

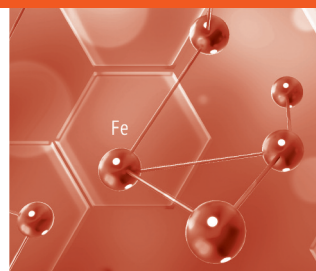
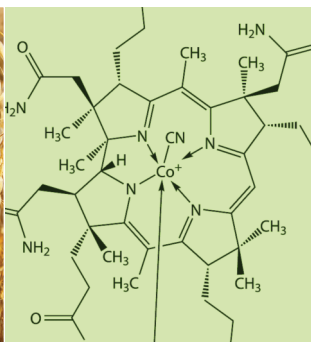
Zywienie zwierząt i paszoznawstwo

tom I

Fizjologiczne i biochemiczne podstawy żywienia zwierząt

NOWE WYDANIE

pod redakcją
Doroty Jamroz



Żywnienie zwierząt i paszoznawstwo

AUTORZY:

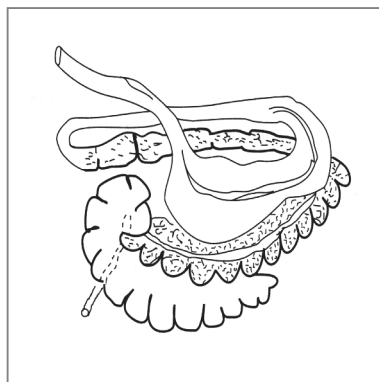
Jan Barteczko, Lucyna Buraczewska, Stanisław Buraczewski,
Andrzej Chwalibóg, Adam Cieślak, Paweł Górka, Dorota Jamroz,
Damian Józefiak, Julian Kamiński, Zygmunt M. Kowalski,
Andrzej Potkański, Ewa Sawosz-Chwalibóg, Stefania Smulikowska,
Małgorzata Szumacher-Strabel, Stanisław Wójcik, Aleksandra Ziółka,
Barbara Zwierko-Pastuszevska

Zywienie zwierząt i paszoznawstwo

tom

I

Fizjologiczne i biochemiczne
podstawy żywienia zwierząt



pod redakcją
Doroty Jamroz

 **PWN**

[Kup książkę](#)

Projekt okładki i stron tytułowych *Przemysław Spiechowski*

Ilustracje na okładce

Timur Kulgarin/Shutterstock

Fotokostic/Shutterstock

Stoom/Shutterstock

Tracey Patterson/Shutterstock

MDOGAN/Shutterstock

Ariene Studio/Shutterstock

Michael G McKinne/Shutterstock

Macrovector/Shutterstock

Ivan Kireiev/Shutterstock

chromatos/Shutterstock

Wydawca *Małgorzata Nawrot*

Redaktor *Krystyna Kruczyńska*

Produkcja *Mariola Grzywacka*

Łamanie *ALINEA*

Wydanie książki zostało dofinansowane przez Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Zakład Doświadczalny Żywienia Zwierząt w Gorzynie

Książka, którą nabyłeś, jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy, abyś przestrzegał praw, jakie im przysługują. Jej zawartość możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym. Ale nie publikuj jej w internecie. Jeśli cytujesz jej fragmenty, nie zmieniaj ich treści i koniecznie zaznacz, czyje to dzieło. A kopiując jej część, rób to jedynie na użytek osobisty.

Szanujmy cudzą własność i prawo

Więcej na www.legalnakultura.pl

Polska Izba Książki

Copyright © by Wydawnictwo Naukowe PWN SA

Warszawa 2001, 2015

ISBN 978-83-01-18227-4 t. 1

ISBN 978-83-01-14279-7 t. 1-3

Wydanie 2 zmienione

Warszawa 2015

Wydawnictwo Naukowe PWN S.A.

02-460 Warszawa, ul. Gottlieba Daimlera 2

infolinia 801 33 33 88

tel. 22 69 54 321; faks 22 69 54 288

e-mail: pwn@pwn.com.pl; www.pwn.pl

Druk i oprawa: Pabianickie Zakłady Graficzne SA

Kup książkę

PRZEDMOWA

Ciągłe, często dynamiczne zmiany szeroko pojętego środowiska — klimatu, zanieczyszczenia wód, powietrza, funkcjonowania kompleksów glebowych, technologii produkcji roślinnej — wpływają nie tylko na wegetację i wartość pokarmową roślin uprawnych stanowiących bazę paszową dla zwierząt użytkowych, ale także na warunki utrzymywania zwierząt. Zmieniają się cele chowu i hodowli zwierząt. Ich doskonalenie genetyczne wymaga także coraz większej precyzji w żywieniu i formułowaniu dawek pokarmowych. W organizmie zwierzęcia odbywa się fenomen przetwarzania roślinnego pokarmu na produkty konsumpcyjne o najwyższej wartości pokarmowej dla człowieka.

Żywnienie jest jednym z najsilniej oddziałujących czynników środowiskowych, jest narzędziem sterowania wzrostem i rozwojem, rozrodem, zdrowiem, składem chemicznym i jakością produktów mleka, mięsa i jaj. Wreszcie koszty żywienia i pasz decydują o ekonomicznych efektach produkcji zwierzęcej.

Trzytomowy kompleksowy podręcznik *Żywnienie zwierząt i paszoznawstwo* opracowany przez specjalistów — pracowników naukowych ośrodków akademickich wyższych uczelni i instytutów naukowych — zawiera informacje dotyczące podstaw fizjologii i biochemii żywienia zwierząt oraz potrzeb pokarmowych różnych gatunków grup użytkowych i wiekowych zwierząt gospodarskich i hobbystycznych. Przedstawiono szczegółowe zasady żywienia zwierząt, a także charakterystykę i wartość pokarmową pasz oraz omówiono dodatki paszowe.

W kolejnym wydaniu podręcznika uwzględniono aktualny stan wiedzy oraz uwarunkowania żywienia zwierząt wynikające z rozwoju nauki, a także z przepisów prawnych obowiązujących w Unii Europejskiej. Autorzy pozostają z nadzieją, że z tej wiedzy skorzystają studenci wydziałów biologii i hodowli zwierząt, bio-

technologii, medycyny weterynaryjnej, wydziałów rolniczych, pracownicy ośrodków doradztwa rolniczego, specjaliści z zakresu produkcji pasz przemysłowych i dodatków paszowych, hodowcy i producenci mięsa, mleka, jaj i ryb. Również dla miłośników zwierząt towarzyszących i dla hobbystów uwzględniono podstawowe informacje dotyczące żywienia ich ulubieńców.

Za wszystkie uwagi i dostrzeżone usterki będziemy wdzięczni.

W imieniu autorów
prof. dr hab. *Dorota Jamroz*

SPIS TREŚCI

PRZEDMOWA	5
1. SKŁADNIKI CHEMICZNE PASZ I ICH ZNACZENIE DLA ORGANIZMU ZWIERZĄT	13
1.1. Woda i jej rola biologiczna	13
• <i>Julian Kamiński</i>	
1.2. Węglowodany (cukrowce)	15
1.2.1. Monosacharydy (cukry proste)	16
1.2.2. Oligosacharydy	18
1.2.3. Polisacharydy	19
1.2.3.1. Polisacharydy skrobiowe	20
1.2.3.2. Polisacharydy nieskrobiowe	21
1.2.3.3. Lignina i inne substancje strukturalne	24
1.3. Tłuszczowce (lipidy)	27
1.3.1. Kwasy tłuszczowe	28
1.3.2. Tłuszcze proste	32
1.3.3. Tłuszcze złożone	34
1.3.4. Pochodne tłuszczowców	35
1.3.5. Wskaźniki charakteryzujące jakość tłuszczu	39
1.4. Białka i inne związki azotowe	40
• Stanisław Buraczewski	
1.4.1. Aminokwasy	41
1.4.1.1. Budowa aminokwasów	41
1.4.1.2. Podział aminokwasów	42
1.4.1.3. Właściwości i reakcje aminokwasów	46

1.4.1.4.	Aminokwasy niezbędne	47
1.4.1.5.	Skład aminokwasowy pasz i dawek	50
1.4.1.6.	Strawność białka pasz i wchłanianie aminokwasów	52
1.4.2.	Peptydy	53
1.4.3.	Białka	54
1.4.3.1.	Klasyfikacja białek	54
1.4.3.2.	Białko pasz	57
1.4.4.	Związki azotowe niebiałkowe	57
1.4.4.1.	Aminokwasy niebiałkowe	58
1.4.4.2.	Kwasy nukleinowe	58
1.4.4.3.	Alkaloidy	59
1.4.4.4.	Glikozydy	60
1.4.4.5.	Glukozynolany	60
1.4.4.6.	Inne związki niebiałkowe	61
1.4.5.	Związki azotowe nieorganiczne	61
1.5.	Składniki mineralne	62
	• <i>Dorota Jamroz</i>	
1.5.1.	Wapń (Ca)	64
1.5.2.	Fosfor (P)	68
1.5.3.	Magnez (Mg)	71
1.5.4.	Potas, chlor, sód	72
1.5.5.	Siarka (S)	74
1.5.6.	Mikroelementy i pierwiastki śladowe	75
1.5.7.	Metale toksyczne	89
1.6.	Witaminy	91
	• <i>Stanisław Wójcik</i>	
1.6.1.	Rodzaje witamin	92
1.6.2.	Struktury chemiczne i cechy fizyczne	92
1.6.3.	Mierniki ilościowe	94
1.6.4.	Działanie witamin w organizmie zwierząt	94
1.6.5.	Ewolucja stosowania witamin	96
1.6.6.	Wrażliwość witamin na czynniki środowiskowe	97
1.6.7.	Nazewnictwo witamin	98
1.6.8.	Witamina A	100
1.6.9.	Kalcyferole — witamina D	103
1.6.10.	Tokoferole — witamina E	105
1.6.11.	Menadion — witamina K	107
1.6.12.	Tiamina — witamina B ₁	108
1.6.13.	Ryboflawina — witamina B ₂	110
1.6.14.	Niacyna — witamina B ₃	111
1.6.15.	Kwas pantotenowy — witamina B ₅	113
1.6.16.	Pirydoksyna — witamina B ₆	114
1.6.17.	Biotyna — witamina H	115
1.6.18.	Kwas foliowy	116

1.6.19. Cyjanokobalamina — witamina B ₁₂	117
1.6.20. Kwas askorbinowy — witamina C	119
1.6.21. Substancje traktowane jako witaminy	120
1.7. Antyżywieniowe i toksyczne składniki pasz	122
• Dorota Jamroz	
2. BUDOWA PRZEWODU POKARMOWEGO ZWIERZĄT GOSPODARSKICH	134
• Julian Kamiński	
2.1. Przewód pokarmowy świni	136
2.2. Przewód pokarmowy konia	142
2.3. Budowa przewodu pokarmowego kury	146
2.4. Budowa przewodu pokarmowego przeżuwaczy	150
3. POBRANIE, TRAWIENIE I WCHŁANIANIE	157
• Zygmunt Maciej Kowalski	157
3.1. Pobranie paszy	157
3.1.1. Regulacja mechaniczna pobrania paszy	160
3.1.2. Regulacja fizjologiczna pobrania paszy	161
3.1.3. Inne czynniki decydujące o pobraniu paszy	164
3.2. Trawienie	166
3.2.1. Enzymy trawienne	168
3.2.2. Trawienie u zwierząt jednożołądkowych	170
3.2.2.1. Trawienie w jamie gębowej	170
3.2.2.2. Trawienie w żołądku	171
3.2.2.3. Trawienie w jelicie cienkim	173
3.2.2.4. Trawienie w jelicie grubym	176
3.2.2.5. Trawienie u drobiu	177
3.3. Wchłanianie	179
3.3.1. Wchłanianie cukrów	180
3.3.2. Wchłanianie białek	180
3.3.3. Wchłanianie tłuszczów	181
3.3.4. Wchłanianie wody, składników mineralnych oraz witamin	182
3.4. Trawienie i wchłanianie składników pokarmowych u przeżuwaczy	183
3.4.1. Trawienie węglowodanów w żwaczu	188
3.4.2. Przemiany składników azotowych w żwaczu	194
3.4.3. Przemiany tłuszczów w żwaczu	202
3.4.4. Trawienie i wchłanianie w jelicie cienkim przeżuwaczy	206
3.5. Metody oznaczania strawności składników pokarmowych	209
3.5.1. Metody <i>in vivo</i>	210
3.5.1.1. Metoda bilansowa, czyli klasyczna	210
3.5.1.2. Metoda wskaźnikowa	212
3.5.1.3. Strawność pozorna i rzeczywista	214
3.5.1.4. Badania strawnościowe u drobiu	215

3.5.2.	Metody woreczków nylonowych	215
3.5.3.	Metody laboratoryjne (metody <i>in vitro</i>)	216
3.5.4.	Szacowanie współczynników strawności na podstawie składu chemicznego paszy (metody matematyczne)	219
3.6.	Czynniki wpływające na strawność składników pokarmowych	221
4.	PRZEMIANA MATERII I ENERGII	228
4.1.	Przemiana węglowodanów	228
	• <u>Stanisław Buraczewski</u> , <u>Lucyna Buraczewska</u>	
4.1.1.	Synteza glukozy	229
4.1.2.	Rozkład glukozy	229
4.1.3.	Cykl kwasów trikarboksylowych	233
4.1.4.	Cykl pentozofosforanowy	236
4.1.5.	Synteza glikogenu i laktozy	237
4.1.6.	Przemiany u przeżuwaczy	239
4.2.	Przemiana tłuszczowców	241
	• <u>Stefania Smulikowska</u>	
4.2.1.	Przemiana lipidów, rozkład, synteza	241
4.2.2.	Niezbędne kwasy tłuszczowe	247
4.2.3.	Dynamika odkładania tłuszczu	249
4.2.4.	Wpływ jakości tłuszczu paszy na jakość i skład odłożonego tłuszczu	251
4.2.5.	Skład tłuszczu mleka	252
4.2.6.	Zakłócenia w przemianie tłuszczów	254
4.2.7.	Tolerancja na tłuszcz	255
4.2.8.	Zapotrzebowanie na tłuszcz	256
4.3.	Przemiana białek	257
	• <u>Lucyna Buraczewska</u> , <u>Stanisław Buraczewski</u>	
4.3.1.	Biosynteza i rozkład aminokwasów	257
4.3.2.	Biosynteza i rozkład białek	263
4.3.3.	Zapotrzebowanie na białko	268
	4.3.3.1. Zapotrzebowanie bytowe	270
	4.3.3.2. Zapotrzebowanie produkcyjne	272
4.3.4.	Bilans azotu	283
	• <u>Barbara Pastuszewska</u>	
4.3.5.	Metody oceny wartości odżywczej (biologicznej) białka	286
4.3.6.	Optymalne profile aminokwasów w diecie dla zwierząt monogastrycznych — „białko idealne”	291
	• <u>Dorota Jamroz</u>	
4.4.	Przemiana energii	299
	• <u>Andrzej Chwalibóg</u> , <u>Ewa Sawosz Chwalibóg</u>	
4.4.1.	Wprowadzenie do bioenergetyki	299
4.4.2.	Procesy kataboliczne	301
	4.4.2.1. Utlenianie węglowodanów	302

4.4.2.2.	Utlenianie tłuszczu	303
4.4.2.3.	Utlenianie białka	305
4.4.3.	Procesy anaboliczne	307
4.4.3.1.	Wydatek energii na syntezę węglowodanów	307
4.4.3.2.	Wydatek energii na syntezę tłuszczu	308
4.4.3.3.	Wydatek energii na syntezę białka	309
4.4.4.	Pomiary przemiany energii	311
4.4.4.1.	Kalorymetryczne metody określania produkcji ciepła	311
4.4.4.2.	Metoda RQ (respiratory quotient — współczynnik oddechowy)	314
4.4.4.3.	Metoda CN (bilans węgla i azotu)	316
4.4.4.4.	Oszacowanie produkcji ciepła metodą podwójnie znakowanej wody	318
4.4.4.5.	Inne metody oznaczania bilansu energii	319
4.4.5.	Podział energii w organizmie	320
5.	PRZEMIANY SKŁADNIKÓW MINERALNYCH	326
	• Dorota Jamroz	
5.1.	Absorpcja i wydalenie, dostępność składników mineralnych	326
5.2.	Tworzenie rezerw i mobilizacja składników mineralnych	330
5.3.	Współzależności między składnikami mineralnymi (synergistyczne i antagonistyczne działanie)	332
5.4.	Metody określania zapotrzebowania zwierząt na składniki mineralne	334
5.5.	Zawartość składników mineralnych w dawkach dla różnych gatunków zwierząt — zapotrzebowanie na makro- i mikroelementy	336
6.	ŻYWIENIOWE METODY OGRANICZANIA SKAŻENIA ŚRODOWISKA NATURALNEGO	340
	• Adam Cieślak, Małgorzata Szumacher-Strabel, Damian Józefiak, Andrzej Potkański	
6.1.	Emisja gazów cieplarnianych	340
6.2.	Emisja azotu i fosforu	344
6.2.1.	Zwierzęta przeżuwające	344
6.2.2.	Zwierzęta nieprzeżuwające	345
7.	SYSTEMY OCENY WARTOŚCI POKARMOWEJ PASZ I ZAPOTRZEBOWANIA ZWIERZĄT	349
7.1.	Historia systemów i mierników wartościowania pasz	349
	• Aleksandra Ziotecka	
7.2.	Systemy oceny wartości pokarmowej pasz i zapotrzebowania u przeżuwaczy	357
	• Zygmunt Maciej Kowalski	
7.2.1.	Systemy oceny wartości energetycznej pasz i zapotrzebowania zwierząt przeżuwających	357
7.2.2.	Wartość energetyczna pasz dla przeżuwaczy według francuskiego systemu INRA	359

7.2.3.	Zapotrzebowanie energetyczne zwierząt przeżuwających	363
7.2.4.	Systemy oceny wartości pokarmowej białka pasz i zapotrzebowania zwierząt przeżuwających	366
7.2.5.	Wartość pokarmowa białka pasz według francuskiego systemu INRA	368
7.2.6.	Zapotrzebowanie zwierząt na BTJ	372
7.2.7.	MetTJ %BTJE i LizTJ %BTJE — dodatkowe jednostki systemu białkowego INRA	374
7.2.8.	System wypełnienia w systemie INRA	376
7.2.8.1.	Wartość wypełnieniowa pasz	376
7.2.9.	Zdolność pobrania paszy	378
7.3.	Systemy wartościowania energii i białka dla świń	380
	• Stanisław Buraczewski	
7.3.1.	Wartość energetyczna pasz dla świń	380
7.3.2.	Wartość białka dla świń	388
7.4.	Określenie zapotrzebowania na energię i białko u koni	390
	• Aleksandra Ziotecka	
7.4.1.	Zapotrzebowanie koni na energię	390
7.4.2.	Zapotrzebowanie koni na białko	392
7.5.	Systemy oceny wartości pokarmowej i zapotrzebowania u drobiu	394
	• Jan Barteczko	
7.6.	Systemy oceny wartości pokarmowej i zapotrzebowania u zwierząt futerkowych	403
7.7.	Systemy oceny wartości pokarmowej i zapotrzebowania u psów i kotów . . .	408
7.8.	Systemy oceny wartości pokarmowej i zapotrzebowania u ryb	413
8.	NUTRIGENOMIKA	417
	• Zygmunt M. Kowalski, Paweł Górka	
8.1.	Definicje	418
8.2.	Nutrigenomika, czyli poszukiwanie diety optymalnej	420
8.3.	Mechanizmy wpływu składników pokarmowych na ekspresję genów	421
8.4.	Narzędzia nutrigenomiki	424
8.5.	Przykład wykorzystania techniki DNA microarray w badaniach nutrigenomicznych na zwierzętach	425
SKOROWIDZ		429