

Sommario

Parte A STRUTTURA E FUNZIONE 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 **Chemiotrofia**
Capitolo 6 **Energia dalla luce: i procarioti fototrofi**
Capitolo 7 **Assimilazione e biosintesi**

Parte C GENETICA BATTERICA E BIOLOGIA MOLECOLARE

- Capitolo 8 **Il genoma dei procarioti**
Capitolo 9 **Replicazione del DNA** [\[Disponibile online\]](#)
Capitolo 10 **Ricombinazione genetica nei batteri**
Capitolo 11 **Integrità dell'informazione genetica e generazione di mutazioni**
Capitolo 12 **Plasticità del genoma batterico: trasferimento genico orizzontale**
Capitolo 13 **Trascrizione e traduzione**
Capitolo 15 **Divisione cellulare e differenziamento**
Capitolo 16 **Eredità infettiva: i virus degli eucarioti**
Capitolo 17 **Eredità infettiva: i virus dei procarioti**
Capitolo 18 **Analisi globale delle cellule batteriche**
Capitolo 19 **Tassonomia, sistematica, filogenesi, evoluzione**

Parte D INTERAZIONI TRA MICRORGANISMI E CON ALTRI ORGANISMI

- Capitolo 20 **Interazioni tra batteri: strategie di cooperazione e competizione**
Capitolo 21 **Interazioni con gli animali: il microbiota**
Capitolo 22 **Interazioni con gli organismi animali: la patogenesi**
Capitolo 23 **Meccanismi di difesa dell'ospite: immunità innata**
Capitolo 24 **Meccanismi di difesa dell'ospite: immunità adattativa**
Capitolo 25 **Interazioni dei microrganismi con gli organismi vegetali**

Indice

La sigla **www** indica che il materiale è disponibile sul sito web del libro.



Parte A

STRUTTURA E FUNZIONE DELLE CELLULE PROCARIOTE

A cura di Anna Maria Puglia

Capitolo 1

Alla scoperta del mondo microbico

Gianni Dehò ed Enrica Galli

1.1	Il mondo dei microrganismi	4
1.1.1	Cellula, organismo vivente, microrganismo	4
1.1.2	Unità e diversità del mondo vivente	5
1.1.3	Procarioti-eucarioti, Bacteria-Archaea	5
1.2	Come si costruisce una cellula	6
1.2.1	Energia-materia-informazione	7
1.2.2	Dalle molecole semplici alle strutture sopramolecolari	7
1.2.3	Accrescimento e divisione	9
1.3	Dalla microbiologia inconsapevole alla scoperta dei microrganismi	9
1.3.1	La confutazione della teoria della generazione spontanea	11
	► Eventi fondativi della microbiologia come scienza	11
1.3.2	Lo sviluppo delle tecniche di base per lo studio dei microrganismi	13
1.4	Distribuzione dei microrganismi nell'ambiente	14
1.4.1	Microrganismi come agenti di malattie	15
1.5	Microrganismi e trasformazione della sostanza organica	16
1.6	Sviluppo della microbiologia come scienza di base e applicata	16
1.7	Aree specialistiche della microbiologia	17

Capitolo 2

Struttura e funzioni delle cellule procariote

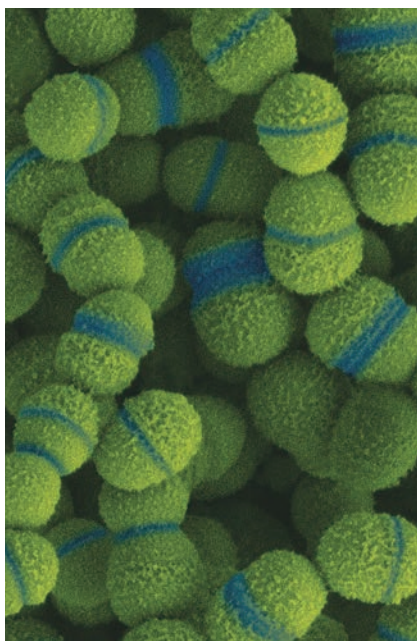
A cura di Anna Maria Puglia

La cellula

2.1	Cellula procariota	19
	Paola Quatrini	19
2.1.1	Differenze e similitudini tra cellula procariota e cellula eucariota	19
2.1.2	Differenze e similitudini tra batteri e archei	20
2.1.3	Organismi modello e diversità microbica	20
2.1.4	Morfologia batterica, dimensioni e organizzazione	21

2.1.5	Morfogenesi cellulare	22
2.2	Rivestimento della cellula batterica	22
	<i>Alessandra Polissi</i>	
2.2.1	La membrana plasmatica	23
2.2.2	Funzioni della membrana citoplasmatica	27
	▶ Antibiotici che agiscono sulle membrane	27
	<i>Stefania Stefani</i>	
2.3	Parete batterica	29
	<i>Paola Quatrini</i>	
2.3.1	Il sacco di mureina	29
2.3.2	Il peptidoglicano	30
2.3.3	Biosintesi del peptidoglicano e accrescimento della parete mureinica	31
	▶ Antibiotici inibitori della sintesi del peptidoglicano – 1° e 2° stadio	35
	<i>Stefania Stefani</i>	
	▶ Antibiotici inibitori della sintesi del peptidoglicano – 3° stadio	35
	<i>Stefania Stefani</i>	
2.3.4	Biogenesi della parete mureinica	39
2.3.5	Parete dei batteri Gram positivi	40
	▶ La colorazione di Gram	41
	▶ I batteri Gram positivi	42
	<i>Anna Maria Sanangelantoni</i>	
2.4	Parete dei batteri Gram negativi	43
	<i>Alessandra Polissi</i>	
2.4.1	Il periplasma	43
2.4.2	Membrana esterna: struttura, composizione e funzioni	44
	▶ I micoplasmii: batteri Gram positivi senza parete	46
	<i>Anna Maria Sanangelantoni</i>	
	▶ Le clamidie: batteri Gram negativi senza parete mureinica	47
	<i>Anna Maria Sanangelantoni</i>	
2.4.3	Biogenesi della membrana esterna	47
2.4.4	Il trasporto delle proteine integrali della membrana esterna	47
2.4.5	Il trasporto delle lipoproteine	48
2.4.6	Il trasporto del lipopolisaccaride	48
2.5	Altri tipi di parete nei Bacteria	49
	<i>Paola Quatrini</i>	
	▶ La colorazione di Ziehl-Neelsen (acido resistenza)	51
	▶ I micobatteri	52
	<i>Anna Maria Sanangelantoni</i>	
	▶ Monodermi e didermi	52
	<i>Alessandra Polissi</i>	
2.6	Parete cellulare negli Archaea	53
	<i>Anna Maria Sanangelantoni</i>	
2.7	Capsula e altri rivestimenti esterni	53
	<i>Anna Maria Puglia</i>	
2.7.1	Strato S	53
2.7.2	Capsule e polisaccaridi extracellulari	54
	Biogenesi dei rivestimenti batterici e secrezione di macromolecole	56
	<i>Alessandra Polissi</i>	
2.8	Via di secrezione dipendente da Sec e sue diramazioni	56
2.8.1	Indirizzamento delle proteine alla membrana interna	57
2.8.2	Indirizzamento delle proteine all'ambiente extracellulare	58
2.9	Sistemi indipendenti da Sec	61
2.9.1	Trasporto attraverso la membrana plasmatica di proteine ripiegate: il sistema Tat	61
2.9.2	I trasportatori ABC	62
2.9.3	Il sistema di secrezione di tipo III	64
2.9.4	Il sistema di secrezione di tipo IV	66

Appendici esterne	67
<i>Anna Maria Puglia</i>	
2.10 Flagelli	67
2.10.1 Struttura del flagello	67
2.10.2 Il movimento dei flagelli	68
2.10.3 Chemiotassi	69
2.10.4 Biosintesi del flagello	70
2.10.5 Endoflagelli delle spirochete	71
2.10.6 I flagelli degli Archaea	72
2.11 Pili (fimbrie)	73
Il protoplasto	75
<i>Paola Quatrini e Anna Maria Puglia</i>	
2.12 Citoplasma	75
2.12.1 Nucleoide	75
2.12.2 Ribosomi	76
2.13 Corpi di inclusione	76
2.13.1 Granuli di riserva	76
2.13.2 Microcompartimenti cellulari	77
2.13.3 Magnetosomi	78
2.13.4 Vescicole gassose	78
Differenziamento cellulare nei batteri	79
<i>Ezio Ricca</i>	
2.14 Endospore batteriche	79
2.14.1 Sporulazione	80
▶ Colorazione delle spore (metodo di Schaeffer-Fulton)	80
2.14.2 Struttura della spora	83
▶ Differenziamento e sviluppo batterico	84
<i>Anna Maria Puglia</i>	
▶ Insetticidi e tossine entomopatogene di <i>Bacillus thuringiensis</i>	86
<i>Anna Maria Sanangelantoni ed Ezio Ricca</i>	



Parte B

CRESCITA MICROBICA E METABOLISMO

A cura di Anna Maria Sanangelantoni

Capitolo 3

Nutrizione e crescita microbica

Ezio Ricca e Loredana Baccigalupi

3.1 Composizione elementare delle cellule	92
3.1.1 I sei elementi che costituiscono le macromolecole biologiche	92
3.2 Categorie nutrizionali	96
3.2.1 Fattori di crescita: prototrofia e auxotrofia	96
3.3 Assimilazione dei nutrienti: trasporto di molecole dall'ambiente	97
3.3.1 Trasporto con traslocazione di gruppo	99
3.3.2 Idrolisi di macromolecole e trasporto dei prodotti di degradazione	100
3.4 Terreni di coltura	101
3.4.1 Terreni minimi e complessi	101
3.4.2 Terreni solidi	101
3.4.3 Uso dei terreni solidi per l'isolamento di colture pure	102
3.4.4 Terreni arricchiti, selettivi e differenziali	104
3.5 Come si determina la quantità di microrganismi in una coltura	105
3.5.1 Determinazione della biomassa: peso secco	106
3.5.2 Misurazione della torbidità di una coltura	106
3.5.3 Conta totale	106
3.5.4 Conta vitale	107
3.6 Descrizione matematica della crescita microbica	108
3.6.1 Rappresentazione grafica della crescita batterica	110

3.7	Curva di crescita	110
	▶ Descrizione matematica della crescita esponenziale	111
3.7.1	Fase di latenza	111
3.7.2	Fase di crescita esponenziale	111
3.7.3	Fase stazionaria	111
3.7.4	Fase di morte	112
3.7.5	Crescita diauxica	112
3.7.6	Crescita continua	113
3.8	Fattori che influenzano la crescita microbica	114
3.8.1	Temperatura	114
3.8.2	pH	115
3.8.3	Disponibilità di acqua	116
3.8.4	Disponibilità di ossigeno	117
3.8.5	Colture microbiche aerobie e anaerobie	118
3.9	Metodi fisici	120
3.9.1	Calore	120
3.9.2	Radiazioni	121
3.9.3	Filtrazione	122
3.10	Metodi chimici	122
3.11	Antibiotici	124
	<i>Stefania Stefani</i>	
	▶ Antibiotici: uso e conseguenze	124
	▶ Il metabolismo secondario: ruolo fisiologico e sviluppo industriale	125
3.11.1	Effetti degli antibiotici sul microorganismo	126
3.11.2	Saggi di sensibilità agli antibiotici	126
3.11.3	Spettro d'azione di un antibiotico	128
3.11.4	Meccanismi d'azione dei principali antibiotici	128
	▶ ESERCITAZIONE: Conta totale	www
	▶ ESERCITAZIONE: Conta vitale	www
	▶ ESERCITAZIONE: Diluizioni seriali	www
	▶ ESERCITAZIONE: Curva di crescita	www
	▶ ESERCITAZIONE: Antibiogramma	www
	▶ ESERCITAZIONE: MIC, minima concentrazione inibente	www
 Capitolo 4		
	Metabolismo microbico	130
	<i>Anna Maria Sanangelantoni</i>	
4.1	Principali forme di energia utile nelle reazioni biologiche	131
4.1.1	Energia libera e potenziali di ossidoriduzione	132
4.2	Reazioni di ossidoriduzione biologica	133
	▶ Stato di ossidazione di un elemento	134
	▶ Pirofosfato e polifosfati per la produzione di ATP	134
4.2.1	Potenziali di riduzione	135
4.2.2	Torre degli elettroni	136
4.2.3	Trasportatori di elettroni	137
4.3	ATP e altri composti ad alta energia	139
4.4	Sintesi di ATP	140
4.4.1	Fosforilazione a livello del substrato	140
4.4.2	Fosforilazione a livello di membrana	141
	▶ Energia libera di Gibbs e calcolo del potenziale elettrico	141
4.5	ATP sintasi e sintesi di ATP a livello di membrana	143
 Capitolo 5		
	Chemiotrofia	145
	<i>Anna Maria Sanangelantoni</i>	
	Energia dalla degradazione di sostanze organiche: i batteri chemiorganotrofi (eterotrofi)	146

5.1	Metabolismo fermentativo	147
5.1.1	Degradazione del glucosio ad acido piruvico	148
5.1.2	Fermentazione lattica	150
5.1.3	Fermentazione alcolica (lieviti e batteri)	152
5.1.4	Fermentazione acido mista e 2,3-butandiolica degli enterobatteri	154
	▶ I batteri lattici	155
	▶ I bifidobatteri	156
	▶ Il batterio <i>Zymomonas</i>	160
5.1.5	Fermentazione propionica	160
	▶ I batteri enterici	161
5.1.6	Fermentazione butirrica e aceton-butanolica dei clostridi e altre fermentazioni	162
5.2	Metabolismo respiratorio	164
	▶ Il genere <i>Clostridium</i>	165
	▶ La fermentazione acetica: un'ossidazione incompleta	166
5.2.1	Respirazione aerobia dei batteri chemioeterotrofi	167
5.2.2	Respirazione anaerobia dei batteri chemioeterotrofi	170
	▶ La metanogenesi	175
	▶ L'acetogenesi	179
5.3	Diversità delle fonti organiche di energia	179
5.3.1	Catabolismo dei carboidrati	179
5.3.2	Catabolismo dei lipidi	182
5.3.3	Catabolismo di proteine e aminoacidi	182
5.3.4	Energia da composti organici a un atomo di carbonio: metilotrofia	183
	▶ I batteri metofili	184
5.3.5	Catabolismo degli idrocarburi e dei composti xenobiotici	185
	▶ <i>Pseudomonadaceae</i> e <i>Pseudomonas</i>	187
	Energia da reazioni di ossidazione di composti ridotti	188
5.4	Microrganismi chemiolitotrofi	188
	<i> Davide Zannoni</i>	
5.4.1	Ossidazione dell'idrogeno molecolare (H ₂): batteri H ₂ ossidanti	188
5.4.2	Ossidazione dei composti ridotti dello zolfo: batteri zolfo-ossidanti o solfobatteri	189
5.4.3	Ossidazione del ferro (Fe ²⁺): batteri ferro-ossidanti	191
5.4.4	Ossidazione dell'azoto: batteri nitrificanti	192
5.4.5	Ossidazione anaerobia dell'azoto: batteri "anammox"	194
Capitolo 6		
	Energia dalla luce: i procarioti fototrofi	195
	<i> Davide Zannoni</i>	
6.1	Fototrofia basata sulla batteriorodopsina: pompe protoniche "primarie"	196
6.2	Pigmenti fotosintetici e membrane fotosintetiche	198
6.3	Fototrofia basata sulla clorofilla e/o batterioclorofilla: pompe protoniche "secondarie"	200
6.4	Fotosintesi anossigenica	201
6.4.1	Ciclo fotosintetico "secondario", fotofosforilazione e sintesi di NADH	202
6.5	I cianobatteri e la fotosintesi ossigenica	202
6.5.1	Flusso di elettroni nella fotosintesi ossigenica	204
6.5.2	Sintesi di ATP (flusso ciclico e non ciclico)	204
6.6	I microrganismi fotosintetici	206
	<i> Anna Maria Sanangelantoni</i>	
6.6.1	Phylum Cyanobacteria (cianobatteri)	207
6.6.2	Phylum Proteobacteria	211
6.6.3	"Clade" dei batteri aerobi che contengono batterioclorofille	212
6.6.4	Phylum Chlorobi (batteri verdi sulfurei)	212

- 6.6.5 Phylum Chloroflexi (batteri verdi non sulfurei) 213
- 6.6.6 Phylum Firmicutes 214
- ▶ Genetica della fotosintesi anossigenica e risposta all'ossigeno e alla luce **www**

Capitolo 7

Assimilazione e biosintesi

Anna Maria Sanangelantoni e Davide Zannoni

- 7.1 Come i procarioti si procurano il carbonio: eterotrofia 216
- 7.2 Come i procarioti si procurano il carbonio: autotrofia 218
 - 7.2.1 Ciclo di Calvin 218
 - 7.2.2 Ciclo riduttivo del TCA e ciclo dell'idrossipropionato 219
- 7.3 Assimilazione dell'azoto 220
 - 7.3.1 Assimilazione dell'ammoniaca 220
 - 7.3.2 Assimilazione del nitrato 223
 - 7.3.3 Fissazione dell'azoto 223
 - ▶ L'azotofissazione 226
- 7.4 Assimilazione di zolfo e fosforo 226
 - 7.4.1 Zolfo 226
 - 7.4.2 Fosforo 228
- 7.5 Strategie delle vie biosintetiche 228
 - 7.5.1 Biosintesi degli aminoacidi e dei nucleotidi 228
 - 7.5.2 Sintesi dei lipidi 228
 - 7.5.3 Biosintesi delle sostanze di riserva del carbonio 229

Parte C

GENETICA BATTERICA E BIOLOGIA MOLECOLARE

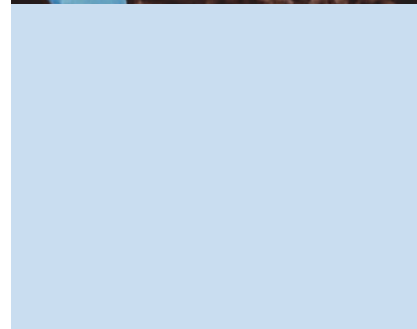
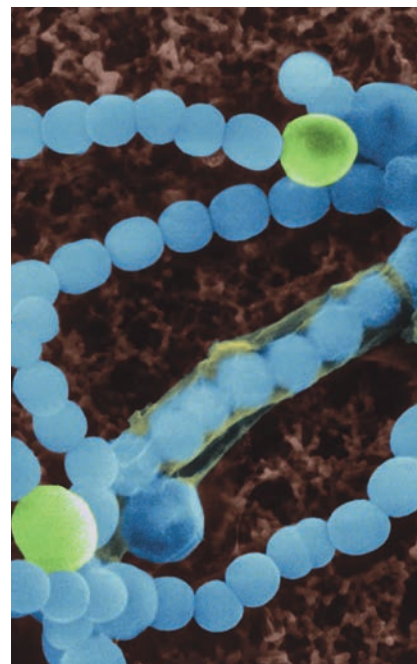
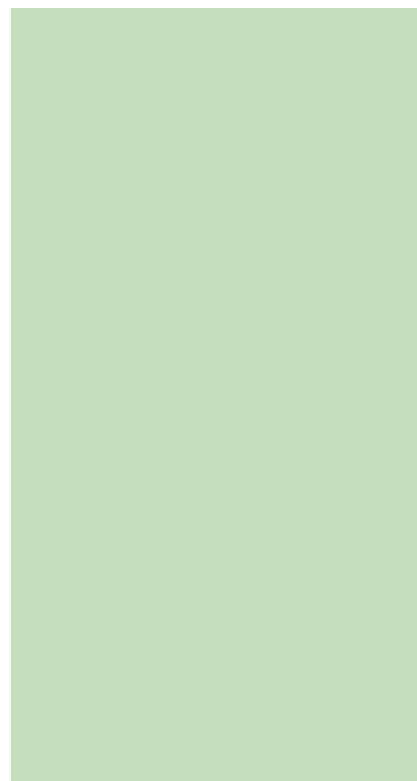
A cura di Luciano Paolozzi e Gianni Dehò

Capitolo 8

Il genoma dei procarioti

Luciano Paolozzi

- 8.1 Il nucleotide 235
 - 8.1.1 Struttura fisica del nucleotide 235
 - 8.1.2 Architettura del cromosoma batterico 238
 - ▶ Lo stato topologico del DNA 238
 - ▶ Il genoma di *Borrelia burgdorferi* 241
 - ▶ Il repertorio del pool genico, uno specchio che riflette la fisiologia batterica 244
- 8.2 Elementi genetici accessori 247
 - 8.2.1 I plasmidi 247
 - ▶ La scoperta dei plasmidi che conferiscono resistenza ad antibiotici 249
 - ▶ Diverse architetture del genoma dei procarioti 249
 - ▶ I metodi per lo studio dei plasmidi 250
 - 8.2.2 Elementi genetici trasponibili: sequenze IS e trasposoni 254
 - ▶ Due esempi di plasmidi modello 255
 - 8.2.3 La trasposizione 257
 - ▶ Un esperimento di trasposizione 258
 - 8.2.4 Elementi virali 262
 - 8.2.5 Integroni 262
 - 8.2.6 Retroelementi procarioti 262
 - 8.2.7 Ruolo degli elementi genetici accessori nell'evoluzione batterica 263
- 8.3 Mappe genetiche dei procarioti 264
 - ▶ La diversificazione dei genomi di *Escherichia coli*: ruolo degli elementi genetici accessori 265



Capitolo 9	[Disponibile online]	
Replicazione del DNA		266
<i>Luciano Paolozzi</i>		
9.1	Le proteine della replicazione	w3
9.2	L'inizio della replicazione	w4
	▶ Le DNA polimerasi	w5
9.2.1	L'origine di replicazione di <i>E. coli</i>	w6
	▶ Pol I, l'enzima "eureka" e le altre polimerasi	w7
	▶ Altre proteine necessarie per la replicazione	w8
	▶ Regolazione dell'inizio della replicazione nei batteri	w9
9.2.2	L'inizio della replicazione a <i>oriC</i>	w10
9.2.3	Meccanismi di controllo dell'inizio della replicazione	w11
	▶ Il primosoma nei batteri	w12
9.2.4	L'inizio della replicazione di batteri con più cromosomi	w12
9.3	Innesco della sintesi e allungamento del DNA	w13
	▶ L'assemblaggio ciclico della primasi e DNA polimerasi III sul lagging strand e sintesi dei frammenti di Okazaki	w14
9.4	Terminazione e risoluzione dei nuovi cromosomi	w15
9.5	La replicazione degli elementi extracromosomali e il suo controllo	w16
9.5.1	La replicazione del fattore F	w16
9.5.2	La replicazione di ColE1	w18
9.5.3	Il controllo del numero delle copie del DNA	w18
9.5.4	La replicazione dei cromosomi lineari	w19
9.6	La replicazione negli <i>Archaea</i>	w21
Capitolo 10		
Ricombinazione genetica nei batteri		269
<i>Luciano Paolozzi</i>		
10.1	La ricombinazione generale o omologa	270
10.1.1	Modelli e meccanica della ricombinazione omologa	272
10.1.2	Il modello di ricombinazione promossa da rotture a doppia elica (<i>double-strand break repair</i>)	272
	▶ L'evoluzione dei modelli di ricombinazione	274
10.1.3	La formazione di ssDNA e il ruolo del complesso RecBCD	277
10.1.4	Identità delle sequenze interagenti	278
10.1.5	La ricombinazione omologa dipendente da RecBCD promossa da rotture del DNA a doppia elica	279
10.2	La ricombinazione non omologa	279
10.2.1	Enzimi e bersagli della ricombinazione sito-specifica	279
10.2.2	I vari tipi di ricombinazione sito-specifica	280
10.2.3	L'inversione programmata di sequenze di DNA	281
	▶ Integrazione di λ	282
	▶ Inversione geneticamente programmata di segmenti genomici	283
Capitolo 11		
Integrità dell'informazione genetica e generazione di mutazioni		285
<i>Luciano Paolozzi</i>		
11.1	Mutanti batterici	286
11.2	Natura delle mutazioni ed eventi che ne provocano l'insorgenza	288
11.2.1	Errori di replicazione e mutazioni dirette	288
11.2.2	Mutazioni che derivano da lesioni al DNA	290
11.3	Meccanismi che mantengono l'integrità dell'informazione genetica	290
11.3.1	La correzione degli errori di copiatura da parte della DNA polimerasi	291

11.3.2 Rettifica di misappaiamenti (<i>mismatch repair</i> , MMR)	292
▶ Agenti mutageni	292
11.3.3 La riparazione dei danni del DNA	293
11.4 La frequenza delle mutazioni spontanee	298
▶ Le strategie di sopravvivenza al danno del DNA di <i>Deinococcus radiodurans</i>	299
11.5 Mutazione, selezione e adattamento batterico	301
11.5.1 Il test di fluttuazione di Luria e Delbrück	302
▶ I batteri e la sconfitta della roccaforte del lamarckismo	303
11.5.2 La selezione indiretta di mutanti mediante replica di Lederberg & Lederberg	304
11.5.3 La selezione indiretta di mutanti mediante arricchimento in coltura liquida di Cavalli Sforza e Lederberg	305
11.6 Le mutazioni “post-adattative”	306

Capitolo 12

Plasticità del genoma batterico: trasferimento genico orizzontale 308

Luciano Paolozzi

12.1 I meccanismi del trasferimento genico orizzontale	311
12.2 La coniugazione	311
▶ La traslocazione del DNA nei processi coniugativi	311
12.2.1 Il plasmide coniugativo F	313
12.2.2 I plasmidi coniugativi in altri batteri Gram negativi e nei Gram positivi	317
▶ La scoperta della coniugazione e della ricombinazione nei batteri	319
12.3 La trasformazione batterica	323
▶ La scoperta della trasformazione	324
12.3.1 Natura del DNA trasformante	325
12.3.2 Competenza e apparati di trasformazione	325
12.3.3 Destino del DNA trasformante	325
12.3.4 Meccanismi e condizioni per la traslocazione del DNA trasformante	326
12.3.5 La competenza artificiale	327
▶ La competenza: uno stato fisiologico regolato e transiente	328
12.3.6 Il significato biologico della competenza	328
12.4 La trasduzione	328
12.4.1 La trasduzione generalizzata	329
12.4.2 La trasduzione specializzata	330
▶ Una barriera al TGO: il riconoscimento del DNA “self” dal “non self”	331
12.5 Il trasferimento genico orizzontale in natura	332
<i>Marco Bazzicalupo</i>	
12.5.1 Coniugazione	332
12.5.2 Trasformazione	333
12.5.3 Trasduzione	333
12.5.4 L'integrazione di DNA estraneo nel genoma batterico	334
12.5.5 La selezione naturale e il destino dei geni trasferiti orizzontalmente	335
12.5.6 Il ruolo del trasferimento genetico orizzontale nell'evoluzione	335

Capitolo 13

Trascrizione e traduzione 337

Luciano Paolozzi e Marco Bazzicalupo

13.1 Trascrizione nei batteri	338
13.1.1 Fasi della trascrizione	341
▶ Scelta dei promotori da parte dell'RNA polimerasi nelle risposte adattative	346
13.2 Trascrizione negli <i>Archaea</i>	348
13.2.1 RNA polimerasi e apparato di trascrizione degli <i>Archaea</i>	348

13.2.2	Regolatori della trascrizione degli <i>Archaea</i>	349
13.2.3	Inibitori della trascrizione	349
13.3	Traduzione nei batteri	350
13.3.1	Inizio della traduzione	350
13.3.2	Fase di elongazione	352
13.3.3	Terminazione della traduzione	353
13.4	Traduzione in <i>Archaea</i> ed eucarioti	353
13.4.1	Antibiotici inibitori della sintesi proteica	353

Capitolo 14

Regolazione dell'espressione genica

Luciano Paolozzi

14.1	Aspetti generali della regolazione genica	358
14.1.1	Come i batteri "sentono" l'ambiente	358
14.1.2	Sistemi di regolazione delle funzioni cellulari e livelli di regolazione	359
14.1.3	Elementi del controllo dell'espressione genica	360
14.2	Modelli di regolazione in sistemi catabolici	361
14.2.1	Operone <i>lac</i> per l'utilizzazione del lattosio. Modello classico di regolazione negativa e controllo positivo di cAMP-CRP	361
	▶ Il trasporto del lattosio nella cellula: il segnale intracellulare della presenza del lattosio	363
14.2.2	Regulone maltosio, esempio di regolazione positiva	365
14.2.3	Operone arabinosio: regolazione positiva e negativa in una sola proteina (con l'aiuto di CRP)	365
14.2.4	Utilizzazione del galattosio: un regulone complesso	366
14.3	Modelli di regolazione di sistemi anabolici: regolazione della sintesi degli aminoacidi	369
	Marco Bazzicalupo	
14.3.1	Regolazione feedback dell'attività enzimatica	369
14.3.2	Regolazione trascrizionale	370
14.3.3	Regolazione trascrizionale dell'operone <i>trp</i>	372
14.3.4	Altri sistemi di regolazione riguardanti gli aminoacidi e la sintesi proteica	376
	▶ La regolazione post-trascrizionale nei procarioti	377
14.3.5	Regolazione della sintesi della metionina	378
14.4	Modelli di regolazione globale	379
14.4.1	La risposta a stress da calore (<i>heat shock</i>)	379
14.4.2	Regolazione del regulone σ^H in <i>Escherichia coli</i>	380
14.4.3	Sistema SOS di <i>Escherichia coli</i>	381
	▶ La riattivazione W delle particelle fagiche e la scoperta del sistema SOS	382
14.4.4	Risposta alla carenza di aminoacidi	382
14.4.5	Meccanismo dell'induzione della sintesi di (p)ppGpp	383
14.5	Il controllo temporale dell'espressione genica	384
	Marco Bazzicalupo	
14.5.1	La sporulazione	384
14.6	I geni della sporulazione	384
	Marco Bazzicalupo	
14.6.1	Il fosforelé	385
14.6.2	La cascata dei fattori σ e la regolazione spazio-temporale	385
	▶ Sviluppo della competenza e trasformazione	387

Capitolo 15

Divisione cellulare e differenziamento

Luciano Paolozzi

15.1	Divisione delle cellule procariote	390
15.1.1	Il ciclo di crescita del batterio modello <i>Escherichia coli</i>	390

15.1.2	La costruzione dell'apparato di citochinesi	391
15.1.3	La dinamica e il controllo della formazione dell'anello Z in <i>Escherichia coli</i>	395
	▶ L'occlusione del nucleoide e le proteine anti-ghigliottina	397
	▶ L'anello z dei plastidi e l'origine degli eucarioti	398
	▶ Le proteine del citoscheletro batterico nella divisione e nel differenziamento	399
15.1.4	Ripartizione del DNA durante la citochinesi	400
15.1.5	La ripartizione dei plasmidi	401
15.2	Differenziamento nei procarioti	403
15.2.1	Polarità cellulare, compartimentalizzazione delle proteine e differenziamento nei procarioti	404
15.2.2	Il differenziamento come risposta adattativa	406
15.3	Il differenziamento di <i>Caulobacter crescentus</i>	406
15.3.1	Il ciclo vitale di <i>Caulobacter crescentus</i>	406

Capitolo 16

Eredità infettiva: i virus degli eucarioti 412

Giorgio Gribaudo

16.1	Caratteristiche generali dei virus	413
16.1.1	Struttura e organizzazione dei virioni	413
16.1.2	Classificazione dei virus	418
16.1.3	Replicazione virale	419
16.1.4	Modalità di studio dei virus	425
16.2	I virus degli animali	427
16.2.1	Modelli di infezione	427
16.2.2	La risposta dell'ospite all'infezione	430
16.2.3	Modelli di virus animali	432
16.3	I virus dei vegetali	445
16.3.1	Virus del mosaico del tabacco (TMV)	446
16.3.2	Virus di <i>Chlorella</i>	447
16.4	Agenti sub-virali e prioni	447
16.4.1	Viroidi	447
16.4.2	Virus satelliti e virusoidi	447
16.4.3	Elementi genetici mobili	447
16.4.4	Prioni	448
16.5	Farmaci antivirali	448
16.5.1	Inibizione dell'attacco e della penetrazione del virus	448
16.5.2	Inibizione della replicazione del genoma virale	449
16.5.3	Inibizione dell'assemblaggio virale e della maturazione	449
	▶ Il virus ebola	450
	▶ La scoperta dei virus	www

Capitolo 17

Eredità infettiva: i virus dei procarioti 453

Luciano Paolozzi

17.1	Struttura, organizzazione e studio dei batteriofagi	454
17.1.1	L'involucro proteico di alcuni fagi modello	454
17.1.2	I genomi dei batteriofagi	455
17.1.3	La diversità dei batteriofagi e modelli di studio	455
17.1.4	La titolazione dei batteriofagi mediante il metodo delle placche	456
17.2	Riproduzione dei batteriofagi	457
17.2.1	Il ciclo litico	458
	▶ L'adsorbimento del fago alla cellula ospite	460
17.2.2	Il ciclo lisogeno dei fagi temperati	464
17.3	Analisi genetica dei fagi	465
17.4	Alcuni esempi di batteriofagi modello	465

17.4.1 Fagi della serie T	465
17.4.2 Fagi a ssDNA filamentosi e isometrici	467
17.4.3 Batteriofagi a RNA	469
17.4.4 L'elemento genetico più finemente caratterizzato: il fago λ	471
17.4.5 Il profago-plasmide del batteriofago trasducente P1	476
17.4.6 Il profago-plasmide lineare del batteriofago N15	476
▶ Lisare o non lisare? Tra caso, genetica ed epigenetica	477
17.4.7 Il batteriofago-trasposone Mu	478
▶ Alla scoperta delle leggi complementari della fisica	www
▶ Calcolo dei batteri non infettati e molteplicità d'infezione	www
▶ Applicazioni dell'uso dei batteriofagi	www

Capitolo 18

Analisi globale delle cellule batteriche

Marco Bazzicalupo

18.1 Genomica	483
18.1.1 Sequenziamento di genomi batterici	483
18.1.2 Annotazione	484
18.2 Metagenomica	486
18.3 Genomica funzionale	486
18.3.1 Trascrittomica e <i>microarray</i> a DNA (<i>DNA chips</i>)	487
▶ L'esempio di <i>Caulobacter crescentus</i>	489
18.3.2 Ibridazione genomica comparativa	489
18.3.3 Proteomica	490
18.4 Metabolomica e fenomica	491

Capitolo 19

Tassonomia, sistematica, filogenesi, evoluzione

Anna Maria Sanangelantoni, Giovanna Lucchini, Marco Bazzicalupo

19.1 Tassonomia	493
19.1.1 Sistemi di classificazione	494
▶ Storia della terra	494
19.2 Evoluzione	495
▶ Storia della classificazione dei batteri	496
19.3 Filogenesi molecolare dei microrganismi	497
19.3.1 I metodi molecolari	499
19.3.2 Le sequenze usate nella filogenesi molecolare	506
19.3.3 TGO	512
19.4 Gruppi tassonomici	512
19.4.1 <i>Bacteria</i>	512
19.4.2 <i>Archaea</i>	512
19.4.3 Microrganismi eucarioti	517
▶ Costruire un albero	www

**Parte D****INTERAZIONI TRA MICRORGANISMI E CON ALTRI ORGANISMI**

A cura di Maria Lina Bernardini

Capitolo 20

Interazioni tra batteri: strategie di cooperazione e competizione

Paolo Landini

20.1 Comunicazione intercellulare: il "quorum sensing"	536
20.1.1 Quorum sensing nei batteri Gram negativi	537

▶ Esempi di meccanismi di quorum sensing regolati da omo-serin-lattoni	541
20.1.2 Ruolo del quorum sensing nell'interazione batteri-organismi eucarioti	541
20.1.3 Quorum sensing in batteri Gram positivi	543
20.1.4 Quorum sensing e sua relazione con la produzione di agenti antimicrobici	545
20.1.5 Altre molecole con funzione di autoinduttori	546
▶ Quorum sensing: una dimostrazione del valore intrinseco della ricerca di base	546
20.2 Associazioni microbiche: i biofilm	546
20.2.1 Definizione generale	547
20.2.2 Formazione del biofilm e sua architettura	547
20.2.3 Macromolecole e strutture cellulari batteriche coinvolte nella formazione del biofilm	549
20.2.4 Meccanismi di regolazione genica legati al biofilm	550
▶ Di-GMP ciclico e suo ruolo nella produzione della cellulosa e nella formazione del biofilm	552
20.2.5 Biofilm microbico nella prospettiva ecologica e nel contesto delle malattie infettive	552
20.3 Antibiotici nell'interazione tra microrganismi	555
Capitolo 21	
Interazioni con gli animali: il microbiota	558
<i>Maria Lina Bernardini</i>	
21.1 Introduzione alla microflora endogena: gli esseri umani non sono microbiologicamente sterili	559
21.2 Microbiota della pelle e del naso	560
21.3 Microbiota della cavità orale e dell'orofaringe	560
▶ La placca dentale	562
21.4 Microbiota delle vie respiratorie	563
21.5 Microbiota delle vie urogenitali	564
21.6 Microbiota del tratto gastrointestinale	564
21.6.1 Il colon: un incubatore microbico naturale	565
21.7 "Microbioma": un concetto innovativo che svela alcune delle funzioni del microbiota	567
▶ I patobionti, una nuova categoria di microrganismi	567
21.8 Batteri "benefici" del colon: introduzione ai probiotici	568
▶ La microflora e il sistema immunitario: il ruolo negativo dell'igiene eccessiva, ovvero una revisione critica del concetto di igiene	569
21.9 Simbiosi mutualistiche fra batteri e insetti	570
▶ Il rapporto fra la flora batterica e l'obesità	572
Capitolo 22	
Interazioni con gli organismi animali: la patogenesi	573
<i>Maria Lina Bernardini</i>	
22.1 Patogenicità e virulenza batterica: due concetti da definire	574
22.2 Batteri patogeni, postulati di Koch e misura della virulenza	575
▶ <i>Helicobacter pylori</i> e l'epitelio gastrico	576
22.3 Importanza del DNA alieno: dai commensali ai patogeni	578
▶ Le forme patogene di <i>Escherichia coli</i>	580
22.4 Fenotipo dei batteri patogeni: fattori di virulenza	581
22.5 Fattori di adesione: mediatori di molti fenotipi di virulenza	583
22.6 Invasività, effettori batterici e invasine	586

22.6.1	I meccanismi molecolari dell'invasività batterica: trigger e zipper	586
22.7	Stili di vita dei batteri invasivi	588
22.8	Regolazione genica: arma segreta dei batteri patogeni	590
	<i>Pietro Alifano</i>	
	▶ Come <i>Salmonella</i> divenne un batterio patogeno	591
	<i>Pietro Alifano</i>	
22.9	Tossine: "frecce" molecolari dei batteri patogeni	592
	▶ Eventi regolativi nella virulenza di <i>Salmonella enterica</i>	593
	<i>Pietro Alifano</i>	
22.9.1	Le tossine che agiscono dall'esterno della cellula	596
22.9.2	Tossine solubili con bersagli intracellulari	597
22.9.3	Le neurotossine	600
	▶ Lo studio dell'espressione genica nell'ospite e la <i>reverse vaccinology</i>	603
	<i>Pietro Alifano</i>	

Capitolo 23

Meccanismi di difesa dell'ospite: immunità innata

Maria Lina Bernardini

23.1	Difese fisiche contro i patogeni	605
	▶ Le cellule M dell'intestino: il "tallone di achille" dell'epitelio intestinale	607
23.2	Immunità innata: un sistema di difesa ancestrale	609
23.2.1	PAMPs, <i>Pathogen-Associated Molecular Patterns</i> - Strutture batteriche	610
	▶ Toll VS Imd: le armi molecolari di <i>Drosophila melanogaster</i>	611
23.2.2	PRRs, <i>Pattern Recognition Receptors</i>	612
23.2.3	PRRs di membrana: i recettori <i>Toll-like</i>	613
	▶ L'apoptosi o morte cellulare programmata (PCD): un suicidio cellulare	613
23.2.4	PRRs citosolici: le proteine NLR	615
23.3	Cellule del sistema immunitario: la popolazione eterogenea dei leucociti	617
	▶ Le malattie infiammatorie dell'intestino e le proteine NLRs	617
23.4	Neutrofili, una popolazione cellulare sulla prima linea di difesa	620
23.5	Macrofagi (fagociti mononucleati)	622
23.6	Cellule <i>natural killer</i>	623
23.7	Sistema del complemento	624
23.8	Citochine	627
	▶ Shock settico e reazioni di Schwartzman	627
23.9	Chemochine	628
23.10	Processo di "evasione immune" dei batteri patogeni	629
23.10.1	Difese "strutturali" dei microrganismi	629
23.10.2	Evasione dalla difesa delle barriere della cellula ospite	629
23.10.3	"Camuffamento", strategia per diminuire il riconoscimento da parte del sistema immunitario innato	630
23.10.4	Cambiamento delle strutture di superficie per imbrogliare il sistema immunitario dell'ospite	631
23.10.5	Fagosoma: strategia di difesa	632

Capitolo 24

Meccanismi di difesa dell'ospite: immunità adattativa

Maria Lina Bernardini

24.1	Effettori dell'immunità adattativa: gli anticorpi	636
-------------	--	-----

24.2	Tipologia degli anticorpi e loro ruolo	637
24.3	Selezione e sviluppo degli anticorpi	639
	24.3.1 Organizzazione dei loci genici delle immunoglobuline	640
	▶ Il sistema immunitario delle mucose	641
24.4	Meccanismi molecolari della diversità immunitaria	642
	24.4.1 Ricombinazione somatica	641
	24.4.2 Altri meccanismi della variabilità anticorpale	643
24.5	Linfociti T e riconoscimento degli antigeni	644
24.6	Organizzazione dei loci genici del TcR	645
24.7	Selezione dei linfociti T	645
24.8	Molecole del complesso maggiore di istocompatibilità (MHC)	647
	24.8.1 MHC di classe I	647
	24.8.2 MHC di classe I e presentazione degli antigeni	648
	24.8.3 MHC di classe II	649
24.9	Cellule presentanti l'antigene (APC): cellule dendritiche	649
	▶ Le cellule dendritiche e la mucosa intestinale	654
24.10	Linfociti T effettori: linfociti T <i>helper</i> e citotossici (CTL)	655
24.11	Linfociti T <i>helper</i> e polarizzazione della risposta	655
 Capitolo 25		
	Interazioni dei microrganismi con gli organismi vegetali	657
	<i>Pietro Alifano</i>	
25.1	Rizosfera e fillosfera	658
	25.1.1 Modificazione della rizosfera da parte di batteri e funghi	659
	25.1.2 Micorrize	659
	25.1.3 Batteri azotofissatori endosimbionti	660
	▶ Altri tipi di micorrize	661
	25.1.4 Rizobi e leguminose	662
25.2	Ciclo dell'azoto nel suolo: nitrificazione e denitrificazione	666
25.3	Riconoscimento dei batteri patogeni	667
	25.3.1 Immunità innata primaria: sistema MAMP-PRR nelle piante	667
	25.3.2 Immunità innata secondaria: geni di resistenza (R) delle piante e di avirulenza (<i>avr</i>) dei batteri	668
	25.3.3 Resistenza sistemica acquisita (SAR) e indotta (ISR)	670
25.4	<i>Agrobacterium</i> e induzione di tumori nelle piante	670
25.5	Utilizzo dei microrganismi della rizosfera nelle nuove tecnologie agrarie	673
Crediti fotografici		674
Indice analitico		675