degradace půdy	673
13.4 Výživa a ochrana plodin, polutanty, změny pH a chemická degradace půdy	687
13.5 Biologická degradace půdy	727
13.6 Eroze půdy	734
13.7 Remediací půdy	741
13.8 Alternativní technologie hospodaření	754
13.9 Literatura	764
 Rejstřík	 769
<i>Anna Koubová, Miloslav Šimek</i>	

Kniha *Živá půda* nevznikla najednou a rychle na nějaký jednorázový popud. Autoři v ní zúročili často celožitovní nebo dlouhodobé zkušenosti, které nasbírali při vědecké práci, výuce i popularizačních aktivitách ve svých oborech či specializacích. Určitým způsobem se na knize podílejí i další „autoři“, především naši kolegové a spolupracovníci, kteří sice nejsou jmenovitě uvedeni, ale nezanedbatelným dílem jim alespoň nepřímou a zprostředkovaně autorství též náleží. Vědecká a odborná práce je dnes skutečně týmová, probíhá v dialogu, ve spolupráci vědců s techniky i spolupracovníky z praxe, je umožněna nákladným přístrojovým a laboratorním vybavením, je závislá na složité logistice a managementu, a o to vše se musí někdo postarat. Připomenutí a poděkování i za vytváření inspirativního prostředí zaslouží například prof. Hana Šantrůčková, nedávno zesnulý prof. Klement Rejšek, prof. Jiří Kulhavý, dr. Jaroslav Staňa, dr. Josef Chalupský, ing. Václav Křišťůfek, mnozí naši bývalí i současní studenti a další kolegové a spolupracovníci. Druhou skupinou „autorů“ knihy *Živá půda*, již také nechceme opomenout, jsou naši předchůdci a učitelé. V této souvislosti chci a musím na prvním místě jmenovat profesora Josefa Ruska, nestora naší půdní biologie. Byl to on, kdo před čtyřiceti roky dostal příležitost budovat vědecké pracoviště půdní biologie v rámci vznikajícího vědeckého centra Akademie věd v Českých Budějovicích, pracoviště integrující půdní mikrobiologii, zoologii a vědy o neživé složce půdy. Tento proces vedl ke vzniku Ústavu půdní biologie, momentálně začleněného do Biologického centra AV ČR. Na rozvoji vznikajícího pracoviště a na výchově mladých adeptů vědy se podíleli i další zkušení odborníci, např. prof. Marta Tesařová, dr. Blanka Úlehlová a doc. František Kunc. Podobně zásadním způsobem ovlivnili výchovu pedologů na České zemědělské univerzitě v Praze prof. Jan Němeček, doc. Miloš Valla nebo prof. Josef Kozák, přední odborníci mezinárodního věhlasu. Bez nich a bez mnoha dalších kolegů, jež není možné všechny jmenovat, by nevyrostla současná garnitura odborníků, kteří měli ten smělý nápad sestavit aktuální příručku o půdě a jejích organismech *Živou půdu*. Všichni autoři měli snahu co nejlépe čtenáři přiblížit to hlavní a podstatné ze své specializace a napsat knihu, která půdu výstižně popisuje a přinese impulzy pro její další poznávání, ochranu a citlivé využívání.

Život, a to nejen v půdě, je ovšem dynamický a často nás předbíhá... Již nyní, kdy knihu teprve připravujeme k redakčnímu zpracování a tisku, některé údaje začínají zastarávat. To se týká zejména taxonomie organismů, která zdaleka není ustálená a již jsme se ani příliš nevěnovali, jednak při vědomí změn probíhajících v současnosti v této oblasti, jednak kvůli složitosti tohoto aspektu. Zájemce tedy musí hledat v dalších informačních pramenech a případně sledovat nejnovější vývoj. Samozřejmě jsme se nechtěli dopustit věcných, stylistických ani formálních chyb a udělali jsme vše pro to, aby v knize nebyly. Laskavý čtenář nechť promine, pokud se nám tato snaha zcela nezdařila. Věříme, že i přes všechny nedostatky, které naše dílo má jako každé lidské konání, bude *Živá půda* knihou užitečnou, zajímavou a inspirující.

Tak rozsáhlá kniha, jakou je *Živá půda*, by nemohla vzniknout bez masivní podpory a patřičného finančního zajištění. Děkujeme vedení Akademie věd ČR a zejména předsedkyni prof. Evě Zažímalové i řediteli Nakladatelství Academia Jiřímu Padevětovi za vytvoření potřebných podmínek. Kniha vznikla jako součást projektu Akademie věd s názvem Strategie AV21 při řešení programu Rozmanitost života a zdraví ekosystémů. A konečně, nikoliv méně, děkujeme za technickou spolupráci a logistickou podporu zejména paní Lindě Jíšové (za úmornou a nekonečnou práci při jazykovém a technickém dokončování textů), paní Lence Novotné (za skvělou grafickou spolupráci), paní Petře Královcové a externí redaktorce paní Alexandře Petříkové Karpenkové (za vysoce profesionální a pečlivou redakční práci v Nakladatelství Academia) a všem dalším, kdo se na vzniku a výrobě knihy podíleli.

Miloslav Šimek za kolektiv autorů
(říjen 2018)

Seznam autorů

Vedoucí autorského kolektivu

Miloslav Šimek, prof., Ing., CSc. Biologické centrum AV ČR, v. v. i., Ústav půdní biologie; Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta, katedra biologie ekosystémů. Na Sádkách 7, 370 05 České Budějovice. E-mail: miloslav.simek@bc.cas.cz

Autoři

Luboš Borůvka, prof., Dr., Ing. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, katedra pedologie a ochrany půd. Kamýcká 129, 165 00 Praha-Suchdol. E-mail: boruvka@af.czu.cz

Petr Baldrian, doc., RNDr., Ph.D. Mikrobiologický ústav AV ČR, v. v. i., Laboratoř environmentální mikrobiologie. Vídeňská 1083, 142 20 Praha 4. E-mail: baldrian@biomed.cas.cz

Michala Bryndová, Mgr. Biologické centrum AV ČR, v. v. i., Ústav půdní biologie. Na Sádkách 7, 370 05 České Budějovice. Email: michala.bryndova@seznam.cz

Miloslav Devetter, RNDr., Ph.D. Biologické centrum AV ČR, v. v. i., Ústav půdní biologie; Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta, katedra biologie ekosystémů. Na Sádkách 7, 370 05 České Budějovice. E-mail: devetter@upb.cas.cz

Ondřej Drábek, doc., Ing., Ph.D. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, katedra pedologie a ochrany půd. Kamýcká 129, 165 00 Praha-Suchdol. E-mail: drabek@af.czu.cz

Dana Elhottová, RNDr., Ph.D. Biologické centrum AV ČR, v. v. i., Ústav půdní biologie. Na Sádkách 7, 370 05 České Budějovice. E-mail: danael@bc.cas.cz

Ladislav Háněl, RNDr., CSc. Biologické centrum AV ČR, v. v. i., Ústav půdní biologie. Na Sádkách 7, 370 05 České Budějovice. E-mail: hanel@upb.cas.cz

Jakub Houška, Ing., Ph.D. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, katedra pedologie a ochrany půdy. Kamýcká 129, 165 00 Praha-Suchdol; Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i., Odbor ekologie krajiny. Lidická 25/27, 602 00 Brno. E-mail: jakub.houska@vukoz.cz

Jaroslav Hynšt, Ing., Ph.D. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Hroznová 2, 656 06 Brno. E-mail: jaroslav.hynst@ukzuz.cz

Alica Chroňáková, RNDr., Ph.D. Biologické centrum AV ČR, v. v. i., Ústav půdní biologie. Na Sádkách 7, 370 05 České Budějovice. E-mail: alica.chronakova@bc.cas.cz

SEZNAM AUTORŮ

Veronika Jilková, Mgr., Ph.D. Biologické centrum AV ČR, v. v. i., Ústav půdní biologie. Na Sádkách 7, 370 05 České Budějovice. E-mail: jilkova.veronika@gmail.com

Petr Konvalina, doc., Ing., Ph.D. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, katedra agroekosystémů. Studentská 1668, 370 05 České Budějovice. E-mail: konvalina@zf.jcu.cz

Jan Kopecný, Ing., Ph.D. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i., Oddělení epidemiologie a ekologie mikroorganismů. Drnovská 507, 161 06 Praha 6. E-mail: jkopecny@vurv.cz

Marek Kopecný, Ing. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, katedra agroekosystémů. Studentská 1668, 370 05 České Budějovice. E-mail: kopecm01@zf.jcu.cz

Anna Koubová, RNDr., Ph.D. Biologické centrum AV ČR, v. v. i., Ústav půdní biologie. Na Sádkách 7, 370 05 České Budějovice. E-mail: anna.koubova@upb.cas.cz

Lubomír Kováč, prof., RNDr., CSc. Univerzita P. J. Šafárika v Košiciach, Prírodovedecká fakulta, Ústav biologických a ekologických vied. Šrobárova 2, 041 80 Košice. E-mail: lubomir.kovac@upjs.sk

Martina Kyselková, Dr. Biologické centrum AV ČR, v. v. i., Ústav půdní biologie. Na Sádkách 7, 370 05 České Budějovice. E-mail: martinak@bc.cas.cz

Alena Lukešová, Ing., CSc. Biologické centrum AV ČR, v. v. i., Ústav půdní biologie. Na Sádkách 7, 370 05 České Budějovice. E-mail: alena.lukesova@bc.cas.cz

Jana Macková, RNDr., Ph.D. Biologické centrum AV ČR, v. v. i., Ústav půdní biologie. Na Sádkách 7, 370 05 České Budějovice. E-mail: jana.macek@yahoo.com

Stanislav Malý, Mgr., Ph.D. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Hroznová 2, 656 06 Brno. E-mail: stanislav.maly@ukzuz.cz

Markéta Marečková, RNDr., Ph.D. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i., Oddělení epidemiologie a ekologie mikroorganismů; Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky. Drnovská 507, 161 06 Praha 6. E-mail: sagova@vurv.cz

Jan Moudrý, doc., Ing., Ph.D. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, katedra agroekosystémů. Studentská 1668, 370 05 České Budějovice. E-mail: jmoudry@zf.jcu.cz

Lenka Pavlů, Ing., Ph.D. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, katedra pedologie a ochrany půd. Kamýcká 129, 165 00 Praha-Suchdol. E-mail: pavlu@af.czu.cz

Vít Penížek, doc., Ing., Ph.D. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, katedra pedologie a ochrany půd. Kamýcká 129, 165 00 Praha-Suchdol. E-mail: penizek@af.czu.cz

Václav Pižl, doc., RNDr., CSc. Biologické centrum AV ČR, v. v. i., Ústav půdní biologie. Na Sádkách 7, 370 05 České Budějovice. E-mail: pizl@upb.cas.cz

Eva Semančíková, Ing. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta, katedra biologie ekosystémů. Branišovská 1760, 370 05 České Budějovice. E-mail: evi@jcu.cz

Jiří Schlaghamerský, doc., Dipl.-Biol., Ph.D. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Ústav botaniky a zoologie. Kotlářská 2, 611 37 Brno. E-mail: jiris@sci.muni.cz

Josef Starý, RNDr., CSc. Biologické centrum AV ČR, v. v. i., Ústav půdní biologie. Na Sádkách 7, 370 05 České Budějovice. E-mail: jstary@upb.cas.cz

Pavel Šimek, doc., Ing., Ph.D. Mendelova univerzita v Brně, Zahradnická fakulta, Ústav biotechniky zeleně. Valtická 337, 691 44 Lednice. E-mail: pavel.simek@mendelu.cz; Ateliér FLORART, Rybářská 401, 688 01 Uherský Brod. E-mail: florart@florart.cz

Vladimír Šustr, RNDr., CSc. Biologické centrum AV ČR, v. v. i., Ústav půdní biologie a Výzkumná infrastruktura SoWa. Na Sádkách 7, 370 05 České Budějovice. E-mail: sustr@upb.cas.cz

Karel Tajovský, RNDr., CSc. Biologické centrum AV ČR, v. v. i., Ústav půdní biologie. Na Sádkách 7, 370 05 České Budějovice. E-mail: karel.tajovsky@upb.cas.cz

Václav Tejnecký, RNDr., Ph.D. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, katedra pedologie a ochrany půd. Kamýcká 129, 165 00 Praha-Suchdol. E-mail: tejnecky@af.czu.cz

Emil Tkadlec, prof., MVDr., CSc. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, katedra ekologie a životního prostředí. Šlechtitelů 27, 779 00 Olomouc. E-mail: emil.tkadlec@upol.cz

Ivan Hadrián Tuf, doc., RNDr., Mgr., Ph.D. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, katedra ekologie a životního prostředí. Šlechtitelů 27, 779 00 Olomouc. E-mail: ivan.tuf@upol.cz

Jiří Tůma, Mgr. Biologické centrum AV ČR, v. v. i., Entomologický ústav; Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta, katedra biologie ekosystémů. Branišovská 1160/31, 370 05 České Budějovice. E-mail: jtschranka@gmail.com

Ondřej Uhlík, doc., Ing., Ph.D. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Fakulta potravinářské a biochemické technologie, Ústav biochemie a mikrobiologie. Technická 3, 166 28 Praha 6. E-mail: ondrej.uhlik@vscht.cz

Miroslav Vosátka, doc., RNDr., CSc. Botanický ústav AV ČR, v. v. i., Zámek 1, 252 43 Průhonice. E-mail: miroslav.vosatka@ibot.cas.cz

Tereza Zádorová, RNDr., Ph.D. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, katedra pedologie a ochrany půd. Kamýcká 129, 165 00 Praha-Suchdol. E-mail: zadorova@af.czu.cz