

Sommario

Parte A Struttura e funzioni delle cellule procariote

- Capitolo 1 **Alla scoperta del mondo microbico**
- Capitolo 2 **Struttura e funzioni delle cellule procariote**

Parte B Crescita microbica e metabolismo

- Capitolo 3 **Nutrizione e crescita microbica**
- Capitolo 4 **Metabolismo microbico**
- Capitolo 5 **Energia dalle trasformazioni chimiche: chemiotrofia**
- Capitolo 6 **Energia dalla luce: i procarioti fototrofi**
- Capitolo 7 **Assimilazione e biosintesi**

Parte C Genetica batterica e biologia molecolare

- Capitolo 8 **Genoma dei procarioti**
- Capitolo 9 **Trasmissione dell'informazione genetica**
- Capitolo 10 **Plasticità del genoma batterico: trasferimento genico orizzontale**
- Capitolo 11 **Trascrizione e traduzione**
- Capitolo 12 **Regolazione dell'espressione genica**
- Capitolo 13 **Divisione cellulare e differenziamento**
- Capitolo 14 **Eredità infettiva: i virus**
- Capitolo 15 **Analisi globale delle cellule microbiche**
- Capitolo 16 **Tassonomia, sistematica, filogenesi, evoluzione**

Parte D Interazioni tra microrganismi e con altri organismi

- Capitolo 17 **Interazioni tra batteri: strategie di cooperazione e competizione**
- Capitolo 18 **Interazioni con gli animali: il microbiota**
- Capitolo 19 **Interazioni con gli organismi animali: la patogenesi**
- Capitolo 20 **Meccanismi di difesa dell'ospite: immunità innata**
- Capitolo 21 **Meccanismi di difesa dell'ospite: immunità adattativa**
- Capitolo 22 **Interazioni dei microrganismi con gli organismi vegetali**

Indice

Parte A

Struttura e funzioni delle cellule procariote

A cura di Anna Maria Puglia

1	Alla scoperta del mondo microbico	3
	<i>Gianni Dehò e Enrica Galli</i>	
1.1	IL MONDO DEI MICRORGANISMI	3
	Cellula, organismo vivente, microrganismo	3
	Unità e diversità del mondo vivente	5
	Procarioti-eucarioti, <i>Bacteria-Archaea</i>	5
	Organismi modello e diversità microbica	5
1.2	COME SI COSTRUISCE UNA CELLULA	7
	Materia-energia-informazione	7
	Dalle molecole semplici alle strutture sopramolecolari	7
	Accrescimento e divisione	9
1.3	DALLA MICROBIOLOGIA INCONSAPEVOLE ALLA SCOPERTA DEI MICRORGANISMI	9
	Confutazione della teoria della generazione spontanea	10
	Sviluppo delle tecniche di base per lo studio dei microrganismi	12
1.4	DISTRIBUZIONE DEI MICRORGANISMI NELL'AMBIENTE	13
	Microrganismi come agenti di malattie e come produttori di farmaci antibatterici	14
1.5	MICRORGANISMI E TRASFORMAZIONE DELLA SOSTANZA ORGANICA	15
1.6	SVILUPPO DELLA MICROBIOLOGIA COME SCIENZA DI BASE E APPLICATA	16
	● Scheda 1.1 Alcuni eventi fondativi della microbiologia come scienza	17
1.7	AREE SPECIALISTICHE DELLA MICROBIOLOGIA	18
2	Struttura e funzioni delle cellule procariote	19
	<i>A cura di Anna Maria Puglia</i>	
	LA CELLULA	
2.1	LA CELLULA PROCARIOTA	20
	<i>Paola Quatrini</i>	
	Differenze e similitudini tra cellula procariota e cellula eucariota	20
	Differenze e similitudini tra batteri e archei	21
	Morfologia, dimensioni e organizzazione delle cellule procariote	21
	Morfogenesi delle cellule batteriche	22
	MEMBRANE E PARETI	
2.2	RIVESTIMENTO DELLE CELLULE PROCARIOTE	23
	<i>Alessandra Polissi</i>	


Scheda Web 2.1

 Biosintesi degli antibiotici
 Margherita Sosio

	Membrana plasmatica	24
	Funzioni della membrana plasmatica	28
	● Scheda 2.1 La colorazione di Gram	24
	● Scheda 2.2 Antibiotici che agiscono sulle membrane Stefania Stefani e Margherita Sosio	29
2.3	PARETE BATTERICA	33
	Paola Quatrini	
	Sacculo di mureina	33
	Peptidoglicano	33
	Biosintesi del peptidoglicano e accrescimento della parete mureinica	35
	Biogenesi della parete mureinica	39
	Parete dei batteri Gram positivi	39
	● Scheda 2.3 I batteri Gram positivi (monodermi) Anna Maria Sanangelantoni	40
	● Scheda 2.4 Antibiotici inibitori della sintesi del peptidoglicano Stefania Stefani e Margherita Sosio	42
2.4	PARETE DEI BATTERI GRAM NEGATIVI	50
	Alessandra Polissi	
	Periplasma	50
	Membrana esterna: struttura, composizione e funzioni	51
	Biogenesi della membrana esterna	52
	Trasporto delle proteine integrali della membrana esterna	53
	Trasporto delle lipoproteine	53
	Trasporto del lipopolisaccaride	54
	● Scheda 2.5 I micoplasm: batteri Gram positivi senza parete Anna Maria Sanangelantoni	55
	● Scheda 2.6 Le clamidie: batteri Gram negativi senza parete mureinica Anna Maria Sanangelantoni	56
2.5	ALTRI TIPI DI PARETE NEI BACTERIA	56
	Paola Quatrini	
	● Scheda 2.7 I micobatteri Anna Maria Sanangelantoni	57
	● Scheda 2.8 La colorazione di Ziehl-Neelsen	58
	● Scheda 2.9 Monodermi e didermi Alessandra Polissi	59
2.6	PARETE CELLULARE NEGLI ARCHAEA	58
	Anna Maria Sanangelantoni	
2.7	CAPSULA E ALTRI RIVESTIMENTI ESTERNI	60
	Anna Maria Puglia	
	Strato S	60
	Capsule e polisaccaridi extracellulari	61

 BIOGENESI DEI RIVESTIMENTI BATTERICI E SECREZIONE DI MACROMOLECOLE

Alessandra Polissi

2.8	SISTEMA DI SECREZIONE SEC E SUE DIRAMAZIONI SEC-DIPENDENTI	63
	Indirizzamento delle proteine alla membrana interna	64
	Indirizzamento delle proteine all'ambiente extracellulare	65
2.9	SISTEMI DI SECREZIONE INDIPENDENTI DA SEC	67
	Trasporto attraverso la membrana plasmatica di proteine ripiegate:	
	il sistema Tat	68
	Trasportatori ABC	69
	Sistema di secrezione di tipo III	70
	Sistema di secrezione di tipo IV	72
	Sistema di secrezione di tipo VI	73
	● Scheda 2.10 Le vescicole extracellulari	75

 APPENDICI ESTERNE

Anna Maria Puglia

2.10	FLAGELLI	76
	Struttura del flagello	77
	Movimento dei flagelli	77
	Chemiotassi	78
	Biosintesi del flagello	80

	Endoflagelli delle spirochete	80
	Flagelli degli <i>Archaea</i>	81
2.11	PILI (FIMBRIE)	82
<hr/>		
	PROTOPLASTO	
	<i>Paola Quatrini e Anna Maria Puglia</i>	
2.12	CITOPLASMA	84
	Ribosomi	84
	Nucleoide	85
2.13	CORPI DI INCLUSIONE	85
	Granuli di riserva	85
	Microcompartimenti cellulari	86
	Magnetosomi	87
	Vescicole gassose	87
<hr/>		
	DIFFERENZIAMENTO CELLULARE NEI BATTERI	
	<i>Ezio Ricca</i>	
2.14	ENDOSPORE BATTERICHE	88
	Sporulazione	89
	Struttura della spora	92
	● Scheda 2.11 La colorazione delle spore	89
	● Scheda 2.12 Insetticidi e tossine entomopatogene di <i>Bacillus thuringiensis</i> <i>Anna Maria Sanangelantoni ed Ezio Ricca</i>	93
	● Scheda 2.13 Differenziamento e sviluppo batterico <i>Anna Maria Puglia</i>	95

Parte B

CRESCITA MICROBICA E METABOLISMO

A cura di Anna Maria Sanangelantoni

3	Nutrizione e crescita microbica	99
	<i>Ezio Ricca e Loredana Baccigalupi</i>	
<hr/>		
	PRINCIPI DI NUTRIZIONE MICROBICA	100
3.1	COMPOSIZIONE ELEMENTARE DELLE CELLULE	100
	I sei elementi che costituiscono le macromolecole biologiche	100
3.2	CATEGORIE NUTRIZIONALI	104
	Fattori di crescita: prototrofia e auxotrofia	104
3.3	ASSIMILAZIONE DEI NUTRIENTI: TRASPORTO DI MOLECOLE DALL'AMBIENTE	105
	Trasporto passivo	105
	Trasporto attivo primario e secondario	106
	Trasporto con traslocazione di gruppo	107
	Idrolisi extracellulare di macromolecole e trasporto dei prodotti di degradazione	108
3.4	TERRENI DI COLTURA	109
	Terreni minimi e complessi	109
	Terreni solidi	109
	Uso dei terreni solidi per l'isolamento di colture pure	110
	Terreni arricchiti, selettivi e differenziali	112
<hr/>		
	CRESCITA DELLE POPOLAZIONI MICROBICHE	
3.5	COME SI DETERMINA LA CONCENTRAZIONE DI MICRORGANISMI IN UNA COLTURA	114
	Determinazione della biomassa: peso secco	114
	Misurazione della torbidità di una coltura	114
	Conta totale	115
	Conta vitale	115
3.6	ANALISI DELLA CRESCITA MICROBICA	116
	Descrizione matematica della crescita	116
	Rappresentazione grafica della crescita batterica	118



	Analisi della curva di crescita di una popolazione microbica	118
	Crescita diauxica	120
	Crescita continua: il chemostato	121
	● Scheda 3.1 Descrizione matematica della crescita esponenziale	119
 TestTube	■ Curva di crescita	
	3.7 FATTORI CHE INFLUENZANO LA CRESCITA MICROBICA	122
	Temperatura	122
	pH	123
	Disponibilità di acqua	124
	Disponibilità di ossigeno	125
	Culture microbiche aerobie e anaerobie	127
	Microorganismi “non (ancora) coltivabili”	127
<hr/>		
	CONTROLLO E INIBIZIONE DELLA CRESCITA MICROBICA	
	3.8 METODI FISICI	129
	Calore	129
	Radiazioni	131
	Filtrazione	131
	3.9 METODI CHIMICI	133
<hr/>		
	ANTIBIOTICI	
	3.10 ANTIBIOTICI	134
	<i>Stefania Stefani e Margherita Sosio</i>	
	Effetti degli antibiotici sul microorganismo	134
	Saggi di sensibilità agli antibiotici	138
	Spettro d'azione, tolleranza intrinseca e resistenza acquisita	139
	Meccanismi d'azione dei principali antibiotici	139
	● Scheda 3.2 Il metabolismo secondario: ruolo fisiologico e interesse applicativo	135
	<i>Margherita Sosio</i>	
	● Scheda 3.3 Antibiotici: uso clinico e conseguenze ecologiche	136
	<i>Margherita Sosio</i>	
 Scheda Web 3.1	3.10 ANTIBIOTICI	134
	Vie biosintetiche dei metaboliti secondari	
	<i>Margherita Sosio</i>	
 Scheda Web 3.2		
	Alla ricerca di nuove molecole bioattive da microrganismi	
	<i>Margherita Sosio</i>	
 TestTube		
	■ Antibiogramma	
	■ MIC, minima concentrazione inibente	
	4 Metabolismo microbico	142
	<i>Anna Maria Sanangelantoni</i>	
	4.1 PRINCIPALI FORME DI ENERGIA UTILE NELLE REAZIONI BIOLOGICHE	143
	Energia libera e potenziali di ossidoriduzione	143
	4.2 REAZIONI DI OSSIDORIDUZIONE BIOLOGICA	145
	Potenziali di riduzione	145
	Torre degli elettroni	147
	Trasportatori di elettroni	148
	● Scheda 4.1 Lo stato di ossidazione di un elemento	146
	● Scheda 4.2 Pirofosfato e polifosfati per la produzione di ATP	147
	4.3 ATP E ALTRI COMPOSTI AD ALTA ENERGIA	151
	4.4 SINTESI DI ATP	151
	Fosforilazione a livello del substrato	151
	Fosforilazione a livello di membrana	152
	● Scheda 4.3 Energia libera di Gibbs e calcolo del potenziale elettrico	153
	4.5 ATP SINTASI E SINTESI DI ATP A LIVELLO DI MEMBRANA	155
	5 Energia dalle trasformazioni chimiche: chemiotrofia	156
	<i>Anna Maria Sanangelantoni</i>	
<hr/>		
	ENERGIA DALLA DEGRADAZIONE DI SOSTANZE ORGANICHE: I BATTERI CHEMIORGANOTROFI	
	5.1 METABOLISMO FERMENTATIVO	158
	Degradazione del glucosio ad acido piruvico	158
	Fermentazione lattica	162
	Fermentazione alcolica (lieviti e batteri)	166

	Fermentazione acido mista e 2,3-butandiolica degli enterobatteri	168
	Fermentazione propionica	171
	Fermentazione butirrica e acetone-butanolica dei clostridi e altre fermentazioni	173
	● Scheda 5.1 I batteri lattici	161
	● Scheda 5.2 I bifidobatteri	164
	● Scheda 5.3 <i>Zymomonas</i> e la fermentazione alcolica	167
	● Scheda 5.4 I batteri enterici	169
	● Scheda 5.5 I clostridi	175
	● Scheda 5.6 La fermentazione acetica: un'ossidazione incompleta	177
5.2	METABOLISMO RESPIRATORIO	176
	Respirazione aerobia dei batteri chemioeterotrofi	176
	Respirazione anaerobia dei batteri chemioeterotrofi	180
	● Scheda 5.7 Metanogenesi e acetogenesi	186
5.3	DIVERSITÀ DELLE FONTI ORGANICHE DI ENERGIA	189
	Catabolismo dei carboidrati	189
	Catabolismo dei lipidi	192
	Catabolismo di proteine e aminoacidi	192
	Energia da composti organici a un atomo di carbonio: metilotrofia	193
	Catabolismo degli idrocarburi e dei composti xenobiotici	196
	● Scheda 5.8 I batteri metofili	198
	● Scheda 5.9 <i>Pseudomonadaceae</i> e <i>Pseudomonas</i>	198

ENERGIA DA REAZIONI DI OSSIDAZIONE DI COMPOSTI INORGANICI RIDOTTI

5.4	MICROORGANISMI CHEMIOLITOTROFI	200
	<i> Davide Zannoni e Anna Maria Sanangelantoni</i>	
	Ossidazione dell'idrogeno molecolare: batteri H ₂ -ossidanti	200
	Ossidazione dei composti ridotti dello zolfo: batteri zolfo-ossidanti o solfobatteri	201
	Ossidazione del ferro (Fe ²⁺): batteri ferro-ossidanti	203
	Ossidazione dell'azoto: batteri nitrificanti	204
	Ossidazione anaerobia dell'azoto: batteri "anammox"	205

6 Energia dalla luce: i procarioti fototrofi 207

Davide Zannoni e Anna Maria Sanangelantoni

6.1	LUCE E VITA SULLA TERRA	207
6.2	DIVERSITÀ METABOLICA DEGLI ORGANISMI FOTOTROFI	207
6.3	DIVERSITÀ DEI SISTEMI FOTOSINTETICI	208
6.4	PIGMENTI FOTOSINTETICI E MEMBRANE FOTOSINTETICHE	209
6.5	FOTOTROFIA BASATA SU CLOROFILLA E BATTERIOCLOROFILLA: POMPE PROTONICHE "SECONDARIE"	212
6.6	FOTOSINTESI ANOSSIGENICA	214
	Ciclo fotosintetico "secondario", fotofosforilazione e sintesi di NADH	214
6.7	CIANOBATTERI E FOTOSINTESI OSSIGENICA	214
	Flusso di elettroni nella fotosintesi ossigenica	216
	Sintesi di ATP (flusso ciclico e non ciclico)	216
6.8	BATTERI FOTOSINTETICI	217
	Phylum <i>Cyanobacteria</i> (cianobatteri)	218
	Phylum <i>Proteobacteria</i>	223
	"Clade" dei batteri aerobi che contengono batterioclorofille	224
	Phylum <i>Chlorobi</i> (batteri verdi sulfurei)	224
	Phylum <i>Chloroflexi</i> (batteri verdi non sulfurei)	225
	Phylum <i>Firmicutes</i>	225
6.9	FOTOTROFIA BASATA SULLA BATTERIORODOPSINA: POMPE PROTONICHE "PRIMARIE"	226
	Fototrofia negli <i>Archaea</i>	226
	Rodopsine nei procarioti	226

 **Scheda Web 6.1**
Genetica della fotosintesi anossigenica
e risposta all'ossigeno e alla luce

7	Assimilazione e biosintesi	228
	<i>Anna Maria Sanangelantoni e Davide Zannoni</i>	
7.1	COME I PROCARIOTI SI PROCURANO IL CARBONIO: ETEROTROFIA	229
	Gluconeogenesi	229
7.2	COME I PROCARIOTI SI PROCURANO IL CARBONIO: AUTOTROFIA	229
	Ciclo di Calvin	229
	Ciclo riduttivo del TCA e ciclo dell'idrossipropionato	232
7.3	ASSIMILAZIONE DELL'AZOTO	234
	Assimilazione dell'ammoniaca	234
	Assimilazione del nitrato	235
	Fissazione dell'azoto	236
	● Scheda 7.1 L'azotofissazione	238
7.4	ASSIMILAZIONE DI ZOLFO E FOSFORO	239
	Zolfo	239
	Fosforo	240
7.5	STRATEGIE DELLE VIE BIOSINTETICHE	240
	Biosintesi degli aminoacidi e dei nucleotidi	240
	Sintesi dei lipidi	241
	Biosintesi delle sostanze di riserva del carbonio	243
	● Scheda 7.2 Sulfamidici e analoghi dell'acido folico	242
	<i>Margherita Sosio</i>	

Parte C

GENETICA BATTERICA E BIOLOGIA MOLECOLARE

A cura di Luciano Paolozzi e Gianni Dehò

8	Genoma dei procarioti	247
	<i>Luciano Paolozzi</i>	
8.1	NUCLEOIDE	248
	Struttura fisica del nucleoide	248
	Architettura del cromosoma batterico	251
	● Scheda 8.1 Lo stato topologico del DNA	252
	● Scheda 8.2 Il genoma di <i>Borrelia burgdorferi</i>	255
	● Scheda 8.3 Il repertorio del pool genico, uno specchio che riflette la fisiologia batterica	258
8.2	ELEMENTI GENETICI ACCESSORI	261
	Plasmidi	261
	Elementi genetici trasponibili: sequenze IS e trasposoni	266
	Elementi virali	271
	Integroni	271
	Retroelementi procarioti	272
	Ruolo degli elementi genetici accessori nell'evoluzione batterica	272
	● Scheda 8.4 La scoperta dei plasmidi che conferiscono resistenza ad antibiotici	262
	● Scheda 8.5 Metodi per identificare i plasmidi	263
	● Scheda 8.6 Architetture diverse dei genomi dei procarioti	265
	● Scheda 8.7 Esempi di plasmidi modello	269
	● Scheda 8.8 Un esperimento di trasposizione	270
8.3	MAPPE GENETICHE DEI PROCARIOTI	273
	● Scheda 8.9 La diversificazione dei genomi di <i>Escherichia coli</i> : ruolo degli elementi genetici accessori	274
8.4	GENOMA DEGLI ARCHAEA	274

9	Trasmissione dell'informazione genetica	276
	<i>Luciano Paolozzi</i>	

REPLICAZIONE DEL DNA

9.1	PROTEINE DELLA REPLICAZIONE	279
	● Scheda 9.1 Le DNA polimerasi	282



Scheda Web 8.1

La membrana nucleare del batterio *Gemmata obscuriglobus* e l'origine del nucleo degli eucarioti



Scheda Web 9.1

Pol I, l'enzima Eureka e le altre DNA polimerasi

	Significato biologico della competenza	328
	Competenza artificiale	328
	● Scheda 10.2 La scoperta della trasformazione: un esempio del carattere imprevedibile del percorso scientifico	329
	● Scheda 10.3 La competenza: uno stato fisiologico regolato e transiente delle cellule batteriche	330
10.4	TRASDUZIONE	331
	Trasduzione generalizzata	332
	Trasduzione specializzata	333
10.5	TRASFERIMENTO GENICO ORIZZONTALE IN NATURA	334
	Coniugazione	334
	Trasformazione	334
	Trasduzione	335
	Barriere contro il trasferimento genico orizzontale	335
	Integrazione di DNA estraneo nel genoma batterico	335
	Selezione naturale e destino dei geni trasferiti orizzontalmente	336
	Ruolo del trasferimento genico orizzontale nell'evoluzione	337

11 **Trascrizione e traduzione** 338

Luciano Paolozzi e Marco Bazzicalupo

11.1	TRASCRIZIONE NEI BATTERI	339
	Fasi della trascrizione	340
	RNA polimerasi batterica	344
	Segnali sul DNA che regolano l'inizio della trascrizione	347
	● Scheda 11.1 Associazione dei fattori σ alternativi con l'RNA polimerasi nelle risposte adattative	347
11.2	TRASCRIZIONE NEGLI ARCHAEA	349
	RNA polimerasi e apparato di trascrizione	349
	Regolatori della trascrizione	349
	● Scheda 11.2 Antibiotici inibitori della trascrizione	350
	<i>Stefania Stefani e Margherita Sosio</i>	
11.3	TRADUZIONE NEI BATTERI	351
	Inizio della traduzione	351
	Fase di elongazione	354
	Terminazione della traduzione	354
11.4	TRADUZIONE IN ARCHAEA ED EUCARIOTI	354
	● Scheda 11.3 Antibiotici inibitori della sintesi proteica	355
	<i>Stefania Stefani e Margherita Sosio</i>	

12 **Regolazione dell'espressione genica** 360

Luciano Paolozzi

12.1	ASPETTI GENERALI DELLA REGOLAZIONE GENICA	361
	Come i batteri "sentono" l'ambiente	361
	Sistemi di regolazione delle funzioni cellulari e livelli di regolazione	362
	Elementi del controllo dell'espressione genica	363
12.2	MODELLI DI REGOLAZIONE IN SISTEMI CATABOLICI	363
	Operone <i>lac</i> per l'utilizzazione del lattosio. Modello classico di regolazione negativa e controllo positivo di cAMP-CRP	364
	Regulone maltosio: esempio di regolazione positiva	367
	Operone arabinosio: regolazione positiva e negativa con una sola proteina (e l'aiuto di CRP)	368
	Utilizzazione del galattosio: un regulone complesso	369
	● Scheda 12.1 Il trasporto del lattosio nella cellula: il segnale intracellulare della presenza del lattosio	366
12.3	MODELLI DI REGOLAZIONE IN SISTEMI ANABOLICI: REGOLAZIONE DELLA BIOSINTESI DEGLI AMINOACIDI	372
	Regolazione feedback dell'attività enzimatica	372
	Regolazione della trascrizione di operoni	374
	Regolazione trascrizionale dell'operone <i>trp</i>	375



Scheda Web 12.1

Storia di una teoria scientifica: l'operone *lac*, il "sistema modello" di regolazione genica

	Diversità dei batteriofagi e modelli di studio	428
	Titolazione dei batteriofagi mediante il metodo delle placche	428
 Scheda Web 14.3	14.5 RIPRODUZIONE DEI BATTERIOFAGI	429
	Calcolo dei batteri infettati e molteplicità di infezioni	430
 Scheda Web 14.4	14.6 ANALISI GENETICA DEI FAGI	436
	L'adsorbimento del fago alla cellula ospite	436
 Scheda Web 14.5	14.7 ALCUNI ESEMPI DI BATTERIOFAGI UTILIZZATI COME MODELLO DI STUDIO	437
	Ciclo litico e ciclo lisogeno del batteriofago λ : la scelta tra due destini alternativi	437
 Scheda Web 14.6	Fagi della serie T	439
	Lisare o non lisare? Un problema aperto tra caso, genetica ed epigenetica	440
 Scheda Web 14.7	Fagi a ssDNA filamentosi e isometrici	442
	Il profago-plasmide lineare del batteriofago N15	446
 Scheda Web 14.8	Batteriofagi a RNA	446
	Il batteriofago-trasposone Mu	446
 Scheda Web 14.9	14.8 DIFESE BATTERICHE CONTRO L'INFEZIONE DEI BATTERIOFAGI	446
	Sistemi di antirestrizione, una lotta senza fine	447
	● Scheda 14.2 Modificazione e restrizione del DNA: il riconoscimento del "self" dal "non-self"	447
	● Scheda 14.3 CRISPR-Cas: un sistema adattativo di resistenza ai fagi guidato da piccoli RNA	448
<hr/>		
	VIRUS DEGLI EUCARIOTI	
	<i>Giorgio Gribaudo</i>	
	14.9 VIRUS DEGLI ANIMALI	452
	Modalità di studio dei virus animali	452
	Modelli di infezione	454
	Risposta dell'ospite all'infezione	457
	Modelli di virus animali	459
	● Scheda 14.4 Il virus Ebola e le caratteristiche di una recente epidemia	470
	14.10 VIRUS DEI VEGETALI	475
	Virus del mosaico del tabacco (TMV)	475
	Virus di <i>Chlorella</i>	475
	● Scheda 14.5 Grandi virus a DNA nucleocitoplasmatici (NCLDV): un nuovo enigma o una tappa verso nuove conoscenze?	476
	14.11 AGENTI SUB-VIRALI E PRIONI	477
	Viroidi	477
	Virus satelliti e virusoidi	478
	Elementi genetici mobili	478
	Prioni	478
	14.12 FARMACI ANTIVIRALI	478
	Inibizione dell'adsorbimento e della penetrazione del virus	479
	Inibizione della replicazione del genoma virale	479
	Inibizione dell'assemblaggio virale e della maturazione	480
 Scheda Web 15.1	15 Analisi globale delle cellule microbiche	481
	<i>Marco Bazzicalupo e Alessio Mengoni</i>	
	15.1 GENOMICA	482
	Sequenziamento di genomi procarioti	482
	Annotazione	483
	● Scheda 15.1 Il pangenoma	483
	15.2 METAGENOMICA	484
	15.3 GENOMICA FUNZIONALE	487
	Trascrittomica	487
	Proteomica	488
	● Scheda 15.2 Ibridazione su microgriglie a DNA	488
	● Scheda 15.3 L'esempio di <i>Caulobacter crescentus</i>	490
	15.4 METABOLOMICA E SCREENING AD ALTA PROCESSIVITÀ DI FENOTIPI	490
	15.5 VERSO LA BIOLOGIA DEI SISTEMI	491

16	Tassonomia, sistematica, filogenesi, evoluzione	492
	<i>Anna Maria Sanangelantoni, Giovanna Lucchini, Marco Bazzicalupo</i>	
16.1	TASSONOMIA	493
	Sistemi di classificazione	493
	● Scheda 16.1 Storia della Terra	493
	● Scheda 16.2 Storia della classificazione dei batteri	496
16.2	EVOLUZIONE	495
16.3	FILOGENESI MOLECOLARE DEI MICRORGANISMI	497
	Metodi molecolari	498
	Sequenze usate nella filogenesi molecolare	504
	TGO	509
16.4	GRUPPI TASSONOMICI	512
	<i>Bacteria</i>	512
	<i>Archaea</i>	512
	Microorganismi eucarioti	518

 **Scheda Web 16.1**
Costruire un albero

Parte D

INTERAZIONI TRA MICRORGANISMI E CON ALTRI ORGANISMI

A cura di Maria Lina Bernardini

17	Interazioni tra batteri: strategie di cooperazione e competizione	535
	<i>Paolo Landini</i>	
17.1	COMUNICAZIONE INTERCELLULARE: IL "QUORUM SENSING"	536
	Quorum sensing nei batteri Gram negativi	538
	Ruolo del quorum sensing nell'interazione batteri-organismi eucarioti	542
	Quorum sensing in batteri Gram positivi	543
	Quorum sensing e sua relazione con la produzione di agenti antimicrobici	545
	Altre molecole con funzione di autoinduttori	546
	● Scheda 17.1 Esempi di meccanismi di quorum sensing regolati da omoserin-lattoni: <i>Vibrio fischeri</i> e <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	537
	● Scheda 17.2 Quorum sensing: una dimostrazione del valore intrinseco della ricerca di base	538
17.2	ASSOCIAZIONI MICROBICHE: I BIOFILM	546
	Definizione generale	546
	Formazione del biofilm e sua architettura	547
	Macromolecole e strutture cellulari batteriche coinvolte nella formazione del biofilm	548
	Meccanismi di regolazione genica legati al biofilm	550
	Biofilm microbico nella prospettiva ecologica e nel contesto delle malattie infettive	552
	● Scheda 17.3 Di-GMP ciclico e suo ruolo nella produzione della cellulosa e nella formazione del biofilm	551
17.3	ANTIBIOTICI NELL'INTERAZIONE TRA MICRORGANISMI	554
18	Interazioni con gli animali: il microbiota	557
	<i>Maria Lina Bernardini</i>	
18.1	INTRODUZIONE ALLA MICROFLORA ENDOGENA: GLI ESSERI UMANI NON SONO MICROBIOLOGICAMENTE STERILI	558
18.2	MICROBIOTA DELLA PELLE E DEL NASO	559
18.3	MICROBIOTA DELLA CAVITÀ ORALE E DELL'OROFARINGE	559
	● Scheda 18.1 La placca dentale	561
18.4	MICROBIOTA DELLE VIE RESPIRATORIE	560
18.5	MICROBIOTA DELLE VIE UROGENITALI	562

18.6	MICROBIOTA DEL TRATTO GASTROINTESTINALE	563
	Il colon: un incubatore microbico naturale	564
	● Scheda 18.2 I patobionti, una nuova categoria di microrganismi	566
18.7	“MICROBIOMA”: UN CONCETTO INNOVATIVO CHE SVELA ALCUNE DELLE FUNZIONI DEL MICROBIOTA	565
	● Scheda 18.3 Il rapporto tra la flora batterica e l'obesità	567
	● Scheda 18.4 La microflora e il sistema immunitario: il ruolo negativo dell'igiene eccessiva, ovvero una revisione critica del concetto di igiene	568
18.8	BATTERI “BENEFICI” DEL COLON: INTRODUZIONE AI PROBIOTICI	566
18.9	SIMBIOSI MUTUALISTICHE FRA BATTERI E INSETTI	569

19 Interazioni con gli organismi animali: la patogenesi

Maria Lina Bernardini

19.1	PATOGENICITÀ E VIRULENZA BATTERICA: DUE CONCETTI DA DEFINIRE	572
19.2	BATTERI PATOGENI, POSTULATI DI KOCH E MISURA DELLA VIRULENZA	574
	● Scheda 19.1 <i>Helicobacter pylori</i> e l'epitelio gastrico	575
19.3	IMPORTANZA DEL DNA ALIENO: DAI COMMENSALI AI PATOGENI	576
	● Scheda 19.2 Le forme patogene di <i>Escherichia coli</i>	578
19.4	FENOTIPO DEI BATTERI PATOGENI: FATTORI DI VIRULENZA	580
19.5	FATTORI DI ADESIONE: MEDIATORI DI MOLTI FENOTIPI DI VIRULENZA	582
19.6	INVASIVITÀ, EFFETTORI BATTERICI E INVASINE	584
	Meccanismi molecolari dell'invasività batterica: trigger e zipper	585
19.7	STILI DI VITA DEI BATTERI INVASIVI	586
19.8	REGOLAZIONE GENICA: ARMA SEGRETA DEI BATTERI PATOGENI	589
	● Scheda 19.3 Come <i>Salmonella</i> divenne un batterio patogeno	592
	● Scheda 19.4: Eventi regolativi nella virulenza di <i>Salmonella enterica</i>	593
19.9	TOSSINE: “FRECCE” MOLECOLARI DEI BATTERI PATOGENI	589
	Tossine che agiscono dall'esterno della cellula	591
	Tossine solubili con bersagli intracellulari	596
	Neurotossine	598

20 Meccanismi di difesa dell'ospite: immunità innata

Maria Lina Bernardini

20.1	DIFESE FISICHE CONTRO I PATOGENI	602
	● Scheda 20.1: Le cellule M dell'intestino: il “tallone di Achille” dell'epitelio intestinale	605
20.2	IMMUNITÀ INNATA: UN SISTEMA DI DIFESA ANCESTRALE	606
	PAMP, <i>Pathogen-Associated Molecular Patterns</i> - Strutture batteriche	608
	PRR, <i>Pattern Recognition Receptors</i>	609
	PRR di membrana: i recettori <i>Toll-like</i>	611
	PRR citosolici: le proteine NLR	613
	● Scheda 20.2: Toll vs Imd: le armi molecolari di <i>Drosophila melanogaster</i>	609
	● Scheda 20.3: L'apoptosi o morte cellulare programmata: un suicidio cellulare	610
	● Scheda 20.4: Le malattie infiammatorie dell'intestino e le proteine NLR	615
20.3	CELLULE DEL SISTEMA IMMUNITARIO: LA POPOLAZIONE ETEROGENEA DEI LEUCOCITI	615
20.4	NEUTROFILI, UNA POPOLAZIONE CELLULARE SULLA PRIMA LINEA DI DIFESA	617
20.5	MACROFAGI (FAGOCITI MONONUCLEATI)	620
20.6	CELLULE NATURAL KILLER	620

20.7	SISTEMA DEL COMPLEMENTO	621
20.8	CITOCINE	624
	● Scheda 20.5: Shock settico e reazioni di Schwartzman	625
20.9	CHEMOCHINE	626
20.10	PROCESSO DI “EVASIONE IMMUNE” DEI BATTERI PATOGENI	626
	Difese “strutturali” dei microrganismi	626
	Evasione dalla difesa delle barriere della cellula ospite	626
	“Camuffamento”, strategia per diminuire il riconoscimento da parte del sistema immunitario innato	627
	Cambiamento delle strutture di superficie per imbrogliare il sistema immunitario dell’ospite	628
	Fagosoma: strategia di difesa	629

21 Meccanismi di difesa dell’ospite: immunità adattativa 631

Maria Lina Bernardini

21.1	EFFETTORI DELL’IMMUNITÀ ADATTATIVA: GLI ANTICORPI	632
21.2	TIPOLOGIA DEGLI ANTICORPI E LORO RUOLO	634
21.3	SELEZIONE E SVILUPPO DEGLI ANTICORPI	636
	Organizzazione dei loci genici delle immunoglobuline	637
	● Scheda 21.1 Il sistema immunitario delle mucose	637
21.4	MECCANISMI MOLECOLARI DELLA DIVERSITÀ IMMUNITARIA	638
	Ricombinazione somatica	638
	Altri meccanismi della variabilità anticorpale	639
21.5	LINFOCITI T E RICONOSCIMENTO DEGLI ANTIGENI	641
21.6	ORGANIZZAZIONE DEI LOCI GENICI DEL TcR	642
21.7	SELEZIONE DEI LINFOCITI T	642
21.8	MOLECOLE DEL COMPLESSO MAGGIORE DI ISTOCOMPATIBILITÀ (MHC)	643
	MHC di classe I	644
	MHC di classe I e presentazione degli antigeni	645
	MHC di classe II	645
21.9	CELLULE PRESENTANTI L’ANTIGENE (APC): CELLULE DENDRITICHE	647
	● Scheda 21.2 Le cellule dendritiche e la mucosa intestinale	651
21.10	LINFOCITI T EFFETTORI: LINFOCITI T HELPER E CITOTOSSICI (CTL)	650
21.11	LINFOCITI T HELPER E POLARIZZAZIONE DELLA RISPOSTA	653

22 Interazioni dei microrganismi con gli organismi vegetali 654

Pietro Alfano

22.1	RIZOSFERA E FILLOSFERA	654
	Modificazione della rizosfera da parte di batteri e funghi	655
	Micorrize	656
	Batteri azotofissatori endosimbionti	658
	Rizobi e leguminose	658
	● Scheda 22.1 Altri tipi di micorrize	657
22.2	CICLO DELL’AZOTO NEL SUOLO E NELLA RIZOSFERA: NITRIFICAZIONE E DENITRIFICAZIONE	662
22.3	RICONOSCIMENTO DEI BATTERI PATOGENI E MECCANISMI DI DIFESA DELLE PIANTE	664
	Immunità innata primaria: sistema MAMP-PRR nelle piante	664
	Immunità innata secondaria: geni di resistenza (R) delle piante e di avirulenza (<i>avr</i>) dei batteri	665
	Resistenza sistemica acquisita (SAR) e resistenza sistemica indotta (ISR)	666

22.4	AGROBACTERIUM E INDUZIONE DI TUMORI NELLE PIANTE	668
	Il genere <i>Agrobacterium</i> e le patologie tumorali vegetali indotte dalle specie virulente	668
	Processo di trasformazione tumorale: il plasmide Ti, il T-DNA e le interazioni batterio-pianta	668
22.5	UTILIZZO DEI MICRORGANISMI DELLA RIZOSFERA E DEI LORO PRODOTTI NELLE NUOVE TECNOLOGIE AGRARIE	669
	Crediti fotografici	673
	Indice analitico	674