

Indice generale

Strumenti di lettura e digitali	xx	1.4.1 Microrganismi come agenti di malattie e come produttori di farmaci antibatterici	14
Prefazioni	XXII	1.5 Microrganismi e trasformazione della sostanza organica	15
Autrici e autori	XXV	1.6 Sviluppo della microbiologia come scienza di base e applicata	16
PARTE A		1.7 Aree specialistiche della microbiologia	18
Struttura e funzioni delle cellule procariote		Scheda 1.1 <i>I postulati di Koch</i>	15
		Scheda 1.2 <i>Alcune tappe significative nella storia della microbiologia</i>	17
1 Alla scoperta del mondo microbico	2	2 La cellula	19
<i>di Gianni Dehò ed Enrica Galli</i>		<i>di Paola Quatrini, Alessandra Polissi, Anna Maria Puglia, Anna Maria Sanangelantoni ed Ezio Ricca</i>	
1.1 Il mondo dei microrganismi	3	LA CELLULA	
1.1.1 Cellula, organismo vivente, microrganismo	3	2.1 La cellula procariote [di Paola Quatrini]	20
1.1.2 Limiti della crescita e riciclo della materia	4	2.1.1 Differenze e similitudini tra cellula procariote e cellula eucariote	20
1.1.3 Unità e diversità del mondo vivente	4	2.1.2 Differenze e similitudini tra batteri e archei	21
1.1.4 Procarioti-eucarioti, Bacteria-Archaea	5	2.1.3 Morfologia, dimensioni e organizzazione delle cellule procariote	21
1.1.5 Organismi modello e diversità microbica	6	2.1.4 Morfogenesi delle cellule batteriche	22
1.2 Come si costruisce una cellula	6	MEMBRANE E PARETI	
1.2.1 Materia-energia-informatione	6	2.2 Rivestimento delle cellule procariote	
1.2.2 Dalle molecole semplici alle strutture sopramolecolari	7	<i>[di Alessandra Polissi]</i>	23
• Approvvigionamento di energia		2.2.1 Membrana plasmatica	25
• Approvvigionamento di carbonio		• Composizione e struttura della membrana plasmatica nei batteri • Membrana plasmatica negli Archaea	
• Approvvigionamento di azoto		2.2.2 Funzioni della membrana plasmatica	29
1.2.3 Accrescimento e divisione	9	• Barriera selettiva • Produzione di energia • Trasduzione del segnale • Biosintesi di componenti cellulari	
1.3 Dalla microbiologia inconsapevole alla scoperta dei microrganismi	9	2.3 Parete batterica [di Paola Quatrini]	34
1.3.1 Confutazione della teoria della generazione spontanea	10	2.3.1 Sacculo di mureina	34
1.3.2 Sviluppo delle tecniche di base per lo studio dei microrganismi	12		
1.4 Microrganismi e ambiente	13		

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		
2.4	Parete dei batteri Gram negativi		[di Paola Quatrini e Anna Maria Puglia]		
	[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
2.5	Altri tipi di parete nei Bacteria [di Paola Quatrini]	57	2.13.4	Vescicole gassose	90
2.6	Parete cellulare negli Archaea		DIFFERENZIAMENTO CELLULARE NEI BATTERI		
	[di Anna Maria Sanangelantoni]	62	[di Ezio Ricca]		
2.7	Capsula e altri rivestimenti esterni		2.14	Endospore batteriche	91
	[di Anna Maria Puglia]	63	2.14.1	Sporulazione	94
2.7.1	Strato S	63		• Induzione della sporulazione • Formazione del setto di divisione asimmetrico	
2.7.2	Capsule e polisaccaridi extracellulari	64		• Inglobamento della prespora • Formazione della corteccia • Formazione del rivestimento esterno • Maturazione e rilascio della spora • Germinazione	
BIOGENESI DEI RIVESTIMENTI BATTERICI E SECREZIONE DI MACROMOLECOLE					
[di Alessandra Polissi]					
2.8	Sistema di secrezione Sec e sue diramazioni Sec-dipendenti		2.14.2	Struttura della spora	97
2.8.1	Indirizzamento delle proteine alla membrana interna	66	Scheda 2.1	La colorazione di Gram	24
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	67	Scheda 2.2	Monodermi e didermi	25
2.9	Sistemi di secrezione indipendenti da Sec	71	Scheda 2.3	Antibiotici che agiscono sulle membrane [di Stefania Stefani e Margherita Sosio]	30
2.9.1	Trasporto attraverso la membrana plasmatica di proteine ripiegate: il sistema Tat	71	Scheda 2.4	Antibiotici inibitori della sintesi del peptidoglicano [di Stefania Stefani e Margherita Sosio]	40
2.9.2	Trasportatori ABC	71	Scheda 2.5	I batteri Gram positivi (monodermi) [di Anna Maria Sanangelantoni]	50
2.9.3	Sistema di secrezione di tipo III	73	Scheda 2.6	I micobatteri [di Anna Maria Sanangelantoni]	57
2.9.4	Sistema di secrezione di tipo IV	75	Scheda 2.7	La colorazione di Ziehl-Neelsen (acido-resistenza)	59
2.9.5	Sistema di secrezione di tipo VI	76	Scheda 2.8	Antibiotici antimicobatterici per il trattamento della tubercolosi [di Margherita Sosio]	59
APPENDICI ESTERNE [di Anna Maria Puglia]					
2.10	Flagelli		Scheda 2.9	I micoplasmi: batteri Gram positivi senza parete [di Anna Maria Sanangelantoni]	61
2.10.1	Struttura del flagello	79	Scheda 2.10	Le clamidie: batteri Gram negativi senza parete mureinica [di Anna Maria Sanangelantoni]	62
2.10.2	Movimento dei flagelli	80	Scheda 2.11	Le vescicole extracellulari	78
2.10.3	Chemiotassi	80	Scheda 2.12	Differenziamento e sviluppo batterico	92
2.10.4	Biosintesi del flagello	81	Scheda 2.13	La colorazione delle spore (metodo di Schaeffer-Fulton o verde malachite)	94
		83	Scheda 2.14	Insetticidi e tossine entomopatogene di <i>Bacillus thuringiensis</i> [di Anna Maria Sanangelantoni ed Ezio Ricca]	97

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
 • Carbonio • Ossigeno e idrogeno • Azoto
 • Fosforo • Zolfo • Selenio • Altri elementi 101

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

- | | |
|---|-----|
| 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 Colture 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	5.2.2 Respirazione anaerobia dei batteri chemioeterotrofi	180
4.2.1 Potenziali di riduzione	147	• Nitrato come accettore finale di elettroni	
4.2.2 Scala dei potenziali redox	149	• Solfato come accettore finale di elettroni (riduzione dissimilativa del sulfato) • Fe ³⁺	
4.2.3 Trasportatori di elettroni	149	e altri possibili accettori di elettroni organici e inorganici • Metanogenesi e acetogenesi	
4.3 ATP e altri composti ad alta energia	152		
4.4 Sintesi di ATP	152	5.3 Diversità delle fonti organiche di energia	185
4.4.1 Fosforilazione a livello del substrato	152	5.3.1 Catabolismo dei carboidrati	189
4.4.2 Fosforilazione a livello di membrana	153	5.3.2 Catabolismo dei lipidi	190
• Catena di trasporto di elettroni dei batteri chemioeterotrofi		5.3.3 Catabolismo di proteine e amminoacidi	190
• Catena di trasporto di elettroni nella fotofosforilazione		5.3.4 Energia da composti organici a un atomo di carbonio: metilotrofia	191
4.5 ATP sintasi e sintesi di ATP a livello di membrana	156	5.3.5 Catabolismo degli idrocarburi e dei composti xenobiotici	196

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 acetonbutanolica 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	

ENERGIA DA REAZIONI DI OSSIDAZIONE DI COMPOSTI INORGANICI

5.4 Microrganismi chemiolitotrofi	199
5.4.1 Ossidazione dell'idrogeno molecolare: batteri H₂-ossidanti	199
5.4.2 Ossidazione dei composti ridotti dello zolfo: batteri zolfo-ossidanti o solfobatteri	200
5.4.3 Ossidazione del ferro (Fe²⁺): batteri ferro-ossidanti	202
5.4.4 Ossidazione dell'azoto: batteri nitrificanti	203
5.4.5 Batteri "comammox": Nitrospira inopinata , un chemiolitoautotrofo che ossida l'ammonio a nitrato	204
5.4.6 Ossidazione anaerobia dell'azoto: batteri "anammox"	205

Scheda 5.1 I batteri lattici	164
Scheda 5.2 I bifidobatteri	165
Scheda 5.3 Zymomonas e la fermentazione alcolica	169
Scheda 5.4 I batteri enterici	170
Scheda 5.5 I clostridi	176
Scheda 5.6 La fermentazione acetica: un'ossidazione incompleta	176
Scheda 5.7 Metanogenesi e acetogenesi	186
Scheda 5.8 I batteri metofili	193
Scheda 5.9 Pseudomonadaceae e Pseudomonas	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	7.3	Assimilazione dell'azoto	236
6.5	Fototrofia basata su clorofilla e batterioclorofilla: pompe protoniche secondarie	212	7.3.1	Assimilazione dell'ammoniaca	236
6.6	Fotosintesi anossigenica	214	7.3.2	Assimilazione del nitrato	238
6.6.1	Ciclo fotosintetico secondario, fotofosforilazione e sintesi di NADH	214	7.3.3	Fissazione dell'azoto	238
6.7	Cianobatteri e fotosintesi ossigenica	216	7.4	Assimilazione di zolfo, fosforo e ferro	241
6.7.1	Flusso di elettroni nella fotosintesi ossigenica	216	7.4.1	Zolfo	241
6.7.2	Sintesi di ATP (flusso ciclico e non ciclico)	217	7.4.2	Fosforo	242
6.8	Aspetti tassonomici e fisiologici dei batteri fotosintetici	218	7.4.3	Ferro	242
6.8.1	Phylum Cyanobacteriota (cianobatteri)	218	7.5	Strategie delle vie biosintetiche	243
• Strutture cellulari e differenziamento • Fisiologia e metabolismo • Ecologia dei cianobatteri			7.5.1	Biosintesi degli amminoacidi e dei nucleotidi	243
6.8.2	Phylum Pseudomonadota	223	7.5.2	Sintesi dei lipidi	245
6.8.3	Clado dei batteri aerobi che contengono batterioclorofile	225	7.5.3	Biosintesi delle sostanze di riserva del carbonio	246
6.8.4	Phylum Chlorobiota (batteri verdi sulfurei)	225	7.6	Cicli biogeochimici: carbonio, azoto, zolfo, fosforo e ferro	246
6.8.5	Phylum Chloroflexota (batteri verdi non sulfurei)	226	7.6.1	Il ciclo del carbonio	247
6.8.6	Phylum Bacillota	226	7.6.2	Il ciclo dell'azoto	248
6.8.7	Phylum Acidobacteriota	226	• 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 anaerobica • 7. Riduzione dei nitriti con ossidazione anaerobia dell'ammonio (anammox)		
6.8.8	Phylum Gemmatimonadota	227	7.6.3	Il ciclo dello zolfo	252
6.9	Fototrofia basata sulla batteriorodopsina: pompe protoniche primarie	227	7.6.4	Il ciclo del fosforo	254
6.9.1	Fototrofia negli archei	227	7.6.5	Il ciclo del ferro	254
6.9.2	Rodopsine nei procarioti	227	Scheda 7.1	L'azotofissazione	239
6.10	Microrganismi con doppia fototrofia: coesistenza di RC-BR e RC-Bchl	228	Scheda 7.2	Sulfamidici e analoghi dell'acido folico [di Margherita Sosio]	244

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

7 Assimilazione, biosintesi e cicli biogeochimici degli elementi

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

PARTE C

Genetica batterica e biologia molecolare



8 Genoma dei procarioti

di Luciano Paolozzi

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

8.2 Elementi genetici accessori	270	9.4 Terminazione e risoluzione (separazione) dei nuovi cromosomi	293
8.2.1 Plasmidi	270		
• Replicone plasmidico: gruppi di incompatibilità, esclusione e spettro d'ospite			
8.2.2 Elementi genetici trasponibili: sequenze IS e trasposoni	276	9.5 Replicazione negli Archaea	294
• Elementi IS • Trasposoni compositi e trasposoni semplici • Altri elementi trasponibili			
8.2.3 Elementi virali	278	RICOMBINAZIONE	
8.2.4 Integroni	278	9.6 Ricombinazione omologa	297
8.2.5 Retroelementi procarioti	279	9.7 Ricombinazione negli Archaea	298
8.2.6 Ruolo degli elementi genetici accessori nell'evoluzione batterica	279	9.8 Ricombinazione non omologa	298
8.3 Mappe genetiche dei procarioti	280	9.8.1 Ricombinazione sito-specifica	298
8.4 Genoma degli Archaea	282	• 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	
Scheda 8.1 Lo stato topologico del DNA	261	9.8.2 Trasposizione	303
Scheda 8.2 Il genoma di Borrelia burgdorferi	264	• Caratteristiche generali della trasposizione • Meccanismo molecolare della trasposizione nei procarioti	
Scheda 8.3 Corrispondenza tra complessità metabolica e dimensioni del genoma	266	INTEGRITÀ DELL'INFORMAZIONE GENETICA E GENERAZIONE DI MUTAZIONI	
Scheda 8.4 La scoperta dei plasmidi che conferiscono resistenza agli antibiotici	271	9.9 Mutanti batterici	305
Scheda 8.5 Architetture diverse dei genomi dei procarioti	273	9.10 Natura delle mutazioni ed eventi che ne provocano l'insorgenza	307
Scheda 8.6 Esempi di plasmidi modello	274	9.10.1 Errori di replicazione e mutazioni dirette	308
Scheda Web 8.1 La membrana nucleare del batterio Gemmata obscuriglobus e l'origine del nucleo degli eucarioti		9.10.2 Mutazioni che derivano da danni al DNA	309
Scheda Web 8.2 Proteine strutturali NAP e SMC e condensazione del DNA		9.11 Meccanismi di riparazione che mantengono l'integrità dell'informazione genetica	310
Scheda Web 8.3 Metodi per identificare i plasmidi		9.11.1 Rettifica di misappaiamenti	310
Scheda Web 8.4 Un esperimento di trasposizione		9.11.2 Riparazione dei danni del DNA	311
• Coordinamento dei sistemi di riparazione dei danni al DNA: il sistema SOS		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
di Luciano Paolozzi		9.13.1 Test di fluttuazione di Luria e Delbrück (1943)	315
REPLICAZIONE DEL DNA		9.14 Mutazioni post-adattative	318
9.1 Proteine della replicazione	286	Scheda 9.1 Le DNA polimerasi	287
9.2 Inizio della replicazione	286	Scheda 9.2 La regolazione dell'inizio della replicazione nei batteri	290
9.2.1 Origine di replicazione di Escherichia coli	288	Scheda 9.3 Antibiotici inibitori della replicazione del DNA [di Stefania Stefani e Margherita Sosio]	294
• 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
<i>di Luciano Paolozzi</i>		
10.1	Meccanismi del trasferimento genico orizzontale (TGO)	321
10.2	Coniugazione	322
10.2.1	Plasmide coniugativo F	326
• Struttura fisica e organizzazione genetica e funzionale		
10.2.2	Trasferimento di marcatori cromosomalni mediante coniugazione e F-duzione	328
10.2.3	Plasmidi coniugativi in altri batteri Gram negativi e nei Gram positivi	330
• Coniugazione interspecie		
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
10.6	Trasferimento genico orizzontale nei virus	343
10.7	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	344
10.8	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	345
10.9	Trasferimento genico orizzontale nei virus	346
10.10	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	347
10.11	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	348
10.12	Trasferimento genico orizzontale nei virus	349
10.13	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	350
10.14	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	351
10.15	Trasferimento genico orizzontale nei virus	352
10.16	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	353
10.17	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	354
10.18	Trasferimento genico orizzontale nei virus	355
10.19	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	356
10.20	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	357
10.21	Trasferimento genico orizzontale nei virus	358
10.22	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	359
10.23	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	360
10.24	Trasferimento genico orizzontale nei virus	361
10.25	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	362
10.26	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	363
10.27	Trasferimento genico orizzontale nei virus	364
10.28	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	365
10.29	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	366
10.30	Trasferimento genico orizzontale nei virus	367
10.31	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	368
10.32	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	369
10.33	Trasferimento genico orizzontale nei virus	370
10.34	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	371
10.35	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	372
10.36	Trasferimento genico orizzontale nei virus	373
10.37	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	374
10.38	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	375
10.39	Trasferimento genico orizzontale nei virus	376
10.40	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	377
10.41	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	378
10.42	Trasferimento genico orizzontale nei virus	379
10.43	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	380
10.44	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	381
10.45	Trasferimento genico orizzontale nei virus	382
10.46	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	383
10.47	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	384
10.48	Trasferimento genico orizzontale nei virus	385
10.49	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	386
10.50	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	387
10.51	Trasferimento genico orizzontale nei virus	388
10.52	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	389
10.53	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	390
10.54	Trasferimento genico orizzontale nei virus	391
10.55	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	392
10.56	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	393
10.57	Trasferimento genico orizzontale nei virus	394
10.58	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	395
10.59	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	396
10.60	Trasferimento genico orizzontale nei virus	397
10.61	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	398
10.62	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	399
10.63	Trasferimento genico orizzontale nei virus	400
10.64	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	401
10.65	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	402
10.66	Trasferimento genico orizzontale nei virus	403
10.67	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	404
10.68	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	405
10.69	Trasferimento genico orizzontale nei virus	406
10.70	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	407
10.71	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	408
10.72	Trasferimento genico orizzontale nei virus	409
10.73	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	410
10.74	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	411
10.75	Trasferimento genico orizzontale nei virus	412
10.76	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	413
10.77	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	414
10.78	Trasferimento genico orizzontale nei virus	415
10.79	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	416
10.80	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	417
10.81	Trasferimento genico orizzontale nei virus	418
10.82	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	419
10.83	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	420
10.84	Trasferimento genico orizzontale nei virus	421
10.85	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	422
10.86	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	423
10.87	Trasferimento genico orizzontale nei virus	424
10.88	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	425
10.89	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	426
10.90	Trasferimento genico orizzontale nei virus	427
10.91	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	428
10.92	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	429
10.93	Trasferimento genico orizzontale nei virus	430
10.94	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	431
10.95	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	432
10.96	Trasferimento genico orizzontale nei virus	433
10.97	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	434
10.98	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	435
10.99	Trasferimento genico orizzontale nei virus	436
10.100	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	437
10.101	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	438
10.102	Trasferimento genico orizzontale nei virus	439
10.103	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	440
10.104	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	441
10.105	Trasferimento genico orizzontale nei virus	442
10.106	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	443
10.107	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	444
10.108	Trasferimento genico orizzontale nei virus	445
10.109	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	446
10.110	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	447
10.111	Trasferimento genico orizzontale nei virus	448
10.112	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	449
10.113	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	450
10.114	Trasferimento genico orizzontale nei virus	451
10.115	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	452
10.116	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	453
10.117	Trasferimento genico orizzontale nei virus	454
10.118	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	455
10.119	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	456
10.120	Trasferimento genico orizzontale nei virus	457
10.121	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	458
10.122	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	459
10.123	Trasferimento genico orizzontale nei virus	460
10.124	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	461
10.125	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	462
10.126	Trasferimento genico orizzontale nei virus	463
10.127	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	464
10.128	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	465
10.129	Trasferimento genico orizzontale nei virus	466
10.130	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	467
10.131	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	468
10.132	Trasferimento genico orizzontale nei virus	469
10.133	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	470
10.134	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	471
10.135	Trasferimento genico orizzontale nei virus	472
10.136	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	473
10.137	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	474
10.138	Trasferimento genico orizzontale nei virus	475
10.139	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	476
10.140	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	477
10.141	Trasferimento genico orizzontale nei virus	478
10.142	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	479
10.143	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	480
10.144	Trasferimento genico orizzontale nei virus	481
10.145	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	482
10.146	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	483
10.147	Trasferimento genico orizzontale nei virus	484
10.148	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	485
10.149	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	486
10.150	Trasferimento genico orizzontale nei virus	487
10.151	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	488
10.152	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	489
10.153	Trasferimento genico orizzontale nei virus	490
10.154	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	491
10.155	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	492
10.156	Trasferimento genico orizzontale nei virus	493
10.157	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	494
10.158	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	495
10.159	Trasferimento genico orizzontale nei virus	496
10.160	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	497
10.161	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	498
10.162	Trasferimento genico orizzontale nei virus	499
10.163	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	500
10.164	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	501
10.165	Trasferimento genico orizzontale nei virus	502
10.166	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	503
10.167	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	504
10.168	Trasferimento genico orizzontale nei virus	505
10.169	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	506
10.170	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	507
10.171	Trasferimento genico orizzontale nei virus	508
10.172	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	509
10.173	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	510
10.174	Trasferimento genico orizzontale nei virus	511
10.175	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	512
10.176	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	513
10.177	Trasferimento genico orizzontale nei virus	514
10.178	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	515
10.179	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	516
10.180	Trasferimento genico orizzontale nei virus	517
10.181	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	518
10.182	Trasferimento genico orizzontale nei procarioti	519
10.183	Trasferimento genico orizzontale nei virus	520
10.184	Trasferimento genico orizzontale nei eucarioti	521
10.185	<	

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

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 <ul style="list-style-type: none"> • Segregazione del nucleoide • Segregazione dei plasmidi • Altri meccanismi di controllo della stabilità plasmidica 	408
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> <ul style="list-style-type: none"> • 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 nucleoide 	414
13.2.2	Modalità alternative di divisione cellulare <ul style="list-style-type: none"> • Divisione per scissioni multiple • Gemmazione nei batteri prostecati 	419
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 <i>La complessa regolazione delle proteine di divisione</i>		
Scheda Web 13.2 <i>L'occlusione del nucleoide e le proteine anti-ghigliottina</i>		
Scheda Web 13.3 <i>Le proteine del citoscheletro batterico nei processi di divisione e differenziamento</i>		



14	Che cosa sono i virus	424
<i>di Giorgio Gribaldo</i>		
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
<i>di Luciano Paolozzi e Gianni Dehò</i>		
15.1	Struttura, organizzazione e studio dei batteriofagi	437
15.1.1	Involucro proteico di alcuni batteriofagi modello <ul style="list-style-type: none"> • Virione del batteriofago T4 • Virione del batteriofago λ • Capside dei fagi filamentosi 	437
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 <ul style="list-style-type: none"> • 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 	442
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 <ul style="list-style-type: none"> • Batteriofago T4, modello dei fagi litici • Trascrizione di T4 • Replicazione del batteriofago T4 • Inizio della replicazione 	449
15.4.2	I batteriofagi a RNA <ul style="list-style-type: none"> • Batteriofagi a ssRNA • Batteriofagi a dsRNA 	451
15.4.3	I fagi a ssDNA filamentosi e isometrici	453

15.4.4	Il batteriofago λ : l'elemento genetico più finemente caratterizzato	454	16.1.4	Modelli di virus animali	477
	• Genoma di λ • Trascrizione a cascata del batteriofago λ • Replicazione di λ e ciclo litico • Maturazione del batteriofago λ			• Classe I – Virus a dsDNA: herpesvirus, adenovirus, poxvirus	
	• Ciclo lisogeno del batteriofago λ			• Classe II – Virus a ssDNA: parvovirus	
15.4.5	Il profago-plasmide del batteriofago trasducente P1	457		• Classe III – Virus a dsRNA: reovirus	
15.4.6	Altri sistemi modello	458		• Classe IV – Virus a (+)ssRNA: picornavirus (polio), flavivirus, coronavirus	
15.5	Difese batteriche contro l'infezione dei batteriofagi	459		• Classe V – Virus a (–)ssRNA: rhabdovirus, paramyxovirus, orthomyxovirus, virus Ebola	
15.6	Batteriofagi contro le infezioni batteriche: la terapia fagica	464		• Classe VI – Virus a (+)ssRNA con retrotrascrizione: retrovirus	
15.7	Virus degli Archaea	465		• Classe VII – Virus parzialmente a dsDNA con retrotrascrizione: hepadnavirus	
Scheda 15.1	Modificazione e restrizione del DNA: il riconoscimento del "self" dal "non self"	458	16.2	I virus dei vegetali	503
Scheda 15.2	CRISPR-Cas: un sistema adattivo di resistenza ai fagi guidato da piccoli RNA	460	16.2.1	Virus del mosaico del tabacco (TMV)	503
Scheda Web 15.1	Alla ricerca delle leggi "complementari" della fisica: la nascita del gruppo del fago e della biologia molecolare		16.2.2	Virus di Chlorella	503
Scheda Web 15.2	Applicazioni dell'uso dei batteriofagi		16.3	Agenti subvirali e prioni	504
Scheda Web 15.3	Calcolo delle cellule infettate da un virus e molteplicità di infezione		16.3.1	Viroidi	504
Scheda Web 15.4	L'adsorbimento del fago alla cellula ospite		16.3.2	Virus satelliti e virusoidi	504
Scheda Web 15.5	Ciclo litico e ciclo lisogeno del batteriofago λ : la scelta tra due destini alternativi		16.3.3	Elementi genetici mobili	505
Scheda Web 15.6	Lisare o non lisare? Un problema aperto tra caso, genetica ed epigenetica		16.3.4	Prioni	505
Scheda Web 15.7	Il profago-plasmide lineare del batteriofago N15		16.4	Farmaci antivirali	505
Scheda Web 15.8	Il batteriofago-trasposone Mu		16.4.1	Inibizione dell'adsorbimento e della penetrazione del virus	506
Scheda Web 15.9	Sistemi di antirestrizione, una lotta senza fine		16.4.2	Inibizione della replicazione del genoma virale	507
			16.4.3	Inibizione dell'assemblaggio virale e della maturazione	507
Scheda 16.1	Grandi virus a DNA nucleocitoplasmatici (NCLDV): un nuovo enigma o una tappa verso nuove conoscenze?		Scheda 16.1	Grandi virus a DNA nucleocitoplasmatici (NCLDV): un nuovo enigma o una tappa verso nuove conoscenze?	479
Scheda 16.2	Peste suina africana: una malattia virale riemergente		Scheda 16.2	Peste suina africana: una malattia virale riemergente	484
Scheda 16.3	La pandemia di COVID-19 e l'evoluzione di SARS-CoV-2 in tempo reale		Scheda 16.3	La pandemia di COVID-19 e l'evoluzione di SARS-CoV-2 in tempo reale	489
Scheda 16.4	Il virus Ebola e le caratteristiche di recenti epidemie di un virus emorragico		Scheda 16.4	Il virus Ebola e le caratteristiche di recenti epidemie di un virus emorragico	494
16	I virus degli eucarioti	469	PARTE E		
	di Giorgio Gribaudo		Genomica		
16.1	I virus degli animali	469	e sistematica		
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	Scheda 18.3	Storia della classificazione e della nomenclatura dei batteri	524
17.1.3	Genoma condiviso, genoma accessorio e pangenoma	514	Scheda 18.4	La tassonomia numerica e la similarità dei microrganismi	528
17.1.4	Analisi genomica comparativa	514	Scheda 18.5	Costruire un albero filogenetico	538
17.2	Metagenomica	515			
17.3	Genomica funzionale	516	Scheda Web 18.1	Funghi	
17.3.1	Trascrittomico	516	Scheda Web 18.2	Saccharomyces cerevisiae: un microrganismo eucariote modello [di Giovanna Lucchini]	
17.3.2	Proteomica	518	Scheda Web 18.3	Alge	
17.4	Metabolomica e screening fenotipico	518	Scheda Web 18.4	Protozoi	
17.5	Biologia dei sistemi	519			
Scheda 17.1	Trascrittomico 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	555
	• Funghi e lieviti • Alge • Protozoi	
Scheda 18.1	Eventi rilevanti nella storia della Terra	521
Scheda 18.2	Risorse disponibili per la sistematica dei microrganismi procarioti	523

PARTE F

Microrganismi in ambienti naturali e interazioni con altri organismi



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 macrorganismi	564
19.2.2	Sintesi concettuale dell'ecologia delle comunità microbiche	565
	• Selezione • Dispersione	
	• Diversificazione (speciazione)	
	• Deriva ecologica	
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	569
	• Composizione delle comunità microbiche nella zona pelagica	
19.4.2	Oceano profondo	571
	• Diversità filogenetica e funzionale	
19.4.3	Sedimenti marini	572
19.4.4	Microhabitat marini: la neve marina e la ficosfera	573
	• Neve marina • Ficosfera	

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

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	661
22.5 Eubiosi e disbiosi microbiche e loro impatto sulla salute dell'essere umano	631	• Superantigeni: le tossine degli streptococchi e degli stafilococchi • Tossine che formano pori sulla superficie cellulare	
22.6 Fattori coinvolti nel modulare la composizione del microbiota	632	23.8.2 Tossine solubili con bersagli intracellulari	662
22.7 Funzioni svolte dal microbiota umano	632	• Struttura A/B delle tossine • Tossine ad attività ADP-ribosilante	
22.8 Correlazioni microbiota e malattie: i nuovi marcatori microbici	634	23.8.3 Neurotossine	664
22.9 La "batterioterapia" come nuovo approccio terapeutico	636		
22.10 Il microbiota nei diversi distretti del corpo umano	636	23.9 Regolazione dei geni di virulenza, un aspetto essenziale della patogenicità microbica: il modello di <i>Vibrio cholerae</i>	667
22.10.1 Microbiota della cute	636	23.9.1 Ciclo infettivo di <i>Vibrio cholerae</i>	667
22.10.2 Microbiota orale	638	23.9.2 Regolazione dei geni di virulenza di <i>Vibrio cholerae</i>	668
22.10.3 Microbiota polmonare	638	Scheda 23.1 Helicobacter pylori e l'epitelio gastrico	644
22.10.4 Microbiota intestinale	638	Scheda 23.2 Modelli controllati di infezione umana	646
22.10.5 Microbiota vaginale	640	Scheda 23.3 Come Salmonella divenne un batterio patogeno	648
22.11 Ruolo del microbiota intestinale negli animali da allevamento e da compagnia	641	Scheda 23.4 Le forme patogene di Escherichia coli	650
Scheda 22.1 Gli oligosaccaridi del latte materno	631		
Scheda 22.2 Asse intestino-cervello	634		
Scheda 22.3 Microbiota e obesità	635		
Scheda 22.4 Fecal Microbiota Transplantation (FMT)	637		
Scheda 22.5 Farmacomicrobiomica	639		

Scheda Web 23.1 Eventi regolativi nella virulenza di *Salmonella* enterica

23 Interazioni con gli organismi animali: la patogenesi

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

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	Le cellule M dell'intestino: il "tallone di Achille" dell'epitelio intestinale	675	Scheda 25.1	<i>Il sistema immunitario delle mucose</i>	709
Scheda 24.2	Toll vs Imd: le armi molecolari di Drosophila melanogaster	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			

Le risorse digitali

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

universita.zanichelli.it/deho4e

Per accedere alla 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.