

Madigan • Martinko • Stahl • Clark

BROCK BIOLOGIA DEI MICRORGANISMI

2 Microbiologia ambientale e industriale

Edizione italiana a cura di:

Franco Baldi, Università Ca' Foscari di Venezia

Daniele Daffonchio, Università degli Studi di Milano

Giorgio Gribaudo, Università degli Studi di Torino

© 2012 Pearson Italia, Milano-Torino

*Authorized translation from the English language edition, entitled **BROCK BIOLOGY OF MICROORGANISMS, 13th Edition**, by MICHAEL MADIGAN; JOHN MARTINKO; DAVID STAHL; DAVID CLARK, published by Pearson Education, Inc, publishing as Benjamin Cummings, Copyright © 2012*

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

Italian language edition published by Pearson Italia S.p.A., Copyright © 2012.

Le informazioni contenute in questo libro sono state verificate e documentate con la massima cura possibile. Nessuna responsabilità derivante dal loro utilizzo potrà venire imputata agli Autori, a Pearson Italia S.p.A. o a ogni persona e società coinvolta nella creazione, produzione e distribuzione di questo libro.

Per i passi antologici, per le citazioni, per le riproduzioni grafiche, cartografiche e fotografiche appartenenti alla proprietà di terzi, inseriti in quest'opera, l'editore è a disposizione degli aventi diritto non potuti reperire nonché per eventuali non volute omissioni e/o errori di attribuzione nei riferimenti.

I diritti di riproduzione e di memorizzazione elettronica totale e parziale con qualsiasi mezzo, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, sono riservati per tutti i paesi.

LA FOTOCOPIATURA DEI LIBRI È UN REATO. Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633.

Le riproduzioni effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da AIDRO, corso di Porta Romana n. 108, 20122 Milano, e-mail segreteria@aidro.org e sito web www.aidro.org.

Curatori dell'edizione italiana: Franco Baldi, Daniele Daffonchio, Giorgio Gribaudo
Traduzione: Paola Barbieri (Capitoli 17, 18, 19 e 20), Enrico Casalone (Capitoli 26 e 27),
Mauro Colombo (Capitolo 16), Alessio Mengoni (Capitoli 22, 23 e 24), Brunella Perito (Capitoli 15, 25),
Ivan Vaghi (Capitolo 21)
Realizzazione editoriale: Alberto Portalupi
Progetto grafico di copertina: Achilli Ghizzardi Associati – Milano
Stampa: EcoBook – Rho (MI)

Tutti i marchi citati nel testo sono di proprietà dei loro detentori.

978-88-7192-774-9

Printed in Italy

1^a edizione: settembre 2012

Ristampa
00 01 02 03 04

Anno
12 13 14 15 16

Indice breve



Volume 1

Capitolo 1	Microrganismi e microbiologia	2
Capitolo 2	Breve viaggio nel mondo dei microrganismi	24
Capitolo 3	Struttura e funzioni cellulari in <i>Bacteria</i> e <i>Archaea</i>	48
Capitolo 4	Nutrizione, coltura e metabolismo dei microrganismi	86
Capitolo 5	Crescita microbica	118
Capitolo 6	Biologia molecolare dei <i>Bacteria</i>	152
Capitolo 7	Biologia molecolare degli <i>Archaea</i> e degli <i>Eukarya</i>	194
Capitolo 8	Regolazione dell'espressione genica	213
Capitolo 9	Virus e virologia	240
Capitolo 10	Genetica di <i>Bacteria</i> e <i>Archaea</i>	268
Capitolo 11	Ingegneria genetica	299
Capitolo 12	Biologia della cellula eucariote e microrganismi eucarioti	322
Capitolo 13	Genomica microbica	350
Capitolo 14	Controllo della crescita microbica	378

Volume 2

Capitolo 15	Fototrofia, chemiolitotrofia e principali biosintesi	410
Capitolo 16	Catabolismo dei composti organici	442
Capitolo 17	Cicli dei nutrienti, biodegradazione e biorisanamento	482
Capitolo 18	Metodi per studi di ecologia microbica	504
Capitolo 19	Principali habitat microbici e biodiversità	532
Capitolo 20	Simbiosi microbiche	562
Capitolo 21	Evoluzione e sistematica microbica	598
Capitolo 22	<i>Bacteria</i> : i <i>Proteobacteria</i>	627
Capitolo 23	Altri <i>Bacteria</i>	668
Capitolo 24	<i>Archaea</i>	706
Capitolo 25	Trattamento delle acque reflue, depurazione idrica e malattie microbiche di origine idrica	734
Capitolo 26	Conservazione degli alimenti e malattie microbiche di origine alimentare	752
Capitolo 27	Prodotti commerciali e biotecnologie	776



Volume 3

Capitolo 28	Interazioni uomo-microrganismo	812
Capitolo 29	Diversità virale	840
Capitolo 30	Immunità e difese dell'ospite	870
Capitolo 31	Meccanismi immunitari	892
Capitolo 32	Immunologia molecolare	914
Capitolo 33	Microbiologia e immunologia diagnostica	934
Capitolo 34	Epidemiologia	970
Capitolo 35	Malattie microbiche trasmesse da persona a persona	1002
Capitolo 36	Malattie microbiche trasmesse da vettori e dal suolo	1040



Indice

Autori	xxvii	Energia dall'ossidazione del ferro ferroso	427
Prefazione	xxix	Ossidazione del ferro in condizioni anossiche	427
Ringraziamenti	xxxi	15.10 Nitrificazione	428
		Bioenergetica ed enzimologia della nitrificazione	428
		Altri procarioti nitrificanti	429
		Metabolismo del carbonio ed ecologia dei batteri nitrificanti	429
Capitolo 15		15.11 Anammox	429
Fototrofia, chemiolitotrofia e principali biosintesi	410	Anammoxosoma	430
I Fototrofia	411	Autotrofia nei batteri anammox	430
15.1 Fotosintesi	411	Ecologia dell'anammox	430
15.2 Clorofille e batterioclorofille	412	III Principali biosintesi: autotrofia e fissazione dell'azoto	431
Diversità delle clorofille	412	15.12 Ciclo di Calvin	431
Membrane fotosintetiche e cloroplasti	413	RubisCO e formazione di PGA	431
Centri di reazione e pigmenti antenna	413	Stechiometria del ciclo di Calvin	431
Clorosomi	414	Carbossisomi	431
15.3 Carotenoidi e ficobiline	415	15.13 Altre vie autotrofiche nei fototrofi	433
Carotenoidi	415	Autotrofia nei batteri verdi sulfurei	433
Ficobiliproteine e ficobilisomi	415	Autotrofia in <i>Chloroflexus</i>	433
15.4 Fotosintesi anossigenica	416	15.14 Fissazione dell'azoto e nitrogenasi	433
Centri di reazione fotosintetici	416	Nitrogenasi	434
Flusso fotosintetico di elettroni nei batteri purpurei	416	Flusso di elettroni nella fissazione dell'azoto	435
Fotofosforilazione	417	Nitrogenasi alternative	436
Autotrofia nei batteri purpurei: donatori di elettroni e trasporto inverso di elettroni	419	Saggio della nitrogenasi: riduzione dell'acetilene	437
Fotosintesi in altri fototrofi anossigenici	420	15.15 Genetica e regolazione della fissazione dell'azoto	437
15.5 Fotosintesi ossigenica	421	Genetica della fissazione dell'azoto	437
Flusso di elettroni nella fotosintesi ossigenica	421	Regolazione della sintesi della nitrogenasi	438
Sintesi di ATP nella fotosintesi ossigenica	422	Regolazione dell'attività della nitrogenasi	438
Fotosintesi anossigenica nei fototrofi ossigenici ed evoluzione della fotosintesi	422	<i>Concetti fondamentali</i>	439
II Chemiolitotrofia	422	<i>Domande</i>	440
15.6 Energetica della chemiolitotrofia	423	<i>Problemi</i>	440
Fonti di donatori inorganici di elettroni	423	Capitolo 16	
Energetica della chemiolitotrofia	423	Catabolismo dei composti organici	442
15.7 Ossidazione dell'idrogeno	424	I Fermentazioni	443
Energetica dell'ossidazione di H ₂	424	16.1 Considerazioni energetiche e redox	443
Autotrofia negli idrogeno-batteri	424	Composti ricchi di energia e fosforilazione a livello di substrato	443
15.8 Ossidazione dei composti ridotti dello zolfo	424	Bilancio redox, H ₂ e produzione di acetato	444
Energetica dell'ossidazione dello zolfo	424	16.2 Fermentazioni lattiche e acido-miste	444
Biochimica dell'ossidazione dello zolfo	425	Fermentazione lattica	445
Sistema Sox	426		
Energia dall'ossidazione dello zolfo	426		
15.9 Ossidazione del ferro	426		
Batteri ferro-ossidanti	426		

Via di Entner-Doudoroff	445	Idrocarburi aromatici	468
Fermentazioni acido-miste	445	Ossidazione anossica del metano	469
16.3 Fermentazioni dell'acido propionico e clostridi	447	III Processi chemiorganotrofi aerobici	470
Fermentazione degli zuccheri con la specie <i>Clostridium</i>	447	16.14 Ossigeno molecolare come reagente e ossidazione aerobica degli idrocarburi	470
Fermentazione di aminoacidi con specie di <i>Clostridium</i> e reazione di Stickland	447	Ossigenasi	470
Fermentazione di <i>Clostridium kluyveri</i>	448	Ossidazione aerobica degli idrocarburi	471
Fermentazione dell'acido propionico	448	Idrocarburi aromatici	471
16.4 Fermentazioni che mancano di fosforilazione a livello del substrato	449	16.15 Metilotropia e metanotropia	471
<i>Propionigenium modestum</i>	449	Biochimica dell'ossidazione del metano	471
<i>Oxalobacter formigenes</i>	450	Reazioni e bioenergetica della metanotropia aerobica	472
Lezioni di bioenergetica	450	Assimilazione di C ₁ nel materiale cellulare	472
16.5 Sintrofia	450	16.16 Metabolismo degli zuccheri e dei polisaccaridi	473
Consumo d'idrogeno nelle reazioni sintrofiche	451	Utilizzo di esosi e di polisaccaridi	473
Energetica del trasferimento di H ₂	451	Disaccaridi	475
Energetica della sintrofia	452	Via del pentoso fosfato	475
Ecologia dei batteri sintrofici	452	16.17 Metabolismo degli acidi organici	476
II Respirazione anaerobica	453	Ciclo del glicolato	476
16.6 Respirazione anaerobica: principi generali	453	Piruvato e utilizzo dei C ₃	476
Accettori alternativi di elettroni	453	16.18 Metabolismo dei lipidi	477
Metabolismo assimilativo e dissimilativo	454	Idrolisi dei grassi e dei fosfolipidi	477
16.7 Riduzione del nitrato e denitrificazione	454	Ossidazione degli acidi grassi	478
Biochimica della riduzione dissimilativa del nitrato	454	<i>Concetti fondamentali</i>	479
Altre proprietà dei procariot denitrificanti	455	<i>Domande</i>	480
16.8 Riduzione del solfato e dello zolfo	456	<i>Problemi</i>	480
Riduzione assimilativa e dissimilativa del solfato	456	Capitolo 17	
Biochimica ed energetica della riduzione del solfato	456	Cicli dei nutrienti, biodegradazione e biorisanamento	482
Utilizzazione dell'acetato e autotrofia	457	I Cicli dei nutrienti	483
Disproporzionamento dei composti dello zolfo	458	17.1 Ciclo del carbonio	483
Ossidazione del fosfito	458	Serbatoi di carbonio	483
Riduzione dello zolfo	458	Fotosintesi e decomposizione	484
16.9 Acetogenesi	458	Idrati di metano	484
Organismi e vie metaboliche	459	Bilancio del carbonio e accoppiamento dei cicli dei nutrienti	485
Reazioni della via dell'acetil-CoA	459	17.2 Sintrofia e metanogenesi	485
Conservazione dell'energia nell'acetogenesi	459	Degradazione anaerobica e sintrofia	486
16.10 Metanogenesi	460	Ruolo dei batteri sintrofici	486
Coenzimi trasportatori C ₁ nella metanogenesi	460	Metanogeni simbiotici e acetogeni nelle termiti	487
Coenzimi coinvolti nelle reazioni redox	460	17.3 Ciclo dell'azoto	487
Metanogenesi da CO ₂ + H ₂	460	Fissazione dell'azoto e denitrificazione	488
Metanogenesi a partire dai composti metilici e dall'acetato	462	Ammonificazione e flussi di ammoniaca	488
Autotrofia	462	Nitrificazione e anammox	489
Conservazione dell'energia nella metanogenesi	463	17.4 Ciclo dello zolfo	489
16.11 Riduzione dei protoni	464	Solfuro di idrogeno e riduzione del solfato	489
Protoni come accettori di elettroni	464	Ossidoriduzione dei solfuri e dello zolfo elementare	490
Tasso di crescita ed evoluzione	465	Composti organici dello zolfo	490
16.12 Altri accettori di elettroni	465	17.5 Ciclo del ferro	491
Riduzione dello ione ferrico	465	Riduzione batterica del ferro	491
Riduzione del manganese e di altri substrati inorganici	466	Ossidazione del ferro ferroso e della pirite a pH acido	491
Accettori organici di elettroni	466	PER APPROFONDIRE: Cablaggio microbico	492
Composti alogenati come accettori di elettroni: declorazione riduttiva	466	Drenaggi acidi di miniera	493
16.13 Ossidazione anossica degli idrocarburi connessa alla respirazione anaerobica	467	17.6 Cicli del fosforo, del calcio e del silicio	493
Idrocarburi alifatici	467	Fosforo	494

Calcio	494	T-RFLP e ARISA	517
Silicio	495	Risultati delle analisi filogenetiche mediante PCR	518
II Biodegradazione e biorisanamento (bioremediation)	495	18.6 Microarrays e diversità microbica: i filochip	518
17.7 Biolisciviazione microbica	495	18.7 Genomica ambientale e metodi correlati	519
Processo di lisciviazione	495	Nuove tecnologie metagenomiche	519
Recupero del metallo	496	Alcuni esempi di genomica ambientale	520
Altri processi di lisciviazione microbica: uranio e oro	497	Metatrascrittomica e metaproteomica	520
Biorisanamento di siti contaminati da uranio	497	III Determinazione delle attività microbiche in campioni naturali	521
17.8 Trasformazioni del mercurio	498	18.8 Saggi chimici, metodi radioisotopici e microelettrodi	521
Ciclo globale del mercurio e del metilmercurio	498	Radioisotopi	521
Ossidoriduzioni microbiche nel ciclo del mercurio	498	Microelettrodi	522
Resistenza batterica al mercurio	498	18.9 Isotopi stabili	523
17.9 Biodegradazione del petrolio e biorisanamento	499	Frazionamento isotopico	523
Degradazione degli idrocarburi	499	Uso del frazionamento isotopico in ecologia microbica	524
Degradazione di idrocarburi nei depositi	500	18.10 Associare geni e funzioni a specifici organismi	525
17.10 Biodegradazione di xenobiotici e biorisanamento	500	Analisi di singole cellule mediante SIMS	525
Degradazione di pesticidi	500	Citometria a flusso e analisi multiparametrica	525
Declorurazione	501	Radioisotopi in combinazione con la FISH: FISH-MAR	527
Plastiche	502	SIP (<i>Stable Isotope Probing</i>)	527
Contaminanti emergenti	502	Genomica a livello di singola cellula	528
<i>Concetti fondamentali</i>	503	<i>Concetti fondamentali</i>	529
<i>Domande</i>	503	<i>Domande</i>	530
<i>Problemi</i>	503	<i>Problemi</i>	531
Capitolo 18		Capitolo 19	
Metodi per studi di ecologia microbica	504	Principali habitat microbici e biodiversità	532
I Analisi di comunità microbiche con metodi culturali	505	I Ecologia microbica	533
18.1 Colture di arricchimento	505	19.1 Concetti ecologici generali	533
Inoculi	505	Ecosistemi e habitat	533
Risultati delle colture di arricchimento	505	Diversità di specie negli habitat microbici	533
Colonna di Winogradsky	506	19.2 Funzioni di un ecosistema: biogeochimica e cicli dei nutrienti	534
Limiti delle colture di arricchimento	508	Input di energia in un ecosistema	534
18.2 Isolamento in coltura pura	509	Cicli biogeochimici	535
Inclusione in terreno solido	509	II Ambiente microbico	535
e <i>Most Probable Number</i> (MPN)		19.3 Ambienti e microambienti	535
Criteri di purezza	510	Microorganismi, nicchie e microambienti	535
Isolamento di una singola cellula: micromanipolatore al laser e citometria a flusso	510	Concentrazione dei nutrienti e velocità di crescita	536
II Analisi di comunità microbiche con metodi indipendenti dalla coltivazione	511	Competizione e cooperazione	536
18.3 Metodi generali di colorazione	511	19.4 Colonizzazione di superfici e biofilm	537
Fluorocromi che legano gli acidi nucleici	511	Biofilm	537
Colorazioni per individuare cellule vitali	512	Formazione dei biofilm	538
Anticorpi fluorescenti	512	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> e i biofilm	538
Uso della GFP (<i>Green Fluorescent Protein</i>) come marcatore cellulare e gene reporter	512	Perché i batteri formano biofilm	539
Limiti della microscopia	513	Controllo della formazione di biofilm	510
18.4 Ibridazione in situ con sonde fluorescenti (FISH)	513	19.5 Tappeti microbici (<i>microbial mats</i>)	540
Identificazione filogenetica mediante FISH	514	Tappeti di cianobatteri	540
CARD-FISH	514	Tappeti di chemiolitotrofi	541
18.5 Uso della PCR per l'analisi delle comunità microbiche	515	III Ambienti terrestri	542
PCR e analisi di comunità microbiche	515	19.6 Suoli	542
Separazione di geni simili mediante elettroforesi su gel con gradiente denaturante (DGGE)	516	Composizione e formazione del suolo	542
		Suolo come habitat microbico	543

Panoramica della diversità filogenetica dei procarioti nel suolo	544	20.4	<i>Agrobacterium</i> e la malattia della galla del colletto	571
19.7 Sottosuolo	545		Plasmide Ti	571
Zone profonde del sottosuolo	546		Riconoscimento e trasferimento del T-DNA	571
Velocità di crescita e futuro della microbiologia del sottosuolo	547		Utilizzazione del plasmide Ti in ingegneria genetica	572
IV Ambienti acquatici	547	20.5	Micorrize	572
19.8 Acque dolci	547		Tipi di micorrize	572
Ossigeno nelle acque dolci	547		Micorrize arbuscolari	573
Richiesta biochimica di ossigeno	548		Effetti benefici per la pianta	574
19.9 Acque costiere e oceaniche: microrganismi fototrofi	549	III	Habitat microbici nei mammiferi	574
Produttività primaria: <i>Prochlorococcus</i>	549	20.6	Intestino dei mammiferi	574
Altri fototrofi ossigenici pelagici	550		Substrati vegetali	575
Fototrofi anossigenici aerobi	551		Siti del canale alimentare deputati alla fermentazione	575
19.10 Batteri, archea e virus pelagici	551	20.7	Rumine e ruminanti	575
Distribuzione e attività di archea e batteri nelle acque pelagiche	552		Anatomia e funzione del ruminale	575
<i>Pelagibacter</i>	552		Fermentazione microbica nel ruminale	576
Virus marini	553		Microrganismi del ruminale	577
Panoramica sulla diversità filogenetica dei procarioti marini	553		Variazioni potenzialmente pericolose della microflora del ruminale	578
19.11 Abissi oceanici e sedimenti abissali	554		Variazioni della comunità microbica con effetto protettivo	578
Condizioni ambientali negli abissi	554		Funghi e protisti del ruminale	580
Batteri e archea piezotolleranti e piezofili	555	20.8	“Microbioma” dell’uomo	580
Effetti molecolari di pressioni elevate	555		Importanza per la salute umana	580
Sedimenti abissali	556		Comunità microbica del tratto gastrointestinale umano	580
Una carrellata sulla diversità filogenetica dei procarioti nei sedimenti marini	556		Contributo dei microrganismi intestinali al metabolismo umano	582
19.12 Sistemi idrotermali sottomarini	557		Ruolo della microflora intestinale nell’obesità	582
Tipi di sistemi idrotermali	557		Comunità microbiche del cavo orale	583
Procarioti dei sistemi idrotermali	558		Comunità microbiche della pelle	583
Panoramica sulla diversità filogenetica dei procarioti nei sistemi idrotermali sottomarini	559	IV	Habitat microbici negli insetti	583
<i>Concetti fondamentali</i>	560	20.9	Simbionti ereditabili	583
<i>Domande</i>	561		Tipi di simbionti ereditabili	583
<i>Problemi</i>	561		Importanza funzionale dei simbionti intracellulari obbligati degli insetti	584
Capitolo 20			Riduzione del genoma ed eventi di trasferimento genico	584
Simbiosi microbiche	562		PER APPROFONDIRE: I simbionti microbici delle formi- che coltivatrici di funghi	585
I Simbiosi tra microrganismi	563	20.10	Termiti	586
20.1 Licheni	563		Storia naturale e biochimica delle termiti	586
20.2 “Chlorochromatium aggregatum”	564		Diversità batterica e digestione della lignocellulosa nelle termiti superiori	587
Natura del consorzio	564		Acetogenesi e fissazione dell’azoto nell’intestino delle termiti	588
Filogenesi di un consorzio	565	V	Habitat microbici in invertebrati acquatici	588
II Habitat microbici nelle piante	565	20.11	Seppia bobtail hawaiana	588
20.3 Simbiosi dei noduli radicali delle leguminose	565		Interazione <i>Euprymna-Aliivibrio</i> come modello di simbiosi	589
Leg-emoglobina e gruppi di infezione incrociata	566		Instaurazione della simbiosi	589
Stadi della formazione del nodulo	567		Propagazione della simbiosi	589
Adesione e infezione	567	20.12	Invertebrati marini delle bocche idrotermali e degli sfiatatoi di gas	590
Batteroidi	568		Anellidi e bivalvi giganti	590
Formazione del nodulo: geni, proteine e fattori nod	568		Genomica e simbiosi delle bocche idrotermali	591
Biochimica dell’azoto-fissazione nei noduli	569			
Rizobi che nodulano il fusto	569			
Simbiosi per l’azoto-fissazione con piante non leguminose: <i>Azolla-Anabaena</i> e <i>Alnus-Frankia</i>	570			

20.13 Sanguisughe	591	Analisi di comunità microbiche	614
Parassitismo delle sanguisughe	591	Ribotipizzazione	615
Comunità microbica della sanguisuga	592		
20.14 Coralli costruttori delle barriere	593	III Sistematica microbica	615
Simbiosi fototrofe con animali	593	21.10 Analisi fenotipica:	616
Trasmissione, specificità e vantaggi della simbiosi	594	analisi degli acidi grassi (FAME)	
<i>Symbiodinium</i> -coralli		21.11 Analisi genotipica	616
Sbiancamento dei coralli: rischio di ospitare	594	Ibridazione DNA-DNA	617
un simbionte fototrofo in un mondo		Rapporto GC	618
che sta cambiando		Metodi di DNA profiling	618
<i>Concetti fondamentali</i>	595	Tipizzazione di sequenze multilocus	618
<i>Domande</i>	596	Analisi multigene e dell'intero genoma	619
<i>Problemi</i>	596	21.12 Concetto di specie in microbiologia	620
		Attuale definizione di specie procariotica	620
		Concetti di specie biologica e specie	620
		filogenetica	
		Speciazione nei procarioti	621
		Quante specie microbiche esistono?	622
		21.13 Classificazione e nomenclatura	622
		Taxa dei procarioti e loro nomenclatura	622
		<i>Bergey's Manual</i> e <i>The Prokaryotes</i>	622
		Collezioni di colture	622
		Descrizione di nuove specie	624
		<i>Concetti fondamentali</i>	624
		<i>Domande</i>	625
		<i>Problemi</i>	625
Capitolo 21		Capitolo 22	
Evoluzione e sistematica microbica	598	Bacteria: i Proteobacteria	626
I Terra primordiale:	599	I Filogenesi dei Bacteria	627
origine e diversificazione della vita		22.1 Panoramica sulla filogenesi dei batteri	627
21.1 Origine e sviluppo del pianeta Terra	599	II Proteobacteria fototrofi, chemiolitotrofi e metanotrofi	628
Origine della Terra	599	22.2 Batteri porpora fototrofi	628
Prove di presenza microbica sulla Terra primordiale	599	Batteri porpora sulfurei	629
21.2 Origine della vita cellulare	601	Batteri porpora non sulfurei	630
Ipotesi dell'origine in superficie	601	22.3 Batteri nitrificanti	632
Ipotesi dell'origine sottomarina	601	Ammonio- e nitrito-ossidanti	632
Mondo a RNA e sintesi delle proteine	601	Ecologia, isolamento e coltivazione	633
Membrane lipidiche e vita cellulare	602	22.4 Batteri zolfo- e ferro-ossidanti	633
Forme primitive di metabolismo	602	<i>Thiobacillus</i> e <i>Achromatium</i>	633
21.3 Diversificazione microbica:	603	Coltivazione	633
conseguenze per la biosfera terrestre		<i>Beggiatoa</i>	634
Diversificazione metabolica	604	<i>Thioploca</i> e <i>Thiothrix</i>	634
Arrivo dell'ossigeno: formazioni ferrifere a bande	604	22.5 Batteri idrogeno-ossidanti	635
Nuove forme di metabolismo e formazione	604	Fisiologia ed ecologia degli idrogeno-batteri	636
dello strato di ozono		Ossidazione del monossido di carbonio (CO)	636
21.4 Origine endosimbiotica degli eucarioti	605	22.6 Metanotrofi e metilotrofi	637
Endosimbiosi	605	Metabolismo C ₁	637
Formazione delle cellule eucariotiche	605	Classificazione dei metanotrofi	638
Conseguenze dell'evoluzione sui moderni eucarioti	606	Ecologia e isolamento	638
		Metanotrofi e batteri ammonio-ossidanti	639
II Evoluzione microbica	606	III Proteobacteria chemiorganotrofi aerobi e aerobi facoltativi	640
21.5 Processo evolutivo	606	22.7 Pseudomonas e le pseudomonadi	640
Cambiamenti genomici	606	Caratteristiche delle pseudomonadi	640
Selezione e rapidità evolutiva nei procarioti	607	Pseudomonadi patogeni	640
21.6 Analisi dell'evoluzione: aspetti teorici	608	<i>Zymomonas</i>	641
Geni utilizzati per l'analisi filogenetica	608		
Orologi molecolari	608		
21.7 Analisi dell'evoluzione: metodi di studio	608		
Identificare la sequenza di DNA	609		
Allineamento delle sequenze	610		
Alberi filogenetici	611		
Costruzione dell'albero	611		
21.8 Filogenesi microbica	612		
Interpretazione filogenetica della vita basata	612		
sull'RNA 16S			
<i>Bacteria</i>	613		
<i>Archaea</i>	614		
<i>Eukarya</i>	614		
21.9 Metodiche filogenetiche che si basano	614		
sull'RNA 16S			
Sonde filogenetiche e FISH	614		

22.8 Batteri acetici	642	<i>Sarcina</i>	669
Ecologia e usi industriali	642	Batteri lattici e fermentazioni lattiche	670
22.9 Batteri azoto-fissatori aerobi a vita libera	643	<i>Streptococcus</i> e gli altri cocchi	671
Tassonomia	643	<i>Lactobacillus</i>	671
<i>Azotobacter</i> e le nitrogenasi alternative	644	<i>Listeria</i>	672
22.10 Neisseria, Chromobacterium e simili	644	23.2 Firmicutes che formano endospore	672
22.11 Batteri enterici	645	<i>Bacillus</i> e <i>Paenibacillus</i>	673
Tipologie di fermentazione dei batteri enterici	646	<i>Clostridium</i>	674
Genere <i>Escherichia</i>	646	<i>Sporosarcina</i>	675
<i>Salmonella</i> , <i>Shigella</i> e <i>Proteus</i>	646	Eliobatteri	675
Fermentatori butanediolici: <i>Enterobacter</i> , <i>Klebsiella</i> e <i>Serratia</i>	647	23.3 Mollicutes: i micoplasmi	676
22.12 Vibrio, Aliivibrio e Photobacterium	648	Proprietà dei micoplasmi	676
Bioluminescenza batterica	648	Crescita dei micoplasmi	676
Meccanismo ed ecologia della bioluminescenza	648	<i>Spiroplasma</i>	677
22.13 Rickettsie	649	23.4 Actinobacteria: corineiformi e batteri propionici	677
Metabolismo e patogenesi	649	Batteri corineiformi	677
<i>Wolbachia</i>	650	Batteri propionici	678
IV Proteobacteria con morfologie inusuali	651	23.5 Actinobacteria: Mycobacterium	679
22.14 Spirilli	651	23.6 Actinobacteria filamentosi: Streptomyces e simili	680
<i>Spirillum</i> , <i>Aquaspirillum</i> , <i>Oceanospirillum</i> e <i>Azospirillum</i>	651	<i>Streptomyces</i>	680
Spirilli magnetotattici	652	Ecologia e isolamento degli <i>Streptomyces</i>	680
<i>Bdellovibrio</i>	652	Antibiotici da <i>Streptomyces</i>	683
<i>Ancylobacter</i>	653	II Cyanobacteria e Prochlorophytes	684
22.15 Proteobacteria con guaine: Sphaerotilus e Leptothrix	654	23.7 Cyanobacteria	684
<i>Sphaerotilus</i>	654	Struttura e classificazione dei <i>Cyanobacteria</i>	684
<i>Leptothrix</i>	654	Variazioni strutturali: vescicole gassose ed eterocisti	685
22.16 Batteri gemmanti e prostecati/pedunculati	655	Cianoficina e altre strutture	686
Divisione per gemmazione	655	Fisiologia dei <i>Cyanobacteria</i>	686
Batteri gemmanti: <i>Hyphomicrobium</i>	656	Ecologia e filogenesi dei <i>Cyanobacteria</i>	686
Batteri prostecati e pedunculati	657	23.8 Prochlorophytes	687
<i>Caulobacter</i> e <i>Gallionella</i>	657	<i>Prochloron</i>	687
V Delta- ed Epsilonproteobacteria	659	<i>Prochlorothrix</i> e <i>Prochlorococcus</i>	687
22.12 Mixobatteri	659	III Chlamydia	688
Corpi fruttiferi	659	23.9 Chlamydia	688
Ciclo vitale di un mixobatterio fruttifero	659	Proprietà molecolari e metaboliche	688
22.18 Proteobacteria solfato- e zolfo-riduttori	661	Ciclo vitale di <i>Chlamydia</i>	689
Caratteristiche generali	661	IV Planctomycetes	690
Riduzione dissimilatoria dello zolfo	663	23.10 Planctomyces: un batterio pedunculato filogeneticamente unico	690
Fisiologia dei batteri solfato-riduttori	663	Altre caratteristiche dei <i>Planctomyces</i>	690
Isolamento	664	Compartimentalizzazione nei <i>Planctomycetes</i>	690
22.19 Epsilonproteobacteria	664	V Verrucomicrobia	691
<i>Campylobacter</i> e <i>Helicobacter</i>	664	23.11 Verrucomicrobium e Prosthecobacter	691
<i>Arcobacter</i>	665	VI Flavobacteria e Acidobacteria	692
<i>Sulfurospirillum</i> , <i>Thiovulum</i> e <i>Wolinella</i>	665	23.12 Bacteroides e Flavobacterium	692
<i>Epsilonproteobacteria</i> ambientali	665	23.13 Acidobacteria	692
Concetti fondamentali	666	VII Gruppo Cytophaga	693
Domande	667	23.14 Cytophaga e simili	693
Problemi	667	<i>Cytophaga</i> e <i>Flexibacter</i>	694
Capitolo 23		<i>Rhodothermus</i> e <i>Salinibacter</i>	694
Altri Bacteria	668	VIII Batteri verdi solfurei	694
I Firmicutes, Mollicutes e Actinobacteria	669	23.15 Chlorobium e gli altri batteri verdi solfurei	694
23.1 Firmicutes non sporigeni	669	Pigmenti ed ecologia	695
<i>Staphylococcus</i> e <i>Micrococcus</i>	669	Consorti di batteri verdi solfurei	695

IX Spirochete	696	24.6 Archaeoglobales	718
23.16 Spirochete	696	<i>Archaeoglobus</i>	718
Motilità delle spirochete	696	<i>Ferroglobus</i>	718
<i>Spirochaeta</i> e <i>Cristispira</i>	696	24.7 Nanoarchaeum e Aciduliprofundum	719
<i>Treponema</i> e <i>Borrelia</i>	696	Filogenesi e genomica di <i>Nanoarchaeum equitans</i>	719
<i>Leptonema</i> e <i>Leptonema</i>	698	<i>Aciduliprofundum</i>	720
X Deinococchi	699	III Crenarchaeota	720
23.17 Deinococcus e Thermus	699	24.8 Habitat e metabolismo energetico	720
Resistenza alle radiazioni	699	24.9 Crenarchaeota da habitat vulcanici terrestri	722
di <i>Deinococcus radiodurans</i>		<i>Sulfolobales</i>	722
Riparazione del DNA in <i>Deinococcus radiodurans</i>	700	<i>Thermoproteales</i>	722
XI Batteri verdi non sulfurei: Chloroflexi	700	24.10 Crenarchaeota da habitat vulcanici sottomarini	724
23.23 Chloroflexus e simili	700	<i>Pyrodictium</i> e <i>Pyrolobus</i>	724
Altri batteri fototrofi verdi non sulfurei	700	<i>Desulfurococcus</i> e <i>Ignicoccus</i>	725
<i>Thermomicrobium</i>	701	<i>Staphylothermus</i>	726
XII Batteri ipertermofili	701	24.11 Crenarchaeota da habitat non termali e nitrificazione negli Archaea	726
23.19 Thermotoga e Thermodesulfobacterium	701	IV Evoluzione e vita alle alte temperature	727
23.20 Aquifex, Thermocrinis e simili	702	24.12 Un limite superiore di temperatura per la vita microbica	727
<i>Aquifex</i> e l'autotrofia	702	Qual è il limite di temperatura superiore per la vita?	727
<i>Thermocrinis</i>	702	Problemi biochimici a temperature supercritiche	728
XIII Nitrospira e Deferribacter	703	24.13 Adattamenti molecolari della vita all'alta temperatura	728
23.21 Nitrospira e Deferribacter	703	Ripiegamento molecolare e termostabilità delle proteine	728
<i>Nitrospira</i>	703	Chaperonine: assistono le proteine a rimanere nel loro stato nativo	729
<i>Deferribacter</i> e <i>Geovibrio</i>	703	Stabilità del DNA ad alte temperature: soluti, girasi inversa e proteine leganti il DNA	729
Concetti fondamentali	704	Stabilità dell'RNA ribosomale e dei lipidi	730
Domande	705	24.14 Archaea ipertermofili, H₂, ed evoluzione microbica	730
Problemi	705	Vincoli filogenetici sugli ipertermofili	730
Capitolo 24 Archaea	706	Habitat ipertermofili e H ₂ come fonte di energia	730
I Diversità	707	Concetti fondamentali	731
24.1 Diversità metabolica e filogenetica degli Archaea	707	Domande	732
<i>Crenarchaeota</i>	707	Problemi	732
<i>Euryarchaeota</i>	708	Capitolo 25 Trattamento delle acque reflue, depurazione idrica e malattie microbiche di origine idrica	734
Diversità metabolica degli Archaea	708	I Microbiologia delle acque reflue e depurazione delle acque	735
II Euryarchaeota	708	25.1 Salute pubblica e qualità dell'acqua	735
24.2 Archaea alofili estremi	708	Coliformi e qualità dell'acqua	735
Ambienti ipersalini: chimica e produttività	709	Analisi per coliformi fecali ed <i>Escherichia coli</i>	735
Tassonomia e fisiologia degli archaea alofili estremi	710	Salute pubblica e depurazione dell'acqua potabile	736
Bilancio idrico negli alofili estremi	711	25.2 Trattamento delle acque reflue e dei liquami	737
Componenti citoplasmatiche degli alofili	711	Acque reflue e liquami	737
Batteriorodopsina e sintesi di ATP mediata dalla luce negli alofili	711	Trattamento delle acque reflue e richiesta biochimica di ossigeno	737
Altre rodopsine	712	Trattamento primario delle acque reflue	738
24.3 Archaea metanogeni	712	Trattamento secondario anaerobico delle acque reflue	738
Diversità e fisiologia dei metanogeni	713	Trattamento secondario aerobico delle acque reflue	739
<i>Methanocaldococcus jannaschii</i> come metanogeno modello	715		
24.4 Thermoplasmatales	715		
<i>Archaea</i> privi di parete cellulare	715		
<i>Ferroplasma</i>	716		
<i>Picrophilus</i>	717		
24.5 Thermococcales e Methanopyrus	717		
<i>Thermococcus</i> e <i>Pyrococcus</i>	717		
<i>Methanopyrus</i>	717		

Trattamento terziario delle acque reflue	740		
25.3 Depurazione dell'acqua potabile	740		
Depurazione chimica e fisica	740		
Disinfezione	741		
II Malattie microbiche di origine idrica	742		
25.4 Fonti di infezioni di origine idrica	742		
Acqua potabile	742		
Acqua per uso ricreazionale	743		
Infezioni derivate dall'acqua nei paesi in via di sviluppo	743		
25.5 Colera	743		
Biologia ed epidemiologia	744		
Patogenesi	744		
Diagnosi e prevenzione del colera	745		
Trattamento del colera	745		
25.6 Giardiasi e criptosporidiosi	745		
Giardiasi	745		
Criptosporidiosi	746		
25.7 Legionellosi (malattia del legionario)	747		
Biologia ed epidemiologia	747		
Patogenesi	748		
Diagnosi e trattamento	748		
25.8 Febbre tifoide e altre malattie trasmesse con l'acqua	748		
Febbre tifoide	748		
Virus	748		
Amebiasi	748		
<i>Concetti fondamentali</i>	749		
<i>Domande</i>	750		
<i>Problemi</i>	750		
Capitolo 26			
Conservazione degli alimenti e malattie microbiche di origine alimentare	752		
I Conservazione degli alimenti e crescita microbica	753		
26.1 Crescita microbica e deterioramento degli alimenti	753		
Deterioramento degli alimenti	753		
Crescita dei microrganismi negli alimenti	753		
26.2 Conservazione degli alimenti	754		
Freddo	754		
Conservazione sottaceto e acidità	754		
Essiccamento e disidratazione	754		
Riscaldamento	755		
Lavorazione asettica degli alimenti	756		
Trattamento ad alta pressione	756		
Conservazione chimica	757		
Irradiazione	757		
26.3 Alimenti fermentati e funghi	758		
Prodotti caseari	758		
Prodotti a base di carne	759		
Ortaggi e prodotti vegetali	759		
Salsa di soia	759		
Aceto	759		
Funghi	760		
II Malattie di origine alimentare, campionamento dei microrganismi ed epidemiologia	761		
26.4 Malattie di origine alimentare e campionamento dei microrganismi	761		
Malattie di origine alimentare	761		
Campionamento dei microrganismi	761		
26.5 Epidemiologia delle malattie di origine alimentare	763		
Spinaci ed <i>Escherichia coli</i> O157:H7	763		
Segnalazione delle malattie alimentari	764		
III Intossicazioni alimentari	764		
26.6 Intossicazione alimentare da stafilococchi	764		
Epidemiologia	764		
Enterotossine stafilococciche	764		
Diagnosi, trattamento e prevenzione	765		
26.7 Intossicazione alimentare da clostridi	765		
Intossicazione alimentare da <i>Clostridium perfringens</i>	765		
Diagnosi, trattamento e prevenzione	765		
Botulismo	765		
Diagnosi, trattamento e prevenzione	766		
IV Infezioni alimentari	766		
26.8 Salmonellosi	767		
Epidemiologia e patogenesi	767		
Diagnosi, trattamento e prevenzione	767		
26.9 Ceppi patogeni di <i>Escherichia coli</i>	768		
<i>Escherichia coli</i> produttore di tossina Shiga (STEC)	768		
Altre forme patogene di <i>Escherichia coli</i>	768		
Diagnosi e trattamento	769		
Prevenzione	769		
26.10 <i>Campylobacter</i>	769		
Epidemiologia e patologia	769		
Diagnosi, trattamento e prevenzione	770		
26.11 Listeriosi	770		
Epidemiologia e patologia	770		
Diagnosi, trattamento e prevenzione	770		
26.12 Altre infezioni di origine alimentare	771		
Batteri	771		
Virus	771		
Protozoi	771		
Prioni, BSE e nvCJD	772		
<i>Concetti fondamentali</i>	773		
<i>Domande</i>	773		
<i>Problemi</i>	773		
Capitolo 27			
Prodotti commerciali e biotecnologie	776		
I Mettendo al lavoro i microrganismi	777		
27.1 Prodotti industriali e microrganismi che li formano	777		
27.2 Produzione e scala	777		
Fermentatori e caratteristiche delle fermentazioni su larga scala	778		
Aumento di scala (<i>scale-up</i>) da un fermentatore di laboratorio a uno industriale	779		

II	Farmaci, altri prodotti chimici ed enzimi	780	27.11	Produzione di somatotropina geneticamente ingegnerizzata	797
27.3	Antibiotici: isolamento, resa e purificazione	780	27.12	Altre proteine di mammiferi e altri prodotti	798
	Isolamento di nuovi antibiotici	780	27.13	Vaccini geneticamente ingegnerizzati	799
	Resa e purificazione	782		Vaccini ricombinanti	799
27.4	Produzione industriale di penicilline e tetracicline	782		Vaccini a subunità	800
	Antibiotici β -lattamici: penicillina e molecole correlate	782		Futuro dei vaccini ricombinanti	800
	Produzione di penicilline	783		Vaccini a DNA	800
	Produzione di tetracicline	783	27.14	Estrazione da genomi (<i>genome mining</i>)	800
27.5	Vitamine e aminoacidi	784		Estrazione di geni ambientali	801
	Vitamine	784		Estrazione mirata di geni	801
	Aminoacidi	785	27.15	Ingegnerizzazione delle vie metaboliche	802
27.6	Enzimi come prodotti industriali	785		PER APPROFONDIRE: Biologia sintetica e fotografie prodotte con batteri	803
	Proteasi, amilasi e sciroppo ad alto contenuto di fruttosio	786	V	Eucarioti transgenici	804
	Estremofili: enzimi con una particolare stabilità	787	27.16	Ingegneria genetica di animali	804
	Enzimi immobilizzati	787		Animali transgenici per la produzione di farmaci (<i>pharming</i>)	804
III	Bevande alcoliche e biocarburanti	788		Animali transgenici nella ricerca medica	804
27.7	Vino	788		Miglioramento del bestiame e di altri animali d'interesse alimentare	804
	Varietà di vino	788	27.17	Terapia genica nell'uomo	805
	Produzione di vino	788		Malattie ereditarie umane	805
	Vini rossi e bianchi	788		Problemi tecnici della terapia genica	806
	Fermentazione malolattica	789	27.18	Piante transgeniche in agricoltura	806
27.8	Produzione di birra e distillati	790		Plasmide Ti e piante transgeniche	806
	Produzione di mosto di malto (<i>wort</i>)	780		Resistenza agli erbicidi e agli insetti	807
	Processo di fermentazione	791		Resistenza agli insetti: la tossina Bt	807
	Birrificazione casalinga	791		Altri usi della biotecnologia delle piante	808
	Bevande alcoliche distillate	792		<i>Concetti fondamentali</i>	809
27.9	Biocarburanti	793		<i>Domande</i>	810
	Etanolo come biocarburante	793		<i>Problemi</i>	811
	Biocarburanti dal petrolio	793	Appendice – Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, A-1 seconda edizione		
IV	Prodotti da microrganismi geneticamente ingegnerizzati	794	Glossario	G-1	
27.10	Espressione di geni di mammifero in batteri	794	Crediti	C-1	
	Clonaggio del gene utilizzando mRNA	794	Indice analitico	I-1	
	Trovare il gene attraverso la proteina	795			
	Ripiegamento delle proteine e loro stabilità	796			
	Proteine di fusione per migliorare la purificazione	796			

Prefazione

Gli autori, insieme alla Benjamin Cummings Publishers, sono orgogliosi di presentare la tredicesima edizione di *Biologia dei Microrganismi di Brock (BBOM, Brock, Biology of Microorganism, 13/e)*. Questo libro può a ben ragione essere considerato una pietra miliare tra i testi di microbiologia, per aver fatto conoscere la materia a generazioni di studenti per ben 41 anni, più di ogni altro testo simile. Ma anche se la sua storia copre ben quattro decenni, i suoi obiettivi principali rimangono gli stessi della prima edizione pubblicata nel 1970: (1) presentare i principi della microbiologia in modo chiaro e stimolante, e (2) fornire ai docenti gli strumenti didattici necessari per proporre eccellenti corsi di microbiologia. La tredicesima edizione del *BBOM* assolve questi compiti con sempre maggiore entusiasmo.

Gli autori delle edizioni precedenti, Madigan, Martinko e Clark, hanno accolto con entusiasmo il loro nuovo coautore, **Dave Stahl**, uno dei maggiori **esperti mondiali di ecologia microbica**. Dave ha fornito una nuova e stimolante visione della materia, che ha portato, primo tra i libri di microbiologia, all'introduzione di un intero capitolo dedicato alle simbiosi microbiche. I lettori si accorgeranno sicuramente del livello che la tredicesima edizione ha raggiunto nel campo dell'ecologia e dell'evoluzione, anche se non bisogna dimenticare gli altri argomenti affrontati: i principi base della microbiologia; la biologia molecolare e le basi genetiche della microbiologia; la grande diversità di organismi e di forme di metabolismo; gli aspetti medici e immunologici della microbiologia. Siamo convinti che l'eccellenza dei contenuti e della loro presentazione renderanno questa edizione del *BBOM* il testo di microbiologia più comprensibile ed efficace tra quelli oggi disponibili.

Le novità della tredicesima edizione

Gli insegnanti che hanno usato il *BBOM* in passato riconosceranno nella sua tredicesima edizione il vecchio amico con cui hanno collaborato in precedenza, sia per i contenuti proposti sia per il suo ruolo di strumento pedagogico. Si tratta quindi di un testo accurato, aggiornato e impeccabilmente organizzato, oltre che seducente dal punto di vista grafico. Come parte integrante del testo si possono anche trovare ausili di vario tipo e domande di valutazione. In questa edizione debutta, per esempio, la sezione "Verifica", pensata per testare la comprensione da parte degli studenti dei contenuti appena esposti. È presente inoltre alla fine di ogni capitolo la sezione "Concetti fondamentali", che riassume i contenuti chiave e li confeziona in uno stile di chiaro impatto che riceverà il gradimento degli studenti, soprattutto di quelli

sotto esame. A completare il pacchetto didattico potrete trovare il glossario, due appendici dettagliate e un indice analitico. Ulteriori risorse didattiche si possono trovare anche online.

L'impatto visivo è altrettanto coinvolgente. Il libro è stato allestito in modo che la lettura fosse semplice e appagante, lasciando agli strumenti didattici gli spazi necessari e consentendo agli autori di esprimersi al meglio, soprattutto attraverso una nuova veste grafica. A supporto del testo troverete infatti illustrazioni spettacolari, particolarmente curate e di effetto, che completano e integrano le centinaia di foto presenti nel *BBOM*, molte delle quali sono una novità di questa edizione. D'altra parte i nostri lettori già sanno che l'aspetto grafico è quello che contraddistingue maggiormente il *BBOM* dagli altri testi di microbiologia.

I nostri autori sono però perfettamente consapevoli che l'accumulo di nuovo materiale determina un aumento considerevole della mole di un libro, pertanto la tredicesima edizione è stata sottoposta a una vera e propria dieta. Troverete perciò un libro meno voluminoso della dodicesima edizione nonostante i miglioramenti nei contenuti e nell'aspetto grafico. Gli autori hanno lavorato moltissimo per essere sicuri che ogni parte del libro tenga presente ciò che gli studenti già sanno e cosa hanno bisogno di sapere, avendo ben chiaro il principio che la microbiologia è diventata una delle scienze biologiche più utili e interessanti. Il risultato finale è un testo che tratta la microbiologia in modo efficiente e stimolante, con modalità che saranno sicuramente apprezzate da studenti e insegnanti.

Principali miglioramenti

Capitolo 15

- I due capitoli che trattano la diversità metabolica sono stati rivisti e spostati per poter precedere invece che seguire la trattazione della diversità microbica. Lo scopo è di legare meglio tra loro queste due importanti e spesso collegate aree di studio.
- In questo capitolo troverete nuove e più precise illustrazioni e testi per sottolineare le peculiarità bioenergetiche, con particolare riferimento alla fotoautotrofia e alla chemiolitotrofia.

Capitolo 16

- Nuove illustrazioni, impeccabilmente dettagliate, presentano la biochimica comparata del catabolismo aerobico e anaerobico dei composti organici.

Capitolo 17

- Nuova e rivisitata trattazione dei classici cicli di nutrienti supportata dall'utilizzo di nuove illustrazioni. Vengono trattati i cicli del calcio e del silicio, viene valutato come intervengono nei processi di sequestro della CO₂ e quindi come influenzano il clima.
- L'approfondimento delle tecniche di biodegradazione e di *bioremediation* ci insegna come i naturali processi microbici possono essere sfruttati per il bene dell'umanità.

Capitolo 18

- Questo capitolo si concentra sulle ultime novità metodologiche nel campo dell'ecologia microbica, tra cui la CARD-FISH, l'ARISA, i biosensori, le NanoSIMS, la citometria a flusso e l'amplificazione "*multiple displacement*".
- Si troveranno nuovi ed eccitanti approfondimenti relativi ai metodi per l'analisi funzionale delle singole cellule, tra cui l'analisi genomica della cellula singola e l'analisi degli isotopi stabili, insieme a un'estesa trattazione dei metodi di analisi delle comunità microbiche, tra cui la metagenomica, la metatrascrittomica e la metaproteomica.

Capitolo 19

- Le comparazione dei principali habitat di *Bacteria* e *Archaea* è supportata da nuove spettacolari fotografie e da illustrazioni che riassumono la biodiversità filogenetica e il significato funzionale degli eucarioti in ogni singolo habitat.

Capitolo 20

- Questo nuovo capitolo si concentra interamente sulle simbiosi microbiche, cioè le simbiosi batteri-batteri e le simbiosi tra i batteri e i loro ospiti, sia piante sia mammiferi sia invertebrati. Vengono trattate le simbiosi già note e quelle di nuova scoperta, come le simbiosi che coinvolgono l'apparato digerente umano e il controllo dell'obesità da parte del microbioma, quelle del rumine degli animali importanti da un punto di vista zootecnico, quelle dell'apparato digerente delle termiti e quelle dell'organo luminoso di alcuni cefalopodi. Sono trattate inoltre le simbiosi tra i batteri chemiolitotrofi e gli animali che vivono nei pressi delle sorgenti idrotermali, le principali simbiosi tra batteri e insetti, i licheni importanti in medicina, i coralli delle barriere e altre ancora, il tutto supportato da nuove foto a colori e nuove illustrazioni.
- È possibile imparare come gli insetti abbiano modificato i genomi dei loro endosimbionti batterici.
- Vi racconteremo anche la meravigliosa storia delle formiche del genere *atta* e del loro giardino di funghi.

Capitolo 21

- Maggiori approfondimenti sull'origine della vita e sui processi evolutivisti nei microrganismi.

- La filogenesi microbica basata sullo studio dell'RNA 16S viene comparata con quella ottenuta dall'analisi dei geni multipli e dell'intero genoma.

Capitoli 22-24

- Maggiori approfondimenti relativi alla biodiversità di batteri e archaea, in particolare per le specie che svolgono un ruolo importante per la vita di piante e animali, e in generale per la salute complessiva del pianeta.
- Le spettacolari immagini ottenute al microscopio ottico ed elettronico consentono uno stimolante viaggio attraverso la diversità microbica.

Capitolo 25

- Aggiornamenti sulla microbiologia delle acque, compresi i nuovi metodi per l'identificazione di specifici organismi indicatori.

Capitolo 26

- Questo capitolo tratta dei nuovi metodi per la manipolazione del cibo, come i metodi di preparazione in ambiente asettico e ad alta pressione che possono estendere in modo considerevole la vita e la sicurezza dei cibi e delle bevande deperibili.

Capitolo 27

- Questo capitolo è stato reimpostato in modo da descrivere le problematiche principali della microbiologia industriale, delle biotecnologie e delle nuove ecobiotecnologie microbiche.

Contenuti digitali

Questo titolo è corredato da una cartolina con un codice di registrazione che consente l'accesso ai contenuti digitali. Seguendo le istruzioni contenute nella cartolina potrete accedere a un'area che include materiali da usare in aula e per lo studio individuale:

- le **Panoramiche** dei concetti fondamentali, presi in esame nel capitolo
- numerosi **Tutorial** correlati ad alcuni aspetti di particolare interesse del corso
- le **Animazioni** e i **BioFlix** su argomenti di grande rilevanza nell'ambito della microbiologia
- **Video** con microrganismi ripresi dal vivo
- le **Soluzioni ai problemi e domande** di fine capitolo
- **Domande di ripasso** in formato interattivo, suddivise per ciascun capitolo per la preparazione dell'esame
- le **Flashcard** per lo studio e il ripasso dei concetti chiave in vista dell'esame.