

---

**BOTANICA GENERALE**  
*e*  
**DIVERSITÀ VEGETALE**

---

### ***Dello stesso Editore***

ABBOTTO/PAGANI – Chimica eterociclica  
ALESCIO – Biologia dinamica  
ARIENTI – Le basi molecolari della nutrizione  
ARIENTI – Un compendio di biochimica  
ATTENA – Epidemiologia e valutazione degli interventi sanitari  
BELLI – Elementi di patologia vegetale  
BOLOGNANI – Bioenergetica  
BOLOGNANI/VOLPI – Tavole metaboliche  
BRUNI – Farmacognosia generale e applicata  
BRUNI/NICOLETTI – Dizionario di erboristeria e di fitoterapia  
CABRAS/MARTELLI – Chimica degli alimenti  
CAIN/BOWMAN/HACKER – Ecologia  
CAO/DALLAPICCOLA/NOTARANGELO – Malattie genetiche (molecole e geni)  
CASTINO/ROLETTO – Statistica applicata  
CEVENINI – Microbiologia e microbiologia clinica  
COOPER/HAUSMAN – La cellula: un approccio molecolare  
D'ALESCIO – Il laboratorio di chimica organica  
DE CICCO/BERTOLINI/SALERNO – Patologia postraccolta dei prodotti vegetali  
DEWICK – Chimica, biosintesi e bioattività delle sostanze naturali  
D'ISCHIA – La chimica organica in laboratorio  
DURANTI/PAGANI – Enzimologia  
EVANGELISTI/RESTANI – Prodotti dietetici  
GALLI/CORSINI/MARINOVICH – Tossicologia  
GIUNCHEDI/CONTI/GALLITELLI/MARTELLI – Elementi di virologia vegetale  
GRASSI/LABRA/SALA – Introduzione alla biodiversità del mondo vegetale  
INABA/COHEN – Eccitanti, depressivi e psichedelici  
JUDD/CAMPBELL/KELLOGG/STEVENS/DONOGHUE – Botanica sistematica: un approccio filogenetico  
KATZUNG – Farmacologia generale e clinica  
LEPORATTI/FODDAI/TOMASSINI – Atlante a colori di anatomia vegetale e delle piante officinali  
LEWIS – Genetica umana  
MADER – Biologia: l'essenziale  
MAFFEI – Biochimica vegetale  
MARINELLI/LIGUORI/MONTEMARANO/D'AMORA – Igiene, medicina preventiva e sanità pubblica  
MARZONA – Chimica delle fermentazioni  
MAUGINI/MALECI BINI/MARIOTTI LIPPI – Botanica farmaceutica  
MICHELIN LAUSAROT/VAGLIO – Stechiometria per la chimica generale  
MONESI – Istologia  
NIZZOLI/PISSACROIA – Trattato completo degli abusi e delle dipendenze (in due volumi)  
ODUM – Ecologia: un ponte tra scienza e società  
PASQUA – Biologia cellulare e biotecnologie vegetali  
PEDULLI – Metodi fisici in chimica organica  
PETRUCCI – Chimica generale  
PONTIERI – Patologia generale  
RAVEN/JOHNSON/MASON/LOSOS/SINGER – Biologia  
RAVEN/JOHNSON/MASON/LOSOS/SINGER – Struttura e funzione nelle piante  
RINALLO – Piante alimentari: biologia, composizione chimica, utilizzo  
RUBINI – Fisiologia per le lauree triennali  
SANITÀ DI TOPPI – Interazioni Pianta-Ambiente  
SANTAGADA/CALIENDO – Peptidi e peptidomimetici  
SAVELLI/BRUNO - Analisi chimico farmaceutica  
SENATORE – Biologia e botanica farmaceutica  
SILIPRANDI/TETTAMANTI – Biochimica medica: strutturale, metabolica e funzionale  
TAIZ/ZEIGER – Elementi di fisiologia vegetale  
TAIZ/ZEIGER – Fisiologia vegetale  
WHITTEN/DAVIS/PECK/STANLEY – Chimica generale

**GABRIELLA PASQUA  
GIOVANNA ABBATE – CINZIA FORNI**

**BOTANICA GENERALE**  
*e*  
**DIVERSITÀ VEGETALE**

AUTORI

G. Abbate, A. Acosta, B. Baldan, A. Basile, E. Caporali,  
S. Cozzolino, G.P. Felicini, C. Forni, E. Giovi, M. Iberite,  
O. Maggi, S. Mazzuca, L. Navazio, G. Pasqua, C. Perrone,  
F. Selvi, M.A. Signorini, A. Spada, L. Trainotti, A. Valletta

Quarta Edizione

**PICCIN**

Opera coperta dal diritto d'autore – tutti i diritti sono riservati.

Questo testo contiene materiale, testi ed immagini, coperto da copyright e non può essere copiato, riprodotto, distribuito, trasferito, noleggiato, licenziato o trasmesso in pubblico, venduto, prestato a terzi, in tutto o in parte, o utilizzato in alcun altro modo o altrimenti diffuso, se non previa espressa autorizzazione dell'editore. Qualsiasi distribuzione o fruizione non autorizzata del presente testo, così come l'alterazione delle informazioni elettroniche, costituisce una violazione dei diritti dell'editore e dell'autore e sarà sanzionata civilmente e penalmente secondo quanto previsto dalla L. 633/1941 e ss.mm.

ISBN 978-88-299-2979-5

Stampato in Italia

---

© 2019, by Piccin Nuova Libreria S.p.A., Padova  
[www.piccin.it](http://www.piccin.it)

# AUTORI

## **GIOVANNA ABBATE**

*Dipartimento di Biologia Ambientale  
Università di Roma "La Sapienza"*

## **ALICIA T.R. ACOSTA**

*Dipartimento di Scienze  
Università degli Studi Roma Tre*

## **BARBARA BALDAN**

*Dipartimento di Biologia  
Università degli Studi di Padova*

## **ADRIANA BASILE**

*Dipartimento di Biologia  
Sezione di Biologia Vegetale  
Università degli Studi di Napoli "Federico II"*

## **ELISABETTA CAPORALI**

*Dipartimento di Bioscienze  
Sezione di Botanica Generale  
Università degli Studi di Milano*

## **SALVATORE COZZOLINO**

*Dipartimento di Biologia  
Sezione di Biologia Vegetale  
Università degli Studi di Napoli "Federico II"*

## **GIANNI PIERO FELICINI**

*Già del Dipartimento di Biologia e Patologia Vegetale  
Sezione di Biologia Vegetale  
Università degli Studi di Bari*

## **CINZIA FORNI**

*Dipartimento di Biologia  
Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"*

## **EMANUELA GIOVI**

*Già del Dipartimento di Biologia Ambientale  
Università di Roma "La Sapienza"*

## **MAURO IBERITE**

*Dipartimento di Biologia Ambientale  
Università di Roma "La Sapienza"*

## **ORIANA MAGGI**

*Già del Dipartimento di Biologia Ambientale  
Università di Roma "La Sapienza"*

## **SILVIA MAZZUCA**

*Dipartimento di Chimica e Tecnologie Chimiche  
Università della Calabria, Arcavacata di Rende (CS)*

## **LORELLA NAVAZIO**

*Dipartimento di Biologia  
Università degli Studi di Padova*

## **GABRIELLA PASQUA**

*Dipartimento di Biologia Ambientale  
Università di Roma "La Sapienza"*

## **CESIRA PERRONE**

*Già del Dipartimento di Biologia  
e Patologia Vegetale  
Sezione di Biologia Vegetale  
Università degli Studi di Bari*

## **FEDERICO SELVI**

*Dipartimento di Scienze delle Produzioni  
Agroalimentari e dell'Ambiente  
Università degli Studi di Firenze*

## **MARIA ADELE SIGNORINI**

*Già del Dipartimento di Biologia  
Università degli Studi di Firenze*

## **ALBERTO SPADA**

*Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali  
Produzione, Territorio, Agroenergia  
Università degli Studi di Milano*

## **LIVIO TRAINOTTI**

*Dipartimento di Biologia  
Università degli Studi di Padova*

## **ALESSIO VALLETTA**

*Dipartimento di Biologia Ambientale  
Università di Roma "La Sapienza"*



## PREFAZIONE

*Questo libro è stato scritto per rispondere alle esigenze dei corsi di laurea triennali con il duplice obiettivo di essere un testo completo per i curricula che prevedono un solo esame di Botanica e nello stesso tempo di costituire una solida base per affrontare insegnamenti specialistici della Biologia Vegetale. L'opera è rivolta in particolare agli studenti dei primi anni dei corsi di laurea in Scienze Biologiche, Ambientali, Naturali, Agrarie e Forestali e in Biotecnologie.*

*La realizzazione di questo libro è il frutto dell'esperienza didattica e di ricerca, nei vari campi della Biologia Vegetale, di numerosi autori italiani, che propongono un testo scientificamente aggiornato, con un buon livello di approfondimento, utilizzando un linguaggio semplice e chiaro. L'intento prioritario è quello di contribuire ad una buona formazione professionale nei diversi settori di interesse delle discipline botaniche.*

*Il testo è corredato da un'ampia iconografia a colori con molte immagini e schemi originali che possono rendere lo studio della Botanica più vivo ed attraente. La maggior parte dei capitoli è corredata inoltre da schede di approfondimento che toccano problematiche di base (in arancione), di carattere tecnico-metodologico (in fucsia), ambientale (in verde) e biotecnologico (in azzurro). Nuove conoscenze hanno portato all'inserimento di nuove schede come quella sulle cellule staminali nelle piante e la loro applicazione in campo cosmetico, quella dedicata alle fanerogame marine e quella dedicata alla filogenesi delle tracheofite senza seme. Altre schede sono state aggiornate ed ampliate come quella relativa al processo fotosintetico.*

*Si è scelto di non affrontare in modo approfondito argomenti di base della Biologia e della Fisiologia Vegetale in quanto svolti in altri corsi.*

*I primi 14 capitoli del testo si pongono l'obiettivo di descrivere le peculiarità della cellula vegetale, di illustrare i diversi livelli di organizzazione, la struttura morfologica ed anatomica delle piante, i meccanismi di sviluppo e riproduttivi, mettendo in evidenza le relazioni fra aspetti citologici, istologici e morfologici. Nei capitoli dedicati alla diversità vegetale (dal 15 al 26), oltre ad illustrare le principali linee evolutive, vengono introdotte le metodiche più diffuse di studio della variabilità e le modalità di identificazione dei taxa. La trattazione è rivolta essenzialmente alle entità viventi, con approfondimenti ed esempi relativi soprattutto alla realtà italiana ed europea, così che il lettore possa iniziare a conoscere la componente vegetale dell'ambiente in cui vive. Il capitolo 27 è dedicato alle piante con un particolare interesse economico, quali quelle utilizzate nell'alimentazione, in medicina e nella depurazione dell'ambiente dagli inquinanti.*

*La quarta edizione del testo vede la luce dopo quattro anni dalla precedente. Sono state apportate modifiche ed integrazioni in molti capitoli, tenendo conto delle ultime ricerche ed anche dei suggerimenti di numerosi docenti che hanno adottato ed apprezzato le precedenti edizioni. Sono stati migliorati ed aggiunti schemi ed illustrazioni. In questa nuova edizione, al termine di ogni capitolo, sono stati inseriti alcuni quesiti per la verifica da parte dello studente delle conoscenze acquisite.*

*Un particolare ringraziamento è rivolto all'Editore ed alla Dr.ssa Carla Criconia della casa editrice Piccin che nelle diverse edizioni ci hanno accompagnate nell'allestimento editoriale del testo.*

G. PASQUA, G. ABBATE, C. FORNI





# INDICE GENERALE

## INTRODUZIONE ALLA BOTANICA . . . . . 1

G. Abbate, C. Forni e G. Pasqua

La Botanica come scienza . . . . .	1
Piante e animali . . . . .	2
Discipline botaniche . . . . .	3
Origine e diversità dei vegetali . . . . .	4
Verifica delle conoscenze . . . . .	8

## Parte Prima

### IL LIVELLO CELLULARE

## 1 LA CELLULA VEGETALE . . . . . 11

C. Forni

1.1 Le membrane . . . . .	13
1.1.1 Specificità delle membrane . . . . .	15
1.1.2 Proprietà delle membrane . . . . .	15
1.1.3 La membrana plasmatica . . . . .	16
1.2 L'acqua e le cellule vegetali . . . . .	17
1.2.1 Il potenziale idrico . . . . .	17
1.2.2 Osmosi . . . . .	17
1.3 I mitocondri . . . . .	18
1.4 I perossisomi . . . . .	20
1.5 I ribosomi . . . . .	22
<i>Letture di approfondimento</i>	
<i>e fonti delle illustrazioni . . . . .</i>	22
<i>Verifica delle conoscenze . . . . .</i>	22

## 2 LA PARETE CELLULARE . . . . . 23

L. Trainotti

2.1 Biogenesi e componenti della parete . . . . .	24
2.1.1 I componenti della parete . . . . .	24
2.1.2 Biosintesi dei componenti della parete . . . . .	30
2.1.3 Assemblaggio dei componenti della parete . . . . .	34
2.1.4 Crescita della parete . . . . .	34
2.2 Architettura della parete . . . . .	35
2.2.1 La lamella mediana . . . . .	35

2.2.2 La parete primaria . . . . .	36
2.2.3 La parete secondaria . . . . .	36
2.2.4 Specializzazione della parete in relazione al tipo di tessuto . . . . .	36
2.3 Proprietà chimico-fisiche . . . . .	38
2.4 Funzioni della parete cellulare . . . . .	38
2.5 Trasporto apoplastico e simplastico . . . . .	39
2.5.1 I plasmodesmi . . . . .	39
2.6 Separazione cellulare . . . . .	40
<i>Letture di approfondimento</i>	
<i>e fonti delle illustrazioni . . . . .</i>	41
<i>Verifica delle conoscenze . . . . .</i>	42

## 3 IL CITOSCHELETRO . . . . . 43

L. Navazio e B. Baldan

3.1 Organizzazione generale del citoscheletro . . . . .	43
3.1.1 Microtubuli . . . . .	43
3.1.2 Filamenti di actina . . . . .	44
3.1.3 Filamenti intermedi . . . . .	44
3.1.4 Proprietà dinamiche dei microtubuli e dei filamenti di actina . . . . .	44
3.1.5 Proteine motrici ed altre proteine accessorie . . . . .	45
3.2 Coinvolgimento del citoscheletro nel ciclo cellulare . . . . .	47
3.2.1 Apparato interfascio di microtubuli corticali . . . . .	47
3.2.2 Banda preprofasica . . . . .	49
3.2.3 Fuso mitotico . . . . .	50
3.2.4 Frangoplasto . . . . .	50
3.3 Citoscheletro e motilità cellulare . . . . .	51
3.4 Citoscheletro nel differenziamento e nella morfogenesi . . . . .	52
3.4.1 Polarità cellulare . . . . .	53
3.4.2 Espansione cellulare . . . . .	54
3.4.3 Accrescimento apicale . . . . .	54
3.4.4 Differenziamento degli elementi di conduzione dello xilema . . . . .	55

3.4.5 Comunicazioni cellulari . . . . .	55
3.4.6 Interazioni biotiche . . . . .	55
<i>Letture di approfondimento e fonti delle illustrazioni.</i> . . . . .	57
<i>Verifica delle conoscenze.</i> . . . . .	58
■ <b>SCHEDA 3.1</b> Metodi di analisi del citoscheletro ( <i>B. Baldan</i> ) . . . . .	59

## 4 IL SISTEMA DI ENDOMEMBRANE . . . . . 61

*B. Baldan e L. Navazio*

4.1 Reticolo endoplasmatico . . . . .	62
4.2 Apparato di Golgi . . . . .	65
4.3 Traslocazione e maturazione delle proteine nel reticolo endoplasmatico . . . . .	66
4.4 Trasporto vescicolare . . . . .	68
4.5 Modificazioni delle proteine nell'apparato di Golgi . . . . .	70
4.6 Smistamento delle proteine al vacuolo . . . . .	71
4.7 Esocitosi e endocitosi . . . . .	73
<i>Letture di approfondimento e fonti delle illustrazioni.</i> . . . . .	75
<i>Verifica delle conoscenze.</i> . . . . .	76

## 5 IL VACUOLO . . . . . 77

*C. Forni*

5.1 Il vacuolo e la sua biogenesi . . . . .	77
5.2 Tonoplasto e succo vacuolare . . . . .	79
5.3 Funzioni del vacuolo . . . . .	81
5.3.1 Distensione cellulare, osmoregolazione e attività litica . . . . .	81
5.3.2 Funzioni di riserva . . . . .	83
5.3.3 Il vacuolo come sede di accumulo di composti tossici e metaboliti secondari . . . . .	83
<i>Letture di approfondimento e fonti delle illustrazioni.</i> . . . . .	86
<i>Verifica delle conoscenze.</i> . . . . .	86

## 6 I PLASTIDI . . . . . 87

*G. Pasqua*

6.1 Proplastidi . . . . .	87
6.2 Cloroplasti . . . . .	88
6.3 Cromoplasti . . . . .	90
6.4 Leucoplasti . . . . .	91
6.5 Pigmenti fotosintetici . . . . .	93
6.6 Ciclo di sviluppo dei plastidi . . . . .	94
6.7 Origine evolutiva dei plastidi . . . . .	96
<i>Letture di approfondimento e fonti delle illustrazioni.</i> . . . . .	97
<i>Verifica delle conoscenze.</i> . . . . .	97
■ <b>SCHEDA 6.1</b> La fotosintesi ( <i>L. Trainotti e A. Valletta</i> ) . . . . .	98

## 7 IL NUCLEO . . . . . 105

*S. Cozzolino*

7.1 Organizzazione generale del nucleo . . . . .	105
7.1.1 L'involucro nucleare . . . . .	105
7.1.2 Gli scambi nucleo-citoplasma . . . . .	106
7.1.3 DNA e cromosomi . . . . .	107
7.1.4 Le proteine istoniche e non istoniche . . . . .	107
7.2 Il genoma . . . . .	109
7.2.1 Il sequenziamento del genoma . . . . .	109
7.2.2 Il DNA ripetitivo e la dimensione del genoma . . . . .	110
7.2.3 La poliploidia . . . . .	111
7.3 Il ciclo cellulare . . . . .	112
7.3.1 Il ciclo cellulare mitotico . . . . .	112
7.3.2 La divisione cellulare: mitosi e meiosi . . . . .	115
<i>Letture di approfondimento e fonti delle illustrazioni.</i> . . . . .	118
<i>Verifica delle conoscenze.</i> . . . . .	118
■ <b>SCHEDA 7.1</b> Tecniche per lo studio citologico ( <i>S. Mazzuca</i> ) . . . . .	119

## Parte Seconda IL LIVELLO TISSUTALE

## 8 I TESSUTI . . . . . 125

*G. Pasqua e C. Forni*

8.1 I meristemi primari e secondari . . . . .	125
8.2 Accrescimento e differenziamento delle cellule vegetali . . . . .	126
8.3 Tessuti parenchimatici: clorofilliano, di riserva, acquifero, aerifero . . . . .	127
8.3.1 Parenchima clorofilliano o fotosintetico . . . . .	128
8.3.2 Parenchima di riserva . . . . .	128
8.3.3 Parenchima di trasfusione . . . . .	128
8.3.4 Parenchima acquifero . . . . .	128
8.3.5 Parenchima aerifero . . . . .	128
8.3.6 Parenchima conduttore . . . . .	128
8.4 Tessuti tegumentali . . . . .	129
8.4.1 Tessuti tegumentali esterni . . . . .	129
8.4.1.1 <i>L'epidermide e le sue modificazioni</i> . . . . .	129
8.4.1.2 <i>Rizoderma</i> . . . . .	134
8.4.1.3 <i>Esoderma</i> . . . . .	135
8.4.2 Tessuti tegumentali primari interni: endoderma . . . . .	135
8.4.3 Tessuti tegumentali secondari: sughero . . . . .	136
8.5 Tessuti meccanici . . . . .	137
8.5.1 Collenchima . . . . .	137
8.5.2 Sclerenchima . . . . .	138
8.5.2.1 <i>Sclereidi</i> . . . . .	139
8.5.2.2 <i>Fibre</i> . . . . .	139
8.6 Tessuti conduttori . . . . .	140

8.6.1 Tracheidi e trachee . . . . . 141

8.6.2 Cellule e tubi cribrosi . . . . . 143

8.6.3 Fasci conduttori. Xilema e floema . . . . . 145

8.7 **Tessuti secretori** . . . . . 147

8.7.1 Tessuti secretori esterni . . . . . 147

8.7.1.1 *Peli secretori o tricomi ghiandolari*. . . . . 147

8.7.1.2 *Ghiandole del sale e idatòdi* . . . . . 148

8.7.1.3 *Nettari*. . . . . 148

8.7.2 Tessuti secretori interni . . . . . 149

8.7.2.1 *Cellule secretici o idioblasti secretori*. . . . . 149

8.7.2.2 *Canali, o dotti secretori, schizogeni e lisigeni*. . . . . 149

8.7.2.3 *Tasche secretorie* . . . . . 149

8.7.2.4 *Laticiferi* . . . . . 149

*Letture di approfondimento e fonti delle illustrazioni*. . . . . 151

*Verifica delle conoscenze*. . . . . 151

■ **SCHEDA 8.1** Morte cellulare programmata nel differenziamento cellulare e nei processi di sviluppo (*G. Pasqua*) . . . . . 152

■ **SCHEDA 8.2** Tecniche per lo studio istologico (preparati a fresco e permanenti) (*G. Pasqua e A. Valletta*) . . . . . 155

■ **SCHEDA 8.3** Cellule staminali nelle piante e loro applicazioni (*G. Pasqua*) . . . . . 157

**Parte Terza**  
**IL LIVELLO DI ORGANO**

**9 IL FUSTO** . . . . . **163**

*G. Pasqua*

9.1 **Morfologia del fusto** . . . . . 163

9.2 **Ontogenesi e differenziamento del corpo primario del fusto** . . . . . 164

9.2.1 Cono vegetativo . . . . . 164

9.2.2 Zona di determinazione o meristema subapicale . . . . . 167

9.2.3 Origine delle bozze fogliari e dei primordi dei rami . . . . . 167

9.2.4 Zona di differenziamento . . . . . 167

9.3 **Struttura primaria del fusto nelle spermatofite** . . . . . 168

9.3.1 Epidermide . . . . . 169

9.3.2 Corteccia . . . . . 170

9.3.3 Cilindro centrale o stele . . . . . 171

9.4 **Differenziamento del cambio cribro-legnoso e subero-fellodermico: passaggio alla struttura secondaria** . . . . . 173

9.4.1 Il cambio cribro-legnoso . . . . . 173

9.4.2 Il cambio subero-fellodermico . . . . . 175

9.4.3 Xilema secondario . . . . . 175

9.4.3.1 *Xilema secondario delle gimnosperme*. . . . . 176

9.4.3.2 *Xilema secondario delle angiosperme* . . . . . 176

9.4.3.3 *Cerchie annuali* . . . . . 178

9.4.4 Floema secondario . . . . . 178

9.5 **Specializzazioni ed adattamenti del fusto**. 181

9.5.1 Fusti con funzione di riserva di nutrienti . . . . . 181

9.5.2 Fusti modificati con funzione di riserva idrica . . . . . 181

9.5.3 Fusti con funzione di sostegno . . . . . 181

9.5.4 Fusti con funzione fotosintetica . . . . . 182

9.5.5 Fusti con funzione di difesa . . . . . 183

*Letture di approfondimento* . . . . . 183

*Verifica delle conoscenze*. . . . . 184

■ **SCHEDA 9.1** La teoria della stele (*C. Forni*) . . . . . 185

■ **SCHEDA 9.2** Il trasporto di acqua e nutrienti minerali nel sistema vascolare: il meccanismo di coesione-tensione (*L. Trainotti*) . . . . . 186

■ **SCHEDA 9.3** Micropropagazione e caulogenesi *in vitro* (*G. Pasqua e A. Valletta*) . . . . . 188

**10 LA FOGLIA** . . . . . **191**

*G. Pasqua*

10.1 **Origine evolutiva della foglia** . . . . . 191

10.2 **Fillotassi** . . . . . 192

10.3 **Morfologia fogliare** . . . . . 193

10.4 **Anatomia della foglia** . . . . . 197

10.4.1 Epidermide . . . . . 197

10.4.2 Parenchima clorofilliano . . . . . 199

10.4.3 Sistema conduttore . . . . . 201

10.5 **Genesi e sviluppo delle foglie** . . . . . 202

10.6 **Abscissione fogliare** . . . . . 203

10.7 **Particolari tipi di foglie** . . . . . 204

10.7.1 Cotiledoni . . . . . 204

10.7.2 Foglie delle sclerofille . . . . . 204

10.7.3 Foglie delle conifere . . . . . 204

10.8 **Modificazioni della foglia** . . . . . 205

10.8.1 Cirri . . . . . 205

10.8.2 Spine fogliari . . . . . 205

10.8.3 Perule . . . . . 206

10.8.4 Foglie succulente . . . . . 207

10.8.5 Foglie con funzione di riserva di nutrienti . . . . . 207

10.8.6 Foglie delle piante insettivore . . . . . 207

*Letture di approfondimento* . . . . . 208

*Verifica delle conoscenze*. . . . . 209

■ **SCHEDA 10.1** Le foglie e l'inquinamento: effetti dannosi dell'ozono (*C. Forni*) . . . . . 210

**11 LA RADICE** . . . . . **213**

*S. Mazzuca*

11.1 **Organizzazione della radice** . . . . . 215

11.2 **Organizzazione dell'apice radicale** . . . . . 216

11.3 **Zona di differenziamento** . . . . . 217

11.4	Zona di struttura primaria della radice. Formazione delle radici laterali . . . . .	217
11.5	Zona di struttura secondaria. Differenziamento del cambio cribro-legnoso e subero-fellodermico . . . . .	221
11.6	Specializzazioni e adattamenti . . . . .	224
	<i>Lecture di approfondimento</i>	
	<i>e fonti delle illustrazioni.</i> . . . . .	227
	<i>Verifica delle conoscenze.</i> . . . . .	227
■	<b>SCHEDA 11.1</b> Il centro quiescente ( <i>S. Mazzuca</i> ) . . . . .	228
■	<b>SCHEDA 11.2</b> Le simbiosi azotofissatrici ( <i>O. Maggi e F. Selvi</i> ) . . . . .	229
■	<b>SCHEDA 11.3</b> Radici avventizie e rizogenesi <i>in vitro</i> ( <i>S. Mazzuca</i> ) . . . . .	230

## Parte Quarta

### IL LIVELLO DI ORGANISMO

<b>12</b>	<b>LA RIPRODUZIONE</b> . . . . .	<b>235</b>
	<i>E. Caporali</i>	
12.1	La riproduzione vegetativa . . . . .	235
12.2	La riproduzione sessuale. . . . .	235
12.2.1	La gamia . . . . .	236
12.3	I cicli biologici . . . . .	236
12.4	La riproduzione delle angiosperme. . . . .	238
12.4.1	La propagazione vegetativa. . . . .	238
12.4.2	La riproduzione sessuale. . . . .	238
12.5	Il fiore. . . . .	239
12.5.1	La struttura del fiore . . . . .	239
12.5.2	Gli elementi fertili del fiore: androceo e gineceo. . . . .	240
12.5.3	Evoluzione degli elementi fiorali . . . . .	241
12.6	Il ciclo vitale delle angiosperme . . . . .	243
12.7	Microsporogenesi e microgametogenesi . . . . .	243
12.8	Macrosporogenesi e macrogametogenesi . . . . .	245
12.9	Impollinazione . . . . .	247
12.10	Incompatibilità polline-stimma . . . . .	251
12.11	Fecondazione . . . . .	252
	<i>Lecture di approfondimento</i>	
	<i>e fonti delle illustrazioni.</i> . . . . .	252
	<i>Verifica delle conoscenze.</i> . . . . .	253
■	<b>SCHEDA 12.1</b> Il modello ABCDE di sviluppo florale ( <i>E. Caporali</i> ). . . . .	254
■	<b>SCHEDA 12.2</b> Induzione alla fioritura: trasformazione dell'apice vegetativo e meccanismi fisiologici ( <i>E. Caporali</i> ) . . . . .	256
■	<b>SCHEDA 12.3</b> Le piante transgeniche ( <i>A. Spada</i> ) . . . . .	257

<b>13</b>	<b>IL SEME</b> . . . . .	<b>259</b>
	<i>A. Spada</i>	
13.1	Formazione e sviluppo dell'embrione e del seme . . . . .	260
13.1.1	Embriogenesi, organizzazione apice-base, organizzazione radiale. . . . .	260
13.1.2	Endosperma e sostanze di riserva . . . . .	263
13.1.3	Modalità di dispersione dei semi . . . . .	264
13.2	Germinazione. . . . .	266
13.2.1	Condizioni essenziali per la germinazione . . . . .	266
13.2.2	La germinazione. . . . .	267
	<i>Lecture di approfondimento</i>	
	<i>e fonti delle illustrazioni.</i> . . . . .	271
	<i>Verifica delle conoscenze.</i> . . . . .	271
■	<b>SCHEDA 13.1</b> Embriogenesi somatica e semi artificiali ( <i>A. Spada</i> ) . . . . .	272

<b>14</b>	<b>IL FRUTTO</b> . . . . .	<b>275</b>
	<i>A. Valletta</i>	

14.1	Veri e falsi frutti . . . . .	276
14.2	Frutti semplici, aggregati e multipli . . . . .	277
14.3	Frutti carnosi e frutti secchi . . . . .	278
14.3.1	Classificazione dei frutti secchi. . . . .	280
14.3.1.1	<i>Frutti indeiscenti</i> . . . . .	280
14.3.1.2	<i>Frutti deiscenti</i> . . . . .	281
14.3.2	Classificazione dei frutti carnosi. . . . .	283
	<i>Lecture di approfondimento</i> . . . . .	285
	<i>Verifica delle conoscenze.</i> . . . . .	285
■	<b>SCHEDA 14.1</b> Partenocarpia ( <i>A. Valletta</i> ) . . . . .	286

## Parte Quinta

### LA DIVERSITÀ VEGETALE

<b>15</b>	<b>L'EVOLUZIONE</b> . . . . .	<b>289</b>
	<i>F. Selvi e G. Abbate</i>	
15.1	Cenni storici. . . . .	289
15.2	La speciazione. . . . .	290
	<i>Lecture di approfondimento</i> . . . . .	296
	<i>Verifica delle conoscenze.</i> . . . . .	296
<b>16</b>	<b>CLASSIFICAZIONE, NOMENCLATURA, STUDIO DELLA VARIABILITÀ.</b> . . . . .	<b>297</b>
	<i>F. Selvi, M.A. Signorini e S. Cozzolino</i>	
16.1	Metodi di classificazione. . . . .	297
16.2	Concetto di specie, ranghi tassonomici e nomenclatura . . . . .	302
16.3	Caratteri con valore tassonomico: morfologia . . . . .	304
16.3.1	Caratteri di interesse tassonomico di radice, fusto e foglie. . . . .	304

16.3.2 Caratteri di interesse tassonomico  
di infiorescenze, fiori, frutti e semi. . . 311

16.4 **Cariologia**. . . . . 319

16.5 **Sistematica molecolare**. . . . . 323

*Letture di approfondimento  
e fonti delle illustrazioni*. . . . . 327

*Verifica delle conoscenze*. . . . . 328

**17 I CIANOBATTERI** . . . . . **329**  
C. Perrone e G.P. Felicini

17.1 **Citologia**. . . . . 329

17.2 **Riproduzione**. . . . . 332

17.3 **La motilità dei tricomi**. . . . . 332

17.4 **Le eterocisti**. . . . . 332

17.4.1 La fissazione biologica dell'azoto . . . 333

17.5 **Sistematica**. . . . . 334

17.6 **Importanza ecologica ed evolutiva**. . . 335

*Letture di approfondimento*. . . . . 338

*Verifica delle conoscenze*. . . . . 339

■ **SCHEDA 17.1** Cyanophyceae tossiche  
(C. Perrone e G.P. Felicini). . . . . 340

**18 LE ALGHE** . . . . . **341**  
C. Perrone e G.P. Felicini

18.1 **Citologia**. . . . . 342

18.2 **Riproduzione**. . . . . 344

18.3 **Sistematica**. . . . . 345

18.3.1 **Regnum Plantae**  
Sottoregno Biliphyta . . . . . 347

18.3.1.1 *Glaucophyta*. . . . . 347

18.3.1.2 *Rhodophyta*. . . . . 347

18.3.2 **Regnum Plantae**  
Sottoregno Viridiplantae . . . . . 354

18.3.2.1 *Chlorophyta*. . . . . 354

18.3.2.2 *Charophyta*. . . . . 360

18.3.3 **Regnum Chromista**. . . . . 362

18.3.3.1 *Cryptophyta*. . . . . 362

18.3.3.2 *Haptophyta*. . . . . 363

18.3.3.3 *Ochrophyta*. . . . . 364

18.3.3.4 *Miozoa*. . . . . 372

18.3.3.5 *Cercozoa*. . . . . 373

18.3.4 **Regnum Protozoa**. . . . . 374

18.3.4.1 *Euglenozoa*. . . . . 374

*Letture di approfondimento  
e fonti delle illustrazioni*. . . . . 375

*Verifica delle conoscenze*. . . . . 376

■ **SCHEDA 18.1** Alghe utili e dannose  
(C. Perrone e G.P. Felicini). . . . . 377

**19 L'EMERSIONE DALL'ACQUA  
E LE BRIOFITE** . . . . . **381**  
A. Basile e M. Iberite

19.1 **L'emersione dall'acqua**. . . . . 381

19.1.1 **Organizzazione cellulare**. . . . . 381

19.1.2 **Caratteri anatomici**. . . . . 382

19.1.3 **Organi riproduttori**. . . . . 383

19.1.4 **Cicli biologici**. . . . . 384

19.2 **Le briofite**. . . . . 384

19.2.1 **Caratteri generali**. . . . . 384

19.2.2 **Caratteri citologici e istologici**. . . . 385

19.2.3 **Caratteri ecologici**. . . . . 389

19.2.4 **Aspetti floristici e fitogeografici  
dell'Italia**. . . . . 389

19.2.5 **Sistematica e filogenesi**. . . . . 390

19.2.5.1 *Bryophyta*. . . . . 390

19.2.5.2 *Marchantiophyta*. . . . . 392

19.2.5.3 *Anthocerotophyta*. . . . . 393

19.2.6 **La riproduzione**. . . . . 395

19.2.7 **Adattamenti delle briofite  
all'ambiente terrestre**. . . . . 397

*Letture di approfondimento  
e fonti delle illustrazioni*. . . . . 399

*Verifica delle conoscenze*. . . . . 399

■ **SCHEDA 19.1** Le briofite come bioindicatori  
dell'inquinamento ambientale (A. Basile) . . 400

**20 LE PIANTE VASCOLARI SENZA SEME:  
LICOFITE E FELCI** . . . . . **403**  
G. Abbate

20.1 **Introduzione alle piante vascolari**. . . . 403

20.2 **Licofite e felci: caratteri generali  
e riproduzione**. . . . . 404

20.3 **Sistematica**. . . . . 406

20.3.1 **Riniofite**. . . . . 406

20.3.2 **Licofite**. . . . . 406

20.3.3 **Monilofite (felci e gruppi affini)**. . . . 409

20.3.3.1 *Psiloti*. . . . . 409

20.3.3.2 *Equiseti*. . . . . 410

20.3.3.3 *Felci*. . . . . 411

*Letture di approfondimento  
e fonti delle illustrazioni*. . . . . 415

*Verifica delle conoscenze*. . . . . 415

■ **SCHEDA 20.1** Duttilità di *Azolla*: da concime  
verde a pianta disinquinante (C. Forni). . . . 416

■ **SCHEDA 20.2** Filogenesi delle tracheofite  
senza seme (F. Selvi). . . . . 418

**21 LE GIMNOSPERME** . . . . . **421**  
G. Abbate

21.1 **Introduzione alle spermatofite**. . . . . 421

21.2 **Le gimnosperme: caratteri generali  
e riproduzione**. . . . . 423

21.3 **Sistematica**. . . . . 423

21.3.1 **Cicadee**. . . . . 424

21.3.2 **Ginkgo**. . . . . 425

21.3.3 **Conifere**. . . . . 426

21.3.3.1 *Cupressaceae*. . . . . 429



21.3.3.2 <i>Pinaceae</i> . . . . .	431	23.3.2 I setti . . . . .	487
21.3.4 Gnetofite . . . . .	432	23.3.3 La membrana citoplasmatica . . . . .	488
<i>Letture di approfondimento</i>		23.3.4 Il citoplasma e gli organelli cellulari . . . . .	488
<i>e fonti delle illustrazioni</i> . . . . .	435	23.3.5 Dimorfismo . . . . .	489
<i>Verifica delle conoscenze</i> . . . . .	435	23.3.6 Organizzazione del micelio . . . . .	489
■ <b>SCHEDA 21.1</b> Le conifere nel paesaggio		23.3.7 Gli austori . . . . .	490
vegetale italiano ( <i>G. Abbate</i> ) . . . . .	436	23.4 <b>Sistematica e modalità di riproduzione</b> . . . . .	491
<b>22 LE ANGIOSPERME</b> . . . . .	<b>439</b>	23.4.1 Chytridiomycota . . . . .	492
<i>F. Selvi e M.A. Signorini</i>		23.4.2 Zygomycota . . . . .	492
22.1 Diversità e cenni sull'evoluzione . . . . .	439	23.4.3 Ascomycota . . . . .	493
22.2 Sistematica . . . . .	443	23.4.4 Basidiomycota . . . . .	495
22.3 Le principali famiglie della flora italiana . . . . .	446	23.4.5 Glomeromycota . . . . .	499
22.3.1 Eu-dicotiledoni . . . . .	446	23.4.6 Funghi mitosporici . . . . .	500
22.3.1.1 <i>Apiaceae</i> o <i>Umbelliferae</i> . . . . .	446	23.5 Eterocariosi e ciclo parasessuale . . . . .	502
22.3.1.2 <i>Asteraceae</i> o <i>Compositae</i> . . . . .	447	23.6 Liberazione e dispersione delle spore . . . . .	502
22.3.1.3 <i>Betulaceae</i> . . . . .	450	23.7 Dormienza e germinazione delle spore . . . . .	503
22.3.1.4 <i>Boraginaceae</i> . . . . .	451	23.8 <b>Importanza ecologica dei funghi</b>	
22.3.1.5 <i>Brassicaceae</i> o <i>Cruciferae</i> . . . . .	452	<b>e nutrizione minerale</b> . . . . .	503
22.3.1.6 <i>Caryophyllaceae</i> . . . . .	454	23.9 <b>Processi degradativi</b> . . . . .	504
22.3.1.7 <i>Ericaceae</i> . . . . .	455	23.9.1 Degradazione dell'amido . . . . .	504
22.3.1.8 <i>Fabaceae</i> o <i>Leguminosae</i> . . . . .	456	23.9.2 Degradazione della cellulosa	
22.3.1.9 <i>Fagaceae</i> . . . . .	458	e delle emicellulose . . . . .	504
22.3.1.10 <i>Lamiaceae</i> o <i>Labiatae</i> . . . . .	459	23.9.3 Degradazione della pectina . . . . .	505
22.3.1.11 <i>Oleaceae</i> . . . . .	461	23.9.4 Degradazione delle sostanze azotate . . . . .	505
22.3.1.12 <i>Ranunculaceae</i> . . . . .	462	23.9.5 Degradazione della lignina . . . . .	505
22.3.1.13 <i>Rosaceae</i> . . . . .	464	23.9.6 Processi di degradazione degli	
22.3.1.14 <i>Scrophulariaceae</i> . . . . .	466	alimenti e patogeni delle piante . . . . .	507
22.3.1.15 <i>Solanaceae</i> . . . . .	467	23.9.7 Altri processi degradativi . . . . .	509
22.3.2 Monocotiledoni . . . . .	469	23.10 <b>Interazioni funghi-alghe: i licheni</b> . . . . .	510
22.3.2.1 <i>Amaryllidaceae</i> . . . . .	469	23.11 <b>Interazioni funghi-piante: le micorrize</b> . . . . .	512
22.3.2.2 <i>Cyperaceae</i> . . . . .	469	23.11.1 Ectomicorrize . . . . .	513
22.3.2.3 <i>Iridaceae</i> . . . . .	471	23.11.2 Endomicorrize delle Ericales . . . . .	515
22.3.2.4 <i>Liliaceae sensu stricto</i> . . . . .	472	23.11.3 Endomicorrize vescicolo-arbuscolari	
22.3.2.5 <i>Orchidaceae</i> . . . . .	473	(V.A.M. o V.A. o A.M.) . . . . .	516
22.3.2.6 <i>Poaceae</i> o <i>Gramineae</i> . . . . .	475	23.11.4 Endomicorrize delle Orchidee . . . . .	517
<i>Letture di approfondimento</i>		23.11.5 Ectoendomicorrize . . . . .	518
<i>e fonti delle illustrazioni</i> . . . . .	477	<i>Letture di approfondimento</i> . . . . .	519
<i>Verifica delle conoscenze</i> . . . . .	478	<i>Verifica delle conoscenze</i> . . . . .	519
■ <b>SCHEDA 22.1</b> Il parassitismo		■ <b>SCHEDA 23.1</b> I funghi allucinogeni	
nelle angiosperme		e tossici ( <i>O. Maggi</i> ) . . . . .	520
( <i>O. Maggi, F. Selvi e M.A. Signorini</i> ) . . . . .	479	■ <b>SCHEDA 23.2</b> I lieviti e le fermentazioni	
■ <b>SCHEDA 22.2</b> Le piante carnivore		( <i>O. Maggi</i> ) . . . . .	522
( <i>O. Maggi, F. Selvi e M.A. Signorini</i> ) . . . . .	481	■ <b>SCHEDA 23.3</b> I funghi e i metalli ( <i>O. Maggi</i> ) . . . . .	523
■ <b>SCHEDA 22.3</b> Le Fanerogame marine		■ <b>SCHEDA 23.4</b> I licheni come monitor	
( <i>M. Iberite</i> ) . . . . .	483	della qualità dell'aria ( <i>O. Maggi</i> ) . . . . .	524
<b>23 I FUNGHI</b> . . . . .	<b>485</b>	■ <b>SCHEDA 23.5</b> I funghi endofiti:	
<i>O. Maggi</i>		una nuova risorsa? ( <i>O. Maggi</i> ) . . . . .	526
23.1 Caratteri generali . . . . .	485	<b>24 IDENTIFICAZIONE DELLE PIANTE</b>	
23.2 Fattori che influenzano lo sviluppo . . . . .	486	<b>VASCOLARI E MUSEI BOTANICI</b> . . . . .	<b>529</b>
23.3 La cellula fungina . . . . .	486	<i>M.A. Signorini e G. Abbate</i>	
23.3.1 La parete cellulare . . . . .	486	24.1 Identificare una pianta . . . . .	529
		24.2 Diversi sistemi per l'identificazione . . . . .	530

24.3	Le chiavi di identificazione. . . . .	531	26.3	Stato della biodiversità e piante a rischio di estinzione in Italia . . . . .	564
24.4	Altri tipi di chiavi. . . . .	533	26.3.1	Il sistema delle Liste Rosse IUCN . . .	564
24.5	Erbari . . . . .	534	26.3.1.1	<i>Le piante a rischio di estinzione in Italia</i> . . . . .	565
24.6	Orti e giardini botanici. . . . .	536	26.4	Convenzioni, accordi e leggi per la conservazione della biodiversità . . . .	569
	<i>Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni.</i> . . . . .	538	26.4.1	Le attività dell'Unione Europea . . . . .	569
	<i>Verifica delle conoscenze.</i> . . . . .	539	26.4.2	Le aree protette in Italia . . . . .	569
<b>25</b>	<b>ELEMENTI DI FITO GEOGRAFIA . . . . .</b>	<b>541</b>	26.4.3	Hotspots di biodiversità . . . . .	571
	A. Acosta e G. Abbate			<i>Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni.</i> . . . . .	572
25.1	Fattori che influenzano la distribuzione delle piante terrestri . . . . .	541		<i>Verifica delle conoscenze.</i> . . . . .	572
25.2	Areali e corotipi . . . . .	543	■SCHEDA 26.1	Analisi del valore conservazionistico del territorio attraverso dati floristici (G. Abbate e E. Givoli). . . . .	573
25.2.1	Le specie esotiche. . . . .	545	■SCHEDA 26.2	Una specie fungina a rischio di estinzione in Italia (O. Maggi). .	574
25.3	Le forme biologiche . . . . .	546	<b>27</b>	<b>LE PIANTE DI INTERESSE ECONOMICO. . . . .</b>	<b>575</b>
25.4	I biomi . . . . .	547		C. Forni e S. Mazzuca	
25.4.1	Foresta tropicale pluviale . . . . .	547	27.1	Piante alimentari . . . . .	575
25.4.2	Savana tropicale . . . . .	549	27.1.1	Le piante nella nutrizione umana . . .	577
25.4.3	Deserti subtropicali e temperati . . . .	549	27.2	Piante come produttori di molecole bioattive . . . . .	579
25.4.4	Bioma mediterraneo. . . . .	551	27.2.1	Le principali molecole bioattive e il loro uso in campo farmaceutico . . .	580
25.4.5	Foresta temperata. . . . .	551	27.3	Le piante come depuratori dell'ambiente . . . . .	584
25.4.6	Praterie temperate . . . . .	553	27.3.1	L'inquinamento ambientale . . . . .	584
25.4.7	Foreste boreali . . . . .	554	27.3.2	Il fitorisamento e la fitodepurazione. .	586
25.4.8	Tundra . . . . .	554	27.4	Le piante come produttori di allergeni .	589
25.5	La flora vascolare italiana . . . . .	555	27.5	Le piante e le nuove frontiere. . . . .	590
	<i>Lecture di approfondimento</i> . . . . .	557		<i>Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni.</i> . . . . .	593
	<i>Verifica delle conoscenze.</i> . . . . .	558		<i>Verifica delle conoscenze.</i> . . . . .	593
■SCHEDA 25.1	Le specie esotiche in Italia (A. Acosta) . . . . .	559	<b>Indice analitico. . . . .</b>	<b>595</b>	
■SCHEDA 25.2	Le fonti di dati sulla flora vascolare italiana (G. Abbate). . . . .	560			
<b>26</b>	<b>LA BIODIVERSITÀ . . . . .</b>	<b>561</b>			
	E. Givoli e M. Iberite				
26.1	Conoscere la biodiversità . . . . .	561			
26.1.1	Il concetto di biodiversità. . . . .	561			
26.1.2	Metodi per la valutazione della biodiversità . . . . .	563			
26.2	Conservazione <i>in situ</i> ed <i>ex situ</i> . . . . .	563			

