

Indice generale

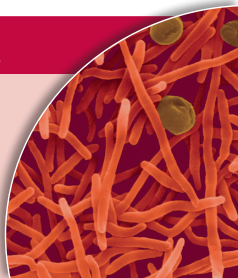
Strumenti di lettura e digitali XX

Prefazioni XXII

Autrici e autori XXV

PARTE A

Struttura e funzioni delle cellule procariote



1 Alla scoperta del mondo microbico 2

di Gianni Dehò ed Enrica Galli

1.1	Il mondo dei microrganismi	3
1.1.1	Cellula, organismo vivente, microrganismo	3
1.1.2	Limiti della crescita e riciclo della materia	4
1.1.3	Unità e diversità del mondo vivente	4
1.1.4	Procarioti-eucarioti, Bacteria-Archaea	5
1.1.5	Organismi modello e diversità microbica	6
1.2	Come si costruisce una cellula	6
1.2.1	Materia-energia-informazione	6
1.2.2	Dalle molecole semplici alle strutture sopramolecolari	7
	• Approvvigionamento di energia	
	• Approvvigionamento di carbonio	
	• Approvvigionamento di azoto	
1.2.3	Accrescimento e divisione	9
1.3	Dalla microbiologia inconsapevole alla scoperta dei microrganismi	9
1.3.1	Confutazione della teoria della generazione spontanea	10
1.3.2	Sviluppo delle tecniche di base per lo studio dei microrganismi	12
1.4	Microrganismi e ambiente	13

1.4.1 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

1.7 **Aree specialistiche della microbiologia** 18

Scheda 1.1 *I postulati di Koch* 15

Scheda 1.2 *Alcune tappe significative nella storia della microbiologia* 17

2 La cellula 19

di Paola Quatrini, Alessandra Polissi, Anna Maria Puglia, Anna Maria Sanangelantoni ed Ezio Ricca

LA CELLULA

2.1	La cellula procariote [di Paola Quatrini]	20
2.1.1	Differenze e similitudini tra cellula procariote e cellula eucariote	20
2.1.2	Differenze e similitudini tra batteri e archei	21
2.1.3	Morfologia, dimensioni e organizzazione delle cellule procariote	21
2.1.4	Morfogenesi delle cellule batteriche	22

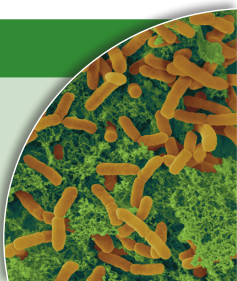
MEMBRANE E PARETI

2.2	Rivestimento delle cellule procariote [di Alessandra Polissi]	23
2.2.1	Membrana plasmatica	25
	• Composizione e struttura della membrana plasmatica nei batteri • Membrana plasmatica negli Archaea	
2.2.2	Funzioni della membrana plasmatica	29
	• Barriera selettiva • Produzione di energia • Trasduzione del segnale • Biosintesi di componenti cellulari	
2.3	Parete batterica [di Paola Quatrini]	34
2.3.1	Sacculo di mureina	34

	2.3.2	Peptidoglicano	36		2.10.5	Endoflagelli delle spirochete	84
	2.3.3	Biosintesi del peptidoglicano e accrescimento della parete mureinica • 1° stadio • 2° stadio • 3° stadio	37		2.10.6	Flagelli degli Archaea	84
	2.3.4	Biogenesi della parete mureinica	48		2.11	Pili (fimbrie)	85
	2.3.5	Parete dei batteri Gram positivi	49		CITOPLASMA E SUOI COMPONENTI		
					[di Paola Quatrini e Anna Maria Puglia]		
2.4		Parete dei batteri Gram negativi [di Alessandra Polissi]	51	2.12	Citoplasma		87
	2.4.1	Periplasma	51		2.12.1	Ribosomi	88
	2.4.2	Membrana esterna: struttura, composizione e funzioni	52		2.12.2	Nucleoide	88
	2.4.3	Biogenesi della membrana esterna	54	2.13	Corpi di inclusione		88
	2.4.4	Trasporto delle proteine integrali della membrana esterna	54		2.13.1	Granuli di riserva	88
	2.4.5	Trasporto delle lipoproteine	55		2.13.2	Microcomparti cellulari	89
	2.4.6	Trasporto del lipopolisaccaride	56		2.13.3	Magnetosomi	90
					2.13.4	Vescicole gassose	90
2.5		Altri tipi di parete nei Bacteria [di Paola Quatrini]	57		DIFFERENZIAMENTO CELLULARE NEI BATTERI		
2.6		Parete cellulare negli Archaea [di Anna Maria Sanangelantoni]	62				
2.7		Capsula e altri rivestimenti esterni [di Anna Maria Puglia]	63	2.14	Endospore batteriche		91
	2.7.1	Strato S	63		2.14.1	Sporulazione	94
	2.7.2	Capsule e polisaccaridi extracellulari	64			• Induzione della sporulazione • Formazione del setto di divisione asimmetrico • Inglobamento della prespora • Formazione della corteccia • Formazione del rivestimento esterno • Maturazione e rilascio della spora • Germinazione	
					2.14.2	Struttura della spora	97
BIOGENESI DEI RIVESTIMENTI BATTERICI E SECREZIONE DI MACROMOLECOLE					Scheda 2.1	La colorazione di Gram	24
[di Alessandra Polissi]					Scheda 2.2	Monodermi e didermi	25
2.8		Sistema di secrezione Sec e sue diramazioni Sec-dipendenti	66		Scheda 2.3	Antibiotici che agiscono sulle membrane [di Stefania Stefani e Margherita Sosio]	30
	2.8.1	Indirizzamento delle proteine alla membrana interna	67		Scheda 2.4	Antibiotici inibitori della sintesi del peptidoglicano [di Stefania Stefani e Margherita Sosio]	40
	2.8.2	Indirizzamento delle proteine all'ambiente extracellulare • Sistema di secrezione di tipo II • Sistema di secrezione a due partner • Sistema dell'autotrasporto (sistema di secrezione di tipo V) • Secrezione attraverso la via chaperon/uscire	68		Scheda 2.5	I batteri Gram positivi (monodermi) [di Anna Maria Sanangelantoni]	50
2.9		Sistemi di secrezione indipendenti da Sec	71		Scheda 2.6	I micobatteri [di Anna Maria Sanangelantoni]	57
	2.9.1	Trasporto attraverso la membrana plasmatica di proteine ripiegate: il sistema Tat	71		Scheda 2.7	La colorazione di Ziehl-Neelsen (acido-resistenza)	59
	2.9.2	Transportatori ABC	71		Scheda 2.8	Antibiotici antimicobatterici per il trattamento della tubercolosi [di Margherita Sosio]	59
	2.9.3	Sistema di secrezione di tipo III	73		Scheda 2.9	I micoplasm: batteri Gram positivi senza parete [di Anna Maria Sanangelantoni]	61
	2.9.4	Sistema di secrezione di tipo IV	75		Scheda 2.10	Le clamidie: batteri Gram negativi senza parete mureinica [di Anna Maria Sanangelantoni]	62
	2.9.5	Sistema di secrezione di tipo VI	76		Scheda 2.11	Le vescicole extracellulari	78
APPENDICI ESTERNE [di Anna Maria Puglia]					Scheda 2.12	Differenziamento e sviluppo batterico	92
2.10		Flagelli	79		Scheda 2.13	La colorazione delle spore (metodo di Schaeffer-Fulton o verde malachite)	94
	2.10.1	Struttura del flagello	80		Scheda 2.14	Insetticidi e tossine entomopatogene di Bacillus thuringiensis [di Anna Maria Sanangelantoni ed Ezio Ricca]	97
	2.10.2	Movimento dei flagelli	80				
	2.10.3	Chemiotassi	81				
	2.10.4	Biosintesi del flagello	83				

PARTE B

Crescita microbica e metabolismo



3 Nutrizione e crescita microbica 100

di Ezio Ricca, Loredana Baccigalupi, Stefania Stefani e Margherita Sosio

PRINCIPI DI NUTRIZIONE MICROBICA

[di Ezio Ricca e Loredana Baccigalupi]

3.1	Composizione elementare delle cellule	101
3.1.1	I sei elementi che costituiscono le macromolecole biologiche	101
	• Carbonio • Ossigeno e idrogeno • Azoto • Fosforo • Zolfo • Selenio • Altri elementi	
3.2	Categorie nutrizionali	105
3.2.1	Fattori di crescita: prototrofia e auxotrofia	106
3.3	Assimilazione dei nutrienti: trasporto di molecole dall'ambiente	106
3.3.1	Trasporto passivo	107
3.3.2	Trasporto attivo primario e secondario	108
3.3.3	Trasporto con traslocazione di gruppo	109
3.3.4	Idrolisi extracellulare di macromolecole e trasporto dei prodotti di degradazione	110
3.4	Terreni di coltura	110
3.4.1	Terreni minimi e complessi	110
3.4.2	Terreni solidi	111
3.4.3	Uso dei terreni solidi per l'isolamento di colture pure	112
3.4.4	Terreni arricchiti, selettivi e differenziali	114

CRESCITA DELLE POPOLAZIONI MICROBICHE

3.5	Come si determina la concentrazione di microrganismi in una coltura	116
3.5.1	Determinazione della biomassa: peso secco	116
3.5.2	Misurazione della torbidità di una coltura	116
3.5.3	Conta totale	117
3.5.4	Conta vitale	117
3.6	Analisi della crescita microbica	119
3.6.1	Descrizione matematica della crescita per divisione binaria	119
3.6.2	Rappresentazione grafica della crescita batterica	120

3.6.3	Analisi della curva di crescita di una popolazione microbica	120
	• Fase di latenza • Fase di crescita esponenziale • Fase stazionaria • Fase di morte	
3.6.4	Crescita diauxica	122
3.6.5	Crescita continua: il chemostato	123

3.7	Fattori che influenzano la crescita microbica	124
3.7.1	Temperatura	124
3.7.2	pH	126
3.7.3	Disponibilità di acqua	126
	• Alofilia e alotolleranza	
3.7.4	Disponibilità di ossigeno	128
3.7.5	Culture microbiche aerobie e anaerobie	129
3.7.6	Microrganismi "non (ancora) coltivabili"	130

CONTROLLO E INIBIZIONE DELLA CRESCITA MICROBICA [di Ezio Ricca e Loredana Baccigalupi]

3.8	Metodi fisici	131
3.8.1	Calore	131
3.8.2	Radiazioni	133
3.8.3	Filtrazione	133
3.9	Metodi chimici	134

ANTIBIOTICI [di Stefania Stefani e Margherita Sosio]

3.10	Antibiotici	136
3.10.1	Effetti degli antibiotici sul microrganismo	136
3.10.2	Saggi di sensibilità agli antibiotici	138
	• Metodo di diffusione in agar • Metodo delle diluizioni in brodo: stima della MIC	
3.10.3	Spettro d'azione, tolleranza intrinseca e resistenza acquisita	139
3.10.4	Meccanismi d'azione dei principali antibiotici	139
Scheda 3.1	Descrizione matematica della crescita esponenziale	121
Scheda 3.2	Il metabolismo secondario: ruolo fisiologico e interesse applicativo	137
Scheda 3.3	Antibiotici: uso clinico e conseguenze ecologiche	142

Scheda Web 3.1 Vie biosintetiche dei metaboliti secondari

Scheda Web 3.2 Alla ricerca di nuove molecole bioattive da microrganismi

4 Metabolismo microbico 144

di Anna Maria Sanangelantoni e Davide Zannoni

4.1	Principali forme di energia utile nelle reazioni biologiche	145
4.1.1	Energia libera e potenziali di ossidoriduzione	145

4.2	Reazioni di ossidoriduzione biologica	147
4.2.1	Potenziali di riduzione	147
4.2.2	Scala dei potenziali redox	149
4.2.3	Trasportatori di elettroni	149
4.3	ATP e altri composti ad alta energia	152
4.4	Sintesi di ATP	152
4.4.1	Fosforilazione a livello del substrato	152
4.4.2	Fosforilazione a livello di membrana	153
	• Catena di trasporto di elettroni dei batteri chemioeterotrofi	
	• Catena di trasporto di elettroni nella fotofosforilazione	
4.5	ATP sintasi e sintesi di ATP a livello di membrana	156

Scheda Web 4.1 Lo stato di ossidazione di un elemento

Scheda Web 4.2 Energia libera di Gibbs e calcolo del potenziale elettrico

Scheda Web 4.3 Pirofosfati e polifosfati per la produzione di ATP

5 Energia dalle trasformazioni chimiche: chemiotrofia 157

di Anna Maria Sanangelantoni e Davide Zannoni

ENERGIA DALLA DEGRADAZIONE DI SOSTANZE ORGANICHE: I BATTERI CHEMIORGANOTROFI

5.1	Metabolismo fermentativo	159
5.1.1	Degradazione del glucosio ad acido piruvico	160
	• Glicolisi • Via di Entner-Doudoroff	
	• Ossidazione del glucosio attraverso la via del pentoso fosfato • Riossidazione del NADH e riduzione del piruvato	
5.1.2	Fermentazione lattica	162
	• Fermentazione omolattica	
	• Fermentazione eterolattica	
	• Fermentazione dei bifidobatteri	
5.1.3	Fermentazione alcolica (lieviti e batteri)	167
5.1.4	Fermentazione acido-mista e 2,3-butandiolica degli enterobatteri	169
5.1.5	Fermentazione propionica	173
5.1.6	Fermentazione butirrica e acetonebutanolica dei clostridi e altre fermentazioni	173
	• Fermentazione omoacetica dei clostridi	
	• Fermentazione degli amminoacidi	
5.2	Metabolismo respiratorio	178
5.2.1	Respirazione aerobia dei batteri chemioeterotrofi	178
	• Ciclo degli acidi tricarbossilici	
	• Vie anaplerotiche	

5.2.2	Respirazione anaerobia dei batteri chemioeterotrofi	180
	• Nitrato come accettore finale di elettroni	
	• Solfato come accettore finale di elettroni (riduzione dissimilativa del solfato) • Fe^{3+} e altri possibili accettori di elettroni organici e inorganici • Metanogenesi e acetogenesi	
5.3	Diversità delle fonti organiche di energia	185
5.3.1	Catabolismo dei carboidrati	189
5.3.2	Catabolismo dei lipidi	190
5.3.3	Catabolismo di proteine e amminoacidi	190
5.3.4	Energia da composti organici a un atomo di carbonio: metilotrofia	191
5.3.5	Catabolismo degli idrocarburi e dei composti xenobiotici	196

ENERGIA DA REAZIONI DI OSSIDAZIONE DI COMPOSTI INORGANICI

5.4	Microrganismi chemiolitotrofi	199
5.4.1	Ossidazione dell'idrogeno molecolare: batteri H_2 -ossidanti	199
5.4.2	Ossidazione dei composti ridotti dello zolfo: batteri zolfo-ossidanti o solfobatteri	200
5.4.3	Ossidazione del ferro (Fe^{2+}): batteri ferro-ossidanti	202
5.4.4	Ossidazione dell'azoto: batteri nitrificanti	203
5.4.5	Batteri "comammox": <i>Nitrospira inopinata</i> , un chemiolitoautotrofo che ossida l'ammonio a nitrato	204
5.4.6	Ossidazione anaerobia dell'azoto: batteri "anammox"	205
Scheda 5.1	<i>I batteri lattici</i>	164
Scheda 5.2	<i>I bifidobatteri</i>	165
Scheda 5.3	<i>Zymomonas e la fermentazione alcolica</i>	169
Scheda 5.4	<i>I batteri enterici</i>	170
Scheda 5.5	<i>I clostridi</i>	176
Scheda 5.6	<i>La fermentazione acetica: un'ossidazione incompleta</i>	176
Scheda 5.7	<i>Metanogenesi e acetogenesi</i>	186
Scheda 5.8	<i>I batteri metofili</i>	193
Scheda 5.9	<i>Pseudomonadaceae e Pseudomonas</i>	197

6 Energia dalla luce: procarioti fototrofi 207

di Davide Zannoni e Anna Maria Sanangelantoni

6.1	Luce e vita sulla Terra	207
6.2	Diversità metabolica degli organismi fototrofi	208
6.3	Diversità dei sistemi fotosintetici	209



6.4	Pigmenti fotosintetici e membrane fotosintetiche	210
6.5	Fototrofia basata su clorofilla e batterioclorofilla: pompe protoniche secondarie	212
6.6	Fotosintesi anossigenica	214
6.6.1	Ciclo fotosintetico secondario, fotofosforilazione e sintesi di NADH	214
6.7	Cianobatteri e fotosintesi ossigenica	216
6.7.1	Flusso di elettroni nella fotosintesi ossigenica	216
6.7.2	Sintesi di ATP (flusso ciclico e non ciclico)	217
6.8	Aspetti tassonomici e fisiologici dei batteri fotosintetici	218
6.8.1	Phylum Cyanobacteriota (cianobatteri) • Strutture cellulari e differenziamento • Fisiologia e metabolismo • Ecologia dei cianobatteri	218
6.8.2	Phylum Pseudomonadota	223
6.8.3	Clado dei batteri aerobi che contengono batterioclorofille	225
6.8.4	Phylum Chlorobiota (batteri verdi sulfurei)	225
6.8.5	Phylum Chloroflexota (batteri verdi non sulfurei)	226
6.8.6	Phylum Bacillota	226
6.8.7	Phylum Acidobacteriota	226
6.8.8	Phylum Gemmatimonadota	227
6.9	Fototrofia basata sulla batteriorodopsina: pompe protoniche primarie	227
6.9.1	Fototrofia negli archei	227
6.9.2	Rodopsine nei procarioti	227
6.10	Microrganismi con doppia fototrofia: coesistenza di RC-BR e RC-Bchl	228

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

7 Assimilazione, biosintesi e cicli biogeochimici degli elementi 230

di Anna Maria Sanangelantoni e Davide Zannoni

7.1	Come i procarioti si procurano il carbonio: eterotrofia	232
7.1.1	Gluconeogenesi	232
7.2	Come i procarioti si procurano il carbonio: autotrofia	232
7.2.1	Ciclo di Calvin	233
7.2.2	Ciclo riduttivo del TCA e ciclo dell'idrossipropionato	235

7.3	Assimilazione dell'azoto	236
7.3.1	Assimilazione dell'ammoniaca	236
7.3.2	Assimilazione del nitrato	238
7.3.3	Fissazione dell'azoto	238
7.4	Assimilazione di zolfo, fosforo e ferro	241
7.4.1	Zolfo	241
7.4.2	Fosforo	242
7.4.3	Ferro	242
7.5	Strategie delle vie biosintetiche	243
7.5.1	Biosintesi degli amminoacidi e dei nucleotidi	243
7.5.2	Sintesi dei lipidi	245
7.5.3	Biosintesi delle sostanze di riserva del carbonio	246
7.6	Cicli biogeochimici: carbonio, azoto, zolfo, fosforo e ferro	246
7.6.1	Il ciclo del carbonio	247
7.6.2	Il ciclo dell'azoto • 1. Fissazione dell'azoto • 2. Riduzione dissimilativa del nitrato ad ammonio (DNRA) • 3. Mineralizzazione della materia organica con liberazione di ammoniaca • 4. Nitrificazione • 5. Ossidazione completa dell'ammoniaca a nitrato (comammox) • 6. Denitrificazione aerobia e/o anaerobia • 7. Riduzione dei nitriti con ossidazione anaerobia dell'ammonio (anammox)	248
7.6.3	Il ciclo dello zolfo	252
7.6.4	Il ciclo del fosforo	254
7.6.5	Il ciclo del ferro	254
 Scheda 7.1	L'azotofissazione	239
 Scheda 7.2	Sulfamidici e analoghi dell'acido folico [di Margherita Sosio]	244

PARTE C

Genetica batterica e biologia molecolare



8 Genoma dei procarioti 258

di Luciano Paolozzi

8.1	Nucleoide	259
8.1.1	Struttura fisica del nucleoide • Proprietà topologiche del DNA	259
8.1.2	Architettura del cromosoma batterico • Numero, struttura e dimensioni dei cromosomi batterici • Organizzazione genetica del cromosoma • Caratteristiche dell'organizzazione del cromosoma	262

8.2	Elementi genetici accessori	270	9.4	Terminazione e risoluzione (separazione) dei nuovi cromosomi	293
8.2.1	Plasmidi	270	9.5	Replicazione negli Archaea	294
	• Replicone plasmidico: gruppi di incompatibilità, esclusione e spettro d'ospite				
8.2.2	Elementi genetici trasponibili: sequenze IS e trasposoni	276		RICOMBINAZIONE	
	• Elementi IS • Trasposoni composti e trasposoni semplici • Altri elementi trasponibili		9.6	Ricombinazione omologa	297
8.2.3	Elementi virali	278	9.7	Ricombinazione negli Archaea	298
8.2.4	Integroni	278	9.8	Ricombinazione non omologa	298
8.2.5	Retroelementi procarioti	279	9.8.1	Ricombinazione sito-specifica	298
8.2.6	Ruolo degli elementi genetici accessori nell'evoluzione batterica	279		• Enzimi e bersagli della ricombinazione sito-specifica • Ricombinazione additiva del DNA dei batteriofagi temperati e altri elementi genetici • Inversione programmata di sequenze di DNA e regolazione dell'espressione genica a livello di popolazione	
8.3	Mappe genetiche dei procarioti	280	9.8.2	Trasposizione	303
8.4	Genoma degli Archaea	282		• Caratteristiche generali della trasposizione • Meccanismo molecolare della trasposizione nei procarioti	
Scheda 8.1	<i>Lo stato topologico del DNA</i>	261		INTEGRITÀ DELL'INFORMAZIONE GENETICA E GENERAZIONE DI MUTAZIONI	
Scheda 8.2	<i>Il genoma di Borrelia burgdorferi</i>	264	9.9	Mutanti batterici	305
Scheda 8.3	<i>Corrispondenza tra complessità metabolica e dimensioni del genoma</i>	266	9.10	Natura delle mutazioni ed eventi che ne provocano l'insorgenza	307
Scheda 8.4	<i>La scoperta dei plasmidi che conferiscono resistenza agli antibiotici</i>	271	9.10.1	Errori di replicazione e mutazioni dirette	308
Scheda 8.5	<i>Architetture diverse dei genomi dei procarioti</i>	273	9.10.2	Mutazioni che derivano da danni al DNA	309
Scheda 8.6	<i>Esempi di plasmidi modello</i>	274	9.11	Meccanismi di riparazione che mantengono l'integrità dell'informazione genetica	310
Scheda Web 8.1	<i>La membrana nucleare del batterio Gemmata obscuriglobus e l'origine del nucleo degli eucarioti</i>		9.11.1	Rettifica di misappaiamenti	310
Scheda Web 8.2	<i>Proteine strutturali NAP e SMC e condensazione del DNA</i>		9.11.2	Riparazione dei danni del DNA	311
Scheda Web 8.3	<i>Metodi per identificare i plasmidi</i>			• Coordinamento dei sistemi di riparazione dei danni al DNA: il sistema SOS	
Scheda Web 8.4	<i>Un esperimento di trasposizione</i>		9.12	Frequenza delle mutazioni spontanee	311
			9.12.1	Controllo della fedeltà nella trasmissione dell'informazione genetica	313
			9.12.2	Ipermutazione	314
9	Trasmissione dell'informazione genetica	283	9.13	Mutazioni, selezione e adattamento batterico	314
	<i>di Luciano Paolozzi</i>		9.13.1	Test di fluttuazione di Luria e Delbrück (1943)	315
			9.14	Mutazioni post-adattative	318
	REPLICAZIONE DEL DNA		Scheda 9.1	<i>Le DNA polimerasi</i>	287
9.1	Proteine della replicazione	286	Scheda 9.2	<i>La regolazione dell'inizio della replicazione nei batteri</i>	290
9.2	Inizio della replicazione	286	Scheda 9.3	<i>Antibiotici inibitori della replicazione del DNA [di Stefania Stefani e Margherita Sosio]</i>	294
9.2.1	Origine di replicazione di <i>Escherichia coli</i>	288			
	• Proteina DnaA				
9.2.2	Inizio e meccanismi di controllo della replicazione	290			
9.3	Innesco della sintesi e allungamento del DNA	291			
	• Replisoma • Attività congiunta della DNA elicasi e della primasi • Progressione del replisoma lungo il DNA • Fedeltà della replicazione durante l'allungamento				

Scheda 9.4	<i>Inversione geneticamente programmata di segmenti genomici come meccanismo di regolazione genica</i>	301
Scheda 9.5	<i>Strategie di sopravvivenza al danno del DNA in Deinococcus radiodurans</i>	312
Scheda 9.6	<i>I batteri e la sconfitta della roccaforte del lamarckismo</i>	315
Scheda Web 9.1	<i>Pol I, l'enzima Eureka e le altre DNA polimerasi</i>	
Scheda Web 9.2	<i>Altre proteine necessarie per la replicazione</i>	
Scheda Web 9.3	<i>Il primosoma nei batteri</i>	
Scheda Web 9.4	<i>L'inizio della replicazione nei batteri con più cromosomi</i>	
Scheda Web 9.5	<i>L'assemblaggio ciclico della primasi e DNA polimerasi III sul lagging strand e sintesi dei frammenti di Okazaki</i>	
Scheda Web 9.6	<i>La replicazione dei cromosomi lineari</i>	
Scheda Web 9.7	<i>La replicazione degli elementi extracromosomali e il suo controllo</i>	
Scheda Web 9.8	<i>Modelli e meccanica della ricombinazione omologa</i>	
Scheda Web 9.9	<i>L'evoluzione dei modelli di ricombinazione: dalla "scelta della copia" alla "rottura a doppia elica"</i>	
Scheda Web 9.10	<i>L'integrazione di λ</i>	
Scheda Web 9.11	<i>Meccanismi di trasposizione nei procarioti</i>	
Scheda Web 9.12	<i>Agenti mutageni</i>	
Scheda Web 9.13	<i>Meccanismi di riparazione dei danni al DNA</i>	
Scheda Web 9.14	<i>Selezione indiretta di mutazioni adattative</i>	

10 Plasticità del genoma batterico: trasferimento genico orizzontale 319

di Luciano Paolozzi

10.1	Meccanismi del trasferimento genico orizzontale (TGO)	321
10.2	Coniugazione	322
10.2.1	Plasmide coniugativo F • Struttura fisica e organizzazione genetica e funzionale	326
10.2.2	Trasferimento di marcatori cromosomali mediante coniugazione e F-duzione	328
10.2.3	Plasmidi coniugativi in altri batteri Gram negativi e nei Gram positivi • Coniugazione interspecie	330
10.3	Trasformazione batterica	331
10.3.1	Natura del DNA trasformante	331
10.3.2	Competenza e apparati di trasformazione	332
10.3.3	Destino del DNA trasformante	335
10.3.4	Meccanismi e condizioni per la traslocazione del DNA trasformante	335

10.3.5	Significato biologico della competenza	336
10.3.6	Competenza artificiale	336
10.4	Trasduzione	336
10.4.1	Trasduzione generalizzata	337
10.4.2	Trasduzione specializzata	338
10.5	Trasferimento genico orizzontale in natura	339
10.5.1	Coniugazione	339
10.5.2	Trasformazione	340
10.5.3	Trasduzione	340
10.5.4	Barriere contro il trasferimento genico orizzontale	341
10.5.5	Integrazione di DNA estraneo nel genoma batterico	341
10.5.6	Ruolo del trasferimento genico orizzontale nell'evoluzione	342
Scheda 10.1	<i>La scoperta della coniugazione e della ricombinazione nei batteri</i>	323
Scheda 10.2	<i>La scoperta della trasformazione: un esempio del carattere imprevedibile del percorso scientifico</i>	332
Scheda 10.3	<i>La competenza: uno stato fisiologico regolato e transiente nelle cellule batteriche</i>	335

Scheda Web 10.1 I meccanismi della coniugazione
Scheda Web 10.2 La traslocazione del DNA nei processi coniugativi

11 Trascrizione e traduzione 344

di Luciano Paolozzi e Marco Bazzicalupo

11.1	Trascrizione nei batteri	345
11.1.1	RNA polimerasi batterica • Nucleo catalitico dell'RNA polimerasi	347
11.1.2	Fasi della trascrizione • Riconoscimento del promotore e inizio della trascrizione • Fase di polimerizzazione (allungamento del trascritto) • Fattori σ e varie forme di oloenzimi • Terminazione della trascrizione	348
11.1.3	Segnali sul DNA che regolano l'inizio della trascrizione • Sequenze dei promotori e regioni di regolazione • Elementi di controllo positivo e negativo dell'inizio della trascrizione • Espressione dei geni e fattori che regolano la trascrizione	353
11.2	Trascrizione negli Archaea	355
11.2.1	RNA polimerasi e apparato di trascrizione	355
11.2.2	Regolatori della trascrizione	356
11.3	Traduzione nei batteri	357
11.3.1	Inizio della traduzione	358

11.3.2	Fase di elongazione	365	12.4.3	Risposta stringente: un meccanismo di regolazione della fisiologia batterica in risposta alla carenza di amminoacidi	386
11.3.3	Terminazione della traduzione	366		• Meccanismo e conseguenze dell'induzione della sintesi di (p)ppGpp	
11.4	Traduzione in Archaea ed eucarioti	366	12.5	Modelli di regolazione globale	389
■ Scheda 11.1	Associazione dei fattori σ alternativi con l'RNA polimerasi nelle risposte adattive [di Stefania Stefani e Margherita Sosio]	351	12.5.1	Risposta a stress da calore	389
■ Scheda 11.2	Antibiotici inibitori della trascrizione [di Stefania Stefani e Margherita Sosio]	356	12.5.2	Regolazione del regulone σ^H in <i>Escherichia coli</i>	390
■ Scheda 11.3	Antibiotici inibitori della sintesi proteica	360	12.5.3	Sistema SOS di <i>Escherichia coli</i>	390
Scheda Web 11.1	Meccanismi di capping e di poliadenilazione nei Bacteria		12.6	Altri sistemi di regolazione genica	391
12	Regolazione dell'espressione genica	367	12.6.1	Regolazione genica mediante "interruttori a RNA" (riboswitch)	391
	di Luciano Paolozzi		12.6.2	RNA con funzione regolatrice	393
12.1	Aspetti generali della regolazione genica	368	12.7	Controllo spazio-temporale dell'espressione genica: la sporulazione, un modello di differenziamento cellulare	396
12.1.1	Sistemi di regolazione delle funzioni cellulari e livelli di regolazione	368	12.7.1	Geni della sporulazione	396
12.1.2	Elementi del controllo dell'espressione genica	369	12.7.2	Fosforelè	396
12.2	Primi modelli di regolazione: gli operoni catabolici degli zuccheri	370	12.7.3	Cascata dei fattori σ e regolazione spazio-temporale	397
12.2.1	Operone <i>lac</i> per l'utilizzazione del lattosio. Modello classico di regolazione negativa e controllo positivo di cAMP-CRP	371	■ Scheda 12.1	Il trasporto del lattosio nella cellula: il segnale intracellulare della presenza del lattosio	372
	• Repressione da catabolita e diauxia		■ Scheda 12.2	La regolazione post-trascrizionale nei procarioti	394
12.2.2	Regulone maltosio: esempio di regolazione positiva	374	Scheda Web 12.1	Storia di una teoria scientifica: l'operone <i>lac</i> , il sistema modello di regolazione genica	
	• Il prodotto del gene regolatore <i>malT</i> è un attivatore trascrizionale		Scheda Web 12.2	La resistenza al mercurio e l'attivazione del promotore <i>merT</i>	
12.2.3	Operone arabinosio: regolazione positiva e negativa con una sola proteina (e l'aiuto di CRP)	375	Scheda Web 12.3	Regolazione trascrizionale dei meccanismi di competenza	
12.2.4	Utilizzazione del galattosio: un regulone complesso	376	Scheda Web 12.4	La riattivazione <i>W</i> delle particelle fagiche e la scoperta del sistema SOS	
	• Significato della presenza dei due promotori nell'operone <i>gal</i>		13	Divisione cellulare e differenziamento	399
12.3	Trasduzione del segnale: sistemi di regolazione a due componenti	378		di Orietta Massidda e Luciano Paolozzi	
12.4	Modelli di regolazione della biosintesi degli amminoacidi	380	13.1	Divisione cellulare nei procarioti	399
12.4.1	Regolazione feedback dell'attività enzimatica	380	13.1.1	Divisione cellulare nel batterio modello <i>Escherichia coli</i>	400
12.4.2	Regolazione trascrizionale dell'operone <i>trp</i>	382	13.1.2	Assemblaggio dell'apparato di divisione cellulare (divisoma)	402
	• Repressione • Attenuazione in <i>Escherichia coli</i> • Attenuazione in <i>Bacillus subtilis</i>			• Coordinamento della divisione cellulare con l'accrescimento laterale	
				• Coordinamento della divisione cellulare con la replicazione del DNA	
				• Coordinamento tra tempo di generazione e tempo di replicazione del DNA durante il ciclo cellulare	

13.1.3	Controllo spaziale e temporale della formazione del setto di divisione cellulare in <i>Escherichia coli</i>	407
13.1.4	Segregazione del DNA durante il ciclo cellulare	408
	• Segregazione del nucleotide	
	• Segregazione dei plasmidi	
	• Altri meccanismi di controllo della stabilità plasmidica	
13.1.5	Divisione cellulare in <i>Bacillus subtilis</i>	411
13.1.6	Divisione cellulare nei batteri modello di forma sferica o sferico-ovoidale	413
13.2	<i>Caulobacter crescentus</i>: un modello di divisione cellulare asimmetrica	413
13.2.1	Ciclo cellulare di <i>Caulobacter crescentus</i>	414
	• Rete di regolazione a cascata e controllo delle sintesi macromolecolari	
	• Controllo spaziale della distribuzione cellulare di CtrA • Controllo temporale di CtrA • Controllo della replicazione del DNA e della segregazione del nucleotide	
13.2.2	Modalità alternative di divisione cellulare	419
	• Divisione per scissioni multiple	
	• Gemmazione nei batteri prostecati	
13.3	Differenziamento cellulare nei procarioti	420
Scheda 13.1	<i>L'anello Z dei plastidi e l'origine degli eucarioti</i>	401

Scheda Web 13.1 La complessa regolazione delle proteine di divisione

Scheda Web 13.2 L'occlusione del nucleotide e le proteine anti-ghigliottina

Scheda Web 13.3 Le proteine del citoscheletro batterico nei processi di divisione e differenziamento

PARTE D

Eredità infettiva: i virus



14	Che cosa sono i virus	424
	di Giorgio Gribaudo	
14.1	Struttura e organizzazione dei virioni	425
14.1.1	Diversità dei genomi virali	425
14.1.2	Capside	427
14.1.3	Involucro pericapsidico (envelope)	429
14.2	Classificazione dei virus	430

14.2.1	Sistema classico (ICTV)	430
14.2.2	Sistema secondo Baltimore	430
14.3	Ciclo replicativo dei virus	431
14.3.1	Riconoscimento e adsorbimento	431
14.3.2	Penetrazione	432
14.3.3	Decapsidazione (<i>uncoating</i>)	433
14.3.4	Espressione genica e replicazione del genoma virale	433
14.3.5	Assemblaggio	435
14.3.6	Maturazione	436
14.3.7	Liberazione dei virioni	436

Scheda Web 14.1 La scoperta dei virus

15 Batteriofagi, i virus dei batteri 437

di Luciano Paolozzi e Gianni Dehò

15.1	Struttura, organizzazione e studio dei batteriofagi	437
15.1.1	Involucro proteico di alcuni batteriofagi modello	437
	• Virione del batteriofago T4 • Virione del batteriofago λ • Capside dei fagi filamentosi	
15.1.2	Genomi dei batteriofagi	439
15.1.3	Diversità dei batteriofagi e modelli di studio	439
15.1.4	Titolazione dei batteriofagi mediante il saggio di placca	440
15.2	Riproduzione dei batteriofagi	441
15.2.1	Ciclo litico	442
	• L'esperimento "singolo ciclo di crescita"	
	• Adsorbimento • Penetrazione dell'acido nucleico nel batterio ospite • Trascrizione dei genomi fagici • Replicazione dei genomi fagici • Morfogenesi virale: assemblaggio dei componenti e impacchettamento del DNA • Rilascio e disseminazione	
15.2.2	Ciclo lisogeno dei fagi temperati	448
15.3	Analisi genetica dei fagi	448
15.4	Alcuni esempi di batteriofagi utilizzati come modello di studio	449
15.4.1	I fagi della serie T	449
	• Batteriofago T4, modello dei fagi litici	
	• Trascrizione di T4 • Replicazione del batteriofago T4 • Inizio della replicazione	
15.4.2	I batteriofagi a RNA	451
	• Batteriofagi a ssRNA • Batteriofagi a dsRNA	
15.4.3	I fagi a ssDNA filamentosi e isometrici	453

15.4.4	Il batteriofago λ: l'elemento genetico più finemente caratterizzato	454
	• Genoma di λ • Trascrizione a cascata del batteriofago λ • Replicazione di λ e ciclo litico • Maturazione del batteriofago λ • Ciclo lisogeno del batteriofago λ	
15.4.5	Il profago-plasmide del batteriofago trasducente P1	457
15.4.6	Altri sistemi modello	458
15.5	Difese batteriche contro l'infezione dei batteriofagi	459
15.6	Batteriofagi contro le infezioni batteriche: la terapia fagica	464
15.7	Virus degli Archaea	465
Scheda 15.1	<i>Modificazione e restrizione del DNA: il riconoscimento del "self" dal "non self"</i>	458
Scheda 15.2	<i>CRISPR-Cas: un sistema adattivo di resistenza ai fagi guidato da piccoli RNA</i>	460
Scheda Web 15.1	<i>Alla ricerca delle leggi "complementari" della fisica: la nascita del gruppo del fago e della biologia molecolare</i>	
Scheda Web 15.2	<i>Applicazioni dell'uso dei batteriofagi</i>	
Scheda Web 15.3	<i>Calcolo delle cellule infettate da un virus e molteplicità di infezione</i>	
Scheda Web 15.4	<i>L'adsorbimento del fago alla cellula ospite</i>	
Scheda Web 15.5	<i>Ciclo litico e ciclo lisogeno del batteriofago λ: la scelta tra due destini alternativi</i>	
Scheda Web 15.6	<i>Lisare o non lisare? Un problema aperto tra caso, genetica ed epigenetica</i>	
Scheda Web 15.7	<i>Il profago-plasmide lineare del batteriofago N15</i>	
Scheda Web 15.8	<i>Il batteriofago-trasposone Mu</i>	
Scheda Web 15.9	<i>Sistemi di antirestrizione, una lotta senza fine</i>	
16.1.4	Modelli di virus animali	477
	• Classe I – Virus a dsDNA: herpesvirus, adenovirus, poxvirus • Classe II – Virus a ssDNA: parvovirus • Classe III – Virus a dsRNA: reovirus • Classe IV – Virus a (+)ssRNA: picornavirus (polio), flavivirus, coronavirus • Classe V – Virus a (–)ssRNA: rhabdovirus, paramyxovirus, orthomyxovirus, virus Ebola • Classe VI – Virus a (+)ssRNA con retrotrascrizione: retrovirus • Classe VII – Virus parzialmente a dsDNA con retrotrascrizione: hepadnavirus	
16.2	I virus dei vegetali	503
16.2.1	Virus del mosaico del tabacco (TMV)	503
16.2.2	Virus di <i>Chlorella</i>	503
16.3	Agenti subvirali e prioni	504
16.3.1	Viroidi	504
16.3.2	Virus satelliti e virusoidi	504
16.3.3	Elementi genetici mobili	505
16.3.4	Prioni	505
16.4	Farmaci antivirali	505
16.4.1	Inibizione dell'adsorbimento e della penetrazione del virus	506
16.4.2	Inibizione della replicazione del genoma virale	507
16.4.3	Inibizione dell'assemblaggio virale e della maturazione	507
Scheda 16.1	<i>Grandi virus a DNA nucleocitoplasmatici (NCLDV): un nuovo enigma o una tappa verso nuove conoscenze?</i>	479
Scheda 16.2	<i>Peste suina africana: una malattia virale riemergente</i>	484
Scheda 16.3	<i>La pandemia di COVID-19 e l'evoluzione di SARS-CoV-2 in tempo reale</i>	489
Scheda 16.4	<i>Il virus Ebola e le caratteristiche di recenti epidemie di un virus emorragico</i>	494

16 I virus degli eucarioti **469** di Giorgio Gribaudo

16.1	I virus degli animali	469
16.1.1	Modalità di studio dei virus animali	469
	• Sistemi ospite: animali, uova, colture cellulari • Effetto citopatico • Analisi quantitativa: metodo delle placche	
16.1.2	Modelli di infezione	472
	• Infezione litica • Infezione persistente di tipo cronico • Infezione persistente di tipo latente • Infezione cronica di tipo trasformante (virus oncogeni);	
16.1.3	Risposta dell'ospite all'infezione	475
	• Immunopatologia • Evasione della risposta immunitaria	



17 Analisi globale delle cellule microbiche: le discipline omiche **510** di Marco Rinaldo Oggioni, Marco Bazzicalupo e Alessio Mengoni

17.1	Genomica	511
17.1.1	Sequenziamento di genomi procarioti	511

17.1.2	Annotazione	512
17.1.3	Genoma condiviso, genoma accessorio e pangenoma	514
17.1.4	Analisi genomica comparativa	514
17.2	Metagenomica	515
17.3	Genomica funzionale	516
17.3.1	Trascrittomica	516
17.3.2	Proteomica	518
17.4	Metabolomica e screening fenotipico	518
17.5	Biologia dei sistemi	519
Scheda 17.1	Trascrittomica tramite sequenziamento dell'RNA	517

Scheda Web 17.1 Analisi proteomica mediante spettrometria di massa

18 Sistematica e filogenesi dei microrganismi 520

di Giovanna Felis, Gabriele Andrea Lugli, Anna Maria Sanangelantoni e Marco Bazzicalupo

18.1	Concetti base di sistematica microbica	521
18.1.1	Ceppi, specie e coltivabilità	521
18.1.2	Classificazione	522
18.1.3	Identificazione	522
18.1.4	Nomenclatura	524
18.1.5	Importanza delle tecniche di indagine nella classificazione e caratterizzazione dei microrganismi	526
18.2	Filogenesi molecolare	530
18.2.1	Evoluzione e filogenesi	530
18.2.2	Sequenze usate nella filogenesi molecolare di procarioti ed eucarioti	530
18.2.3	Uso delle sequenze genomiche per la classificazione e l'identificazione microbica	537
18.3	Identificazione e classificazione della biodiversità non coltivabile	541
18.3.1	Microrganismi non coltivabili e microbiomi	542
18.3.2	Approcci alla nomenclatura delle sequenze	545
18.4	Gruppi tassonomici	546
18.4.1	Bacteria	547
18.4.2	Archaea	553
18.4.3	Microrganismi eucarioti • Funghi e lieviti • Alghe • Protozoi	555
Scheda 18.1	Eventi rilevanti nella storia della Terra	521
Scheda 18.2	Risorse disponibili per la sistematica dei microrganismi procarioti	523

Scheda 18.3	Storia della classificazione e della nomenclatura dei batteri	524
Scheda 18.4	La tassonomia numerica e la similarità dei microrganismi	528
Scheda 18.5	Costruire un albero filogenetico	538

Scheda Web 18.1 Funghi

Scheda Web 18.2 *Saccharomyces cerevisiae: un microrganismo eucariote modello* [di Giovanna Lucchini]

Scheda Web 18.3 Alghe

Scheda Web 18.4 Protozoi



19 Microbiologia ambientale ed ecologia microbica 560

di Andrea Franzetti

19.1	Dalla popolazione all'ecosistema microbico	561
19.2	Processi ecologici	564
19.2.1	Comunità microbiche versus comunità di macroorganismi	564
19.2.2	Sintesi concettuale dell'ecologia delle comunità microbiche • Selezione • Dispersione • Diversificazione (speciazione) • Deriva ecologica	565
19.3	Habitat microbici terrestri	566
19.3.1	Microbioma del suolo	566
19.3.2	Effetto del microbioma sulla struttura e proprietà del suolo	567
19.3.3	Legame tra struttura e funzioni nel microbioma del suolo	568
19.4	Habitat microbici marini	568
19.4.1	Zona pelagica • Composizione delle comunità microbiche nella zona pelagica	569
19.4.2	Oceano profondo • Diversità filogenetica e funzionale	571
19.4.3	Sedimenti marini	572
19.4.4	Microhabitat marini: la neve marina e la ficosfera • Neve marina • Ficosfera	573

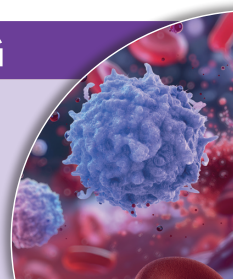
19.5 Habitat estremi	573	20.2.5 Biofilm microbico nella prospettiva ecologica e nel contesto delle malattie infettive	604
19.5.1 Sorgenti geotermali terrestri	576		
19.5.2 Sorgenti idrotermali marine profonde	576		
19.5.3 Criosfera	577	20.3 Antibiotici nell'interazione tra microrganismi	606
19.5.4 Ambienti ipersalini	578	■ Scheda 20.1 <i>Vibrio fischeri: il primo modello di quorum sensing regolato da omoserin-lattoni</i>	587
19.5.5 Drenaggio acido delle miniere	578	■ Scheda 20.2 <i>Il quorum sensing come dimostrazione del valore intrinseco della ricerca di base</i>	589
19.5.6 Altri ambienti estremi	578	■ Scheda 20.3 <i>di-GMP ciclico e suo ruolo nella produzione della cellulosa e nella formazione del biofilm</i>	603
19.6 Habitat antropizzati e costruiti	579		
19.6.1 Habitat microbici urbani	579		
• Sistemi di trasporto urbano			
• Microbiomi dell'aria			
19.6.2 Microbiologia applicata all'ambiente e alla transizione energetica	581		
• Biorisanamento • Utilizzo dei microrganismi per il recupero di materiali e produzione di energia dagli scarti			
■ Scheda 19.1 <i>Un approccio operativo per descrivere le comunità microbiche</i>	562	21 Interazioni dei microrganismi con gli organismi vegetali	609
■ Scheda 19.2 <i>I batteri ubiquitari Synechococcus, Prochlorococcus e SAR11</i>	571	di Pietro Alifano	
■ Scheda 19.3 <i>Limiti chimico-fisici della vita microbica sulla Terra e proiezione su altri pianeti</i>	575		
■ Scheda 19.4 <i>La biogeosfera</i>	577	21.1 Rizosfera e fillosfera	609
20 Interazioni tra batteri: strategie di cooperazione e competizione	584	21.1.1 Modificazione della rizosfera da parte di batteri e funghi	610
di Paolo Landini		21.1.2 Micorrize	611
		• Ectomicorrize • Endomicorrize	
20.1 Comunicazione intercellulare: il "quorum sensing"	586	21.1.3 Batteri azotofissatori endosimbionti	613
20.1.1 Quorum sensing nei batteri Gram negativi	587	21.1.4 Rizobi e leguminose	614
20.1.2 Ruolo del quorum sensing nell'interazione batteri-organismi eucarioti e come bersaglio di nuovi antimicrobici	592	21.2 Riconoscimento dei batteri patogeni e meccanismi di difesa delle piante	617
20.1.3 Quorum sensing in batteri Gram positivi	593	21.2.1 Immunità innata primaria: il sistema MAMP-PRR nelle piante	617
20.1.4 Quorum sensing e sua relazione con la produzione di agenti antimicrobici	595	21.2.2 Immunità innata secondaria: geni di resistenza (R) delle piante e di avirulenza (avr) dei batteri	618
20.1.5 Altre molecole con funzione di autoinduttori	596	21.2.3 Resistenza sistemica acquisita (SAR) e resistenza sistemica indotta (ISR)	620
20.2 Associazioni microbiche: i biofilm	596	21.3 Agrobacterium e induzione di tumori nelle piante	621
20.2.1 Definizione generale	597	21.3.1 Genere <i>Agrobacterium</i> e patologie tumorali vegetali indotte dalle specie virulente	621
20.2.2 Formazione del biofilm e sua architettura	597	21.3.2 Processo di trasformazione tumorale: il plasmide Ti, il T-DNA e le interazioni batterio-pianta	622
20.2.3 Macromolecole e strutture cellulari batteriche coinvolte nella formazione del biofilm	599	21.4 Utilizzo dei microrganismi della rizosfera e dei loro prodotti nelle nuove tecnologie agrarie	624
20.2.4 Meccanismi di regolazione genica legati al biofilm	600	■ Scheda 21.1 <i>Altri tipi di micorrize</i>	612
• Fattori ambientali e sistemi di regolazione a due componenti • Ruolo del quorum sensing nel biofilm • Molecole segnale derivate da nucleotidi		22 Il microbiota	626
		di Marco Ventura e Francesca Turrone	
		22.1 Popolazioni microbiche sulla Terra	626

22.2	Microbiota e microbioma dell'essere umano	627	23.7	Stili di vita dei batteri invasivi	659
22.3	Il concetto di olobionte e olobioma	629	23.8	Tossine: "frecce" molecolari dei batteri patogeni	660
22.4	Il microbiota umano nelle diverse fasi della vita	629	23.8.1	Tossine che agiscono dall'esterno della cellula • Superantigeni: le tossine degli streptococchi e degli stafilococchi • Tossine che formano pori sulla superficie cellulare	661
22.5	Eubiosi e disbiosi microbiche e loro impatto sulla salute dell'essere umano	631	23.8.2	Tossine solubili con bersagli intracellulari • Struttura A/B delle tossine • Tossine ad attività ADP-ribosilante	662
22.6	Fattori coinvolti nel modulare la composizione del microbiota	632	23.8.3	Neurotossine	664
22.7	Funzioni svolte dal microbiota umano	632	23.9	Regolazione dei geni di virulenza, un aspetto essenziale della patogenicità microbica: il modello di <i>Vibrio cholerae</i>	667
22.8	Correlazioni microbiota e malattie: i nuovi marcatori microbici	634	23.9.1	Ciclo infettivo di <i>Vibrio cholerae</i>	667
22.9	La "batterioterapia" come nuovo approccio terapeutico	636	23.9.2	Regolazione dei geni di virulenza di <i>Vibrio cholerae</i>	668
22.10	Il microbiota nei diversi distretti del corpo umano	636	Scheda 23.1	<i>Helicobacter pylori</i> e l'epitelio gastrico	644
22.10.1	Microbiota della cute	636	Scheda 23.2	Modelli controllati di infezione umana	646
22.10.2	Microbiota orale	638	Scheda 23.3	Come <i>Salmonella</i> divenne un batterio patogeno	648
22.10.3	Microbiota polmonare	638	Scheda 23.4	Le forme patogene di <i>Escherichia coli</i>	650
22.10.4	Microbiota intestinale	638			
22.10.5	Microbiota vaginale	640			
22.11	Ruolo del microbiota intestinale negli animali da allevamento e da compagnia	641	Scheda Web 23.1	Eventi regolativi nella virulenza di <i>Salmonella enterica</i>	
Scheda 22.1	<i>Gli oligosaccaridi del latte materno</i>	631			
Scheda 22.2	<i>Asse intestino-cervello</i>	634			
Scheda 22.3	<i>Microbiota e obesità</i>	635			
Scheda 22.4	<i>Fecal Microbiota Transplantation (FMT)</i>	637			
Scheda 22.5	<i>Farmacomicrobiomica</i>	639			
23	Interazioni con gli organismi animali: la patogenesi	642			
	di Maria Lina Bernardini e Marco Oggioni				
23.1	Patogenicità e virulenza batterica: due concetti da definire	642			
23.2	Batteri patogeni, postulati di Koch e misura della virulenza	643			
23.3	Importanza del DNA acquisito mediante trasferimento genico orizzontale	645			
23.4	Fattori di virulenza dei batteri patogeni	652			
23.5	Fattori di adesione come mediatori della virulenza batterica	654			
23.6	Invasività, effettori batterici e invasine	656			
23.6.1	Meccanismi molecolari dell'invasività batterica: trigger e zipper	656			

PARTE G

Meccanismi di difesa dell'ospite

DISPONIBILE IN DIGITALE



24 Immunità innata 672

di Maria Lina Bernardini

24.1 Difese fisiche contro i patogeni 673

24.2 Immunità innata: un sistema di difesa ancestrale 677

24.2.1 PAMP, Pathogen-Associated Molecular Patterns – Strutture batteriche 678

24.2.2 PRR, Pattern Recognition Receptors 680

24.2.3 PRR di membrana: i recettori Toll-like 681

24.2.4 PRR citosolici: le proteine NLR 683

24.3 Cellule del sistema immunitario: la popolazione eterogenea dei leucociti 687

24.4	Neutrofili, una popolazione cellulare sulla prima linea di difesa	688	25.4.1	Ricombinazione somatica	711
24.5	Macrofagi (fagociti mononucleati)	691	25.4.2	Altri meccanismi della variabilità anticorpale	712
24.6	Cellule natural killer	692	25.5	Linfociti T e riconoscimento degli antigeni	713
24.7	Sistema del complemento	692	25.6	Organizzazione dei loci genici del TcR	714
24.8	Citochine	694	25.7	Selezione dei linfociti T	714
24.9	Chemochine	696	25.8	Molecole del complesso maggiore di istocompatibilità (MHC)	716
24.10	Processo di “evasione immune” dei batteri patogeni	696	25.8.1	MHC di classe I	716
24.10.1	Difese “strutturali” dei microrganismi	697	25.8.2	MHC di classe I e presentazione degli antigeni	717
24.10.2	Evasione dalla difesa delle barriere della cellula ospite	698	25.8.3	MHC di classe II	718
24.10.3	“Camuffamento”, strategia per diminuire il riconoscimento da parte del sistema immunitario innato	699	25.9	Cellule presentanti l'antigene (APC): cellule dendritiche	718
24.10.4	Cambiamento delle strutture di superficie per imbrogliare il sistema immunitario dell'ospite	699	25.10	Linfociti T effettori: linfociti T helper e citotossici (CTL)	723
24.10.5	Fagosoma: strategia di difesa	700	25.11	Linfociti T helper e polarizzazione della risposta	724
Scheda 24.1	<i>Le cellule M dell'intestino: il “tallone di Achille” dell'epitelio intestinale</i>	675	Scheda 25.1	<i>Il sistema immunitario delle mucose</i>	709
Scheda 24.2	<i>Toll vs Imd: le armi molecolari di Drosophila melanogaster</i>	679	Scheda 25.2	<i>Le cellule dendritiche e la mucosa intestinale</i>	722
Scheda 24.3	<i>L'apoptosi o morte cellulare programmata: un suicidio cellulare</i>	681			
Scheda 24.4	<i>Le malattie infiammatorie dell'intestino e le proteine NLR</i>	686			
Scheda 24.5	<i>Shock settico e reazioni di Schwartzman</i>	697			
25	Immunità adattativa	703			
	<i>di Maria Lina Bernardini</i>				
25.1	Effettori dell'immunità adattativa: gli anticorpi	704			
25.2	Tipologia degli anticorpi e loro ruolo	706			
25.3	Selezione e sviluppo degli anticorpi	709			
25.3.1	Organizzazione dei loci genici delle immunoglobuline	710			
25.4	Meccanismi molecolari della diversità immunitaria	710			

Crediti fotografici A1

Indice analitico A3

Le risorse digitali

A questo indirizzo sono disponibili le risorse digitali di complemento al libro:

universita.zanichelli.it/deho4e

Per accedere alle risorse protette è necessario registrarsi su **my.zanichelli.it** inserendo il codice di attivazione personale che si trova sull'etichetta adesiva nella prima pagina del libro.

Dal sito del libro è possibile:

- leggere le **Schede web** di approfondimento;
- esercitarsi con **16 Laboratori interattivi**;
- trovare i link per i **test interattivi di autovalutazione**;
- accedere direttamente alla versione **Ebook**, contenenti tutti i capitoli dell'edizione a stampa e, in più, i **Capitoli 24 e 25**.

Le risorse digitali sono disponibili per chi acquista il libro nuovo. L'accesso all'Ebook e alle risorse digitali protette è personale, non condivisibile e non cedibile, né autonomamente né con la cessione del libro cartaceo.