

**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  
BERCHIESI/SANTINI – L'acustica molecolare in chimica  
BOLOGNANI – Bioenergetica  
BOLOGNANI/VOLPI – Tavole metaboliche  
BRUNI – Farmacognosia generale e applicata  
BRUNI/NICOLETTI – Dizionario di erboristeria e di fitoterapia  
CABRAS/MARTELLI – Chimica degli alimenti  
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  
D'ISCHIA – La chimica organica in laboratorio  
DURANTI/PAGANI – Enzimologia  
EVANGELISTI/RESTANI – Prodotti dietetici  
FURLANUT – Farmacologia: principi e applicazioni  
GALLI/CORSINI/MARINOVICH – Tossicologia  
GOGLIA – Anatomia umana  
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  
MAFFEI – Biochimica vegetale  
MANGIAROTTI – Biologia molecolare  
MARINELLI/LIGUORI/MONTEMARANO/D'AMORA – Igiene, medicina preventiva e sanità pubblica  
MARZONA – Chimica delle fermentazioni  
MAUGINI/MALECI BINI/MARIOTTI LIPPI – Botanica farmaceutica  
MEZZOGIORNO – Compendio di anatomia umana  
MICHELIN LAUSAROT/VAGLIO – Stechiometria per la chimica generale  
MONESI – Istologia  
NIZZOLI/PISSACROIA – Trattato completo degli abusi e delle dipendenze (in due volumi)  
PASQUA – Biologia cellulare e biotecnologie vegetali  
PEDULLI – Metodi fisici in chimica organica  
PETRUCCI – Chimica generale  
PONTIERI – Patologia e fisiopatologia generale  
PONTIERI – Patologia generale  
RUBINI – Fisiologia per le lauree triennali  
SANTAGADA/CALIENDO – Peptidi e peptidomimetici  
SAVELLI/BRUNO - Analisi chimico farmaceutica  
SENATORE – Biologia e botanica farmaceutica  
SILIPRANDI/TETTAMANTI – Biochimica medica: strutturale, metabolica e funzionale  
SPANDRIO – Principi e tecniche di chimica clinica  
TAIZ/ZEIGER – Elementi di fisiologia vegetale  
TAIZ/ZEIGER – Fisiologia vegetale  
VACATELLO/VACATELLO – Problemi di chimica 1.0  
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,  
G. CASADORO, 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**

**TERZA EDIZIONE**

**PICCIN**

Tutti i diritti sono riservati

È VIETATA PER LEGGE LA RIPRODUZIONE  
IN FOTOCOPIA  
E IN QUALSIASI ALTRA FORMA

È vietato riprodurre, archiviare in un sistema di riproduzione o trasmettere sotto qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo elettronico, meccanico, per fotocopia, registrazione o altro, qualsiasi parte di questa pubblicazione senza autorizzazione scritta dell'Editore. Ogni violazione sarà perseguita secondo le leggi civili e penali.

ISBN 978-88-299-2718-0

Stampato in Italia

# AUTORI

## **GIOVANNA ABBATE**

*Dipartimento di Biologia Ambientale  
Università di Roma "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*

## **GIORGIO CASADORO**

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

## **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 Vegetale  
Università di Roma "Sapienza"*

## **MAURO IBERITE**

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

## **ORIANA MAGGI**

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

*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*



# 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 di 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 di schede di approfondimento che toccano problematiche di base (in arancione), di carattere tecnico-metodologico (in fucsia), ambientale (in verde) e biotecnologico (in azzurro).*

*Si è scelto di non affrontare 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 organizzazio-*

*ne, 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, 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.*

*La terza edizione del testo vede la luce dopo quattro anni dalla precedente. Sono state apportate modifiche ed integrazioni in alcuni capitoli, tenendo conto anche dei suggerimenti di numerosi docenti che hanno adottato ed apprezzato le precedenti edizioni. Sono stati migliorati ed aggiunti schemi ed illustrazioni.*

*Desideriamo ringraziare in modo particolare i Dottori Roberto Braglia, Emanuela Giovi ed Alessio Valletta che nelle precedenti edizioni avevano curato con impegno e competenza l'allestimento di parte dell'iconografia del testo e ci avevano assistito nell'allestimento editoriale dell'opera. Un ulteriore ringraziamento va ad alcuni autori che si sono resi disponibili nella lettura critica di diversi capitoli.*

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 .....	2
Origine e diversità dei vegetali .....	4

## Parte Prima IL LIVELLO CELLULARE

### Capitolo 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 .....	16
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 .....	18
1.3 I mitocondri .....	18
1.4 I perossisomi .....	20
1.5 I ribosomi .....	22

*Lecture di approfondimento*

*e fonti delle illustrazioni.* ..... 22

### Capitolo 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 ..	33
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 .....	35
2.2.3 La parete secondaria .....	35
2.2.4 Specializzazione della parete in relazione al tipo di tessuto .....	36
2.3 Proprietà chimico-fisiche .....	37

2.4 Funzioni della parete cellulare .....	38
2.5 Trasporto apoplastico e simplastico .....	39
2.5.1 I plasmodesmi .....	39
2.6 Separazione cellulare .....	39
<i>Lecture di approfondimento</i> <i>e fonti delle illustrazioni.</i> .....	41

### Capitolo 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 interfascico di microtubuli corticali .....	47
3.2.2 Banda preprofasica .....	49
3.2.3 Fuso mitotico .....	50
3.2.4 Frangoplasto .....	51
3.3 Citoscheletro e motilità cellulare .....	52
3.4 Citoscheletro nel differenziamento e nella morfogenesi .....	52
3.4.1 Polarità cellulare .....	53
3.4.2 Espansione cellulare .....	53
3.4.3 Accrescimento apicale .....	54
3.4.4 Differenziamento degli elementi di conduzione dello xilema .....	55
3.4.5 Comunicazioni cellulari .....	56
3.4.6 Interazioni biotiche .....	56
<i>Lecture di approfondimento</i> <i>e fonti delle illustrazioni.</i> .....	58
■ SCHEDA 3.1: Metodi di analisi del citoscheletro (B. Baldan) .....	59

**Capitolo 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 . . 72  
 4.7 Esocitosi e endocitosi . . . . . 74

*Letture di approfondimento  
 e fonti delle illustrazioni. . . . . 76*

**Capitolo 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*

*Letture di approfondimento  
 e fonti delle illustrazioni. . . . . 86*

**Capitolo 6 I PLASTIDI . . . . . 87**

(G. PASQUA)

6.1 Proplastidi . . . . . 87  
 6.2 Cloroplasti . . . . . 88  
 6.3 Cromoplasti . . . . . 90  
 6.4 Leucoplasti . . . . . 92  
 6.5 Pigmenti fotosintetici . . . . . 93  
 6.6 Ciclo di sviluppo dei plastidi . . . . . 95  
 6.7 Origine evolutiva dei plastidi . . . . . 96

*Letture di approfondimento  
 e fonti delle illustrazioni. . . . . 97*

**Capitolo 7 IL NUCLEO . . . . . 99**

(S. COZZOLINO)

7.1 Organizzazione generale del nucleo . . . . 99  
 7.1.1 *L'involucro nucleare. . . . . 99*  
 7.1.2 *Gli scambi nucleo-citoplasma . . . . . 100*  
 7.1.3 *DNA e cromosomi. . . . . 101*  
 7.1.4 *Le proteine istoniche e non istoniche . . . 102*  
 7.2 Il genoma . . . . . 103  
 7.2.1 *Il sequenziamento del genoma . . . . . 103*  
 7.2.2 *Il DNA ripetitivo e la dimensione  
 del genoma . . . . . 104*

7.2.3 *La poliploidia . . . . . 105*

**7.3 Il ciclo cellulare. . . . . 107**

7.3.1 *Il ciclo cellulare mitotico . . . . . 107*  
 7.3.2 *La divisione cellulare: mitosi e meiosi . . . 108*

*Letture di approfondimento  
 e fonti delle illustrazioni. . . . . 112*

■ **SCHEDA 7.1: Tecniche per lo studio  
 citologico (S. Mazzuca) . . . . . 114**

**Parte Seconda  
 IL LIVELLO TISSUTALE**

**Capitolo 8 I TESSUTI. . . . . 121**

(G. PASQUA E C. FORNI)

8.1 I meristemi primari e secondari . . . . . 121  
 8.2 Accrescimento e differenziamento  
 delle cellule vegetali . . . . . 122  
 8.3 Tessuti parenchimatici: clorofilliano,  
 di riserva, acquifero, aerifero . . . . . 123  
 8.3.1 *Parenchima clorofilliano o fotosintetico . . 124*  
 8.3.2 *Parenchima di riserva . . . . . 124*  
 8.3.3 *Parenchima di trasfusione . . . . . 124*  
 8.3.4 *Parenchima acquifero . . . . . 124*  
 8.3.5 *Parenchima aerifero. . . . . 125*  
 8.3.6 *Parenchima conduttore. . . . . 125*  
 8.4 Tessuti tegumentali . . . . . 125  
 8.4.1 *Tessuti tegumentali esterni . . . . . 125*  
 8.4.1.1 *L'epidermide e le sue modificazioni. . 125*  
 8.4.1.2 *Rizoderma. . . . . 131*  
 8.4.1.3 *Esoderma . . . . . 132*  
 8.4.2 *Tessuti tegumentali primari interni:  
 endoderma . . . . . 132*  
 8.4.3 *Tessuti tegumentali secondari: sughero . . . 133*  
 8.5 Tessuti meccanici . . . . . 134  
 8.5.1 *Collenchima . . . . . 134*  
 8.5.2 *Sclerenchima . . . . . 135*  
 8.5.2.1 *Sclereidi . . . . . 135*  
 8.5.2.2 *Fibre . . . . . 136*  
 8.6 Tessuti conduttori . . . . . 137  
 8.6.1 *Tracheidi e trachee. . . . . 138*  
 8.6.2 *Cellule e tubi cribrosi. . . . . 139*  
 8.6.3 *Fasci conduttori. Xilema e floema . . . . . 141*  
 8.7 Tessuti secretori . . . . . 144  
 8.7.1 *Tessuti secretori esterni . . . . . 144*  
 8.7.1.1 *Peli secretori o tricomi ghiandolari . . 144*  
 8.7.1.2 *Ghiandole del sale e idatòdi . . . . . 145*  
 8.7.1.3 *Nettari. . . . . 145*  
 8.7.2 *Tessuti secretori interni. . . . . 145*  
 8.7.2.1 *Cellule secretici o idioblasti secretori. 145*

8.7.2.2 Canali, o dotti secretori, schizogeni e lisigeni . . . . .	146
8.7.2.3 Tasche secretorie . . . . .	146
8.7.2.4 Laticiferi . . . . .	148
<i>Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni.</i> . . . . .	148
■ SCHEDA 8.1: Morte cellulare programmata nel differenziamento cellulare e nei processi di sviluppo (G. Pasqua e A. Valletta) . . . . .	149
■ SCHEDA 8.2: Tecniche per lo studio istologico (preparati a fresco e permanenti) (G. Pasqua e A. Valletta) . . . . .	151

## Parte Terza

### IL LIVELLO DI ORGANO

#### Capitolo 9 IL FUSTO . . . . . 155

(G. PASQUA)	
9.1 Morfologia del fusto . . . . .	155
9.2 Ontogenesi e differenziamento del corpo primario del fusto . . . . .	156
9.2.1 <i>Cono vegetativo</i> . . . . .	156
9.2.2 <i>Zona di determinazione o meristema subapicale</i> . . . . .	159
9.2.3 <i>Origine delle bozze fogliari e dei primordi dei rami</i> . . . . .	159
9.2.4 <i>Zona di differenziamento</i> . . . . .	160
9.3 Struttura primaria del fusto nelle spermatofite . . . . .	161
9.3.1 <i>Epidermide</i> . . . . .	161
9.3.2 <i>Corteccia</i> . . . . .	161
9.3.3 <i>Cilindro centrale o stele</i> . . . . .	163
9.4 Differenziamento del cambio cribro-legnoso e subero-fellodermico: passaggio alla struttura secondaria . . . . .	165
9.4.1 <i>Il cambio cribro-legnoso</i> . . . . .	165
9.4.2 <i>Il cambio subero-fellodermico</i> . . . . .	167
9.4.3 <i>Xilema secondario</i> . . . . .	169
9.4.3.1 <i>Xilema secondario delle gimnosperme</i> . . . . .	169
9.4.3.2 <i>Xilema secondario delle angiosperme</i> . . . . .	171
9.4.3.3 <i>Cerchie annuali</i> . . . . .	172
9.4.4 <i>Floema secondario</i> . . . . .	173
9.5 Specializzazioni ed adattamenti del fusto . . . . .	174
9.5.1 <i>Fusti con funzione di riserva di nutrienti</i> . . . . .	174
9.5.2 <i>Fusti modificati con funzione di riserva idrica</i> . . . . .	174
9.5.3 <i>Fusti con funzione di sostegno</i> . . . . .	174
9.5.4 <i>Fusti con funzione fotosintetica</i> . . . . .	175
9.5.5 <i>Fusti con funzione di difesa</i> . . . . .	176
<i>Lecture di approfondimento</i> . . . . .	176

■ SCHEDA 9.1: La teoria della stele (C. Forni) . . . . .	177
■ SCHEDA 9.2: Il trasporto di acqua e nutrienti minerali nel sistema vascolare: il meccanismo di coesione-tensione (L. Trainotti) . . . . .	178
■ SCHEDA 9.3: Micropropagazione e caulogenesi <i>in vitro</i> (G. Pasqua e A. Valletta) . . . . .	180

#### Capitolo 10 LA FOGLIA . . . . . 183

(G. PASQUA)	
10.1 Origine evolutiva della foglia . . . . .	183
10.2 Fillotassi . . . . .	184
10.3 Morfologia fogliare . . . . .	185
10.4 Anatomia della foglia . . . . .	188
10.4.1 <i>Epidermide</i> . . . . .	188
10.4.2 <i>Parenchima clorofilliano</i> . . . . .	191
10.4.3 <i>Sistema conduttore</i> . . . . .	193
10.5 Genesi e sviluppo delle foglie . . . . .	195
10.6 Abscissione fogliare . . . . .	196
10.7 Particolari tipi di foglie . . . . .	196
10.7.1 <i>Cotiledoni</i> . . . . .	196
10.7.2 <i>Foglie delle sclerofille</i> . . . . .	197
10.7.3 <i>Foglie delle conifere</i> . . . . .	197
10.8 Modificazioni della foglia . . . . .	197
10.8.1 <i>Cirri</i> . . . . .	197
10.8.2 <i>Spine fogliari</i> . . . . .	198
10.8.3 <i>Perule</i> . . . . .	199
10.8.4 <i>Foglie succulente</i> . . . . .	199
10.8.5 <i>Foglie con funzione di riserva di nutrienti</i> . . . . .	200
10.8.6 <i>Foglie delle piante insettivore</i> . . . . .	200
<i>Lecture di approfondimento</i> . . . . .	201
■ SCHEDA 10.1: La fotosintesi (L. Trainotti) . . . . .	202
■ SCHEDA 10.2: Le foglie e l'inquinamento: effetti dannosi dell'ozono (C. Forni) . . . . .	204

#### Capitolo 11 LA RADICE . . . . . 207

(S. MAZZUCA)	
11.1 Organizzazione della radice . . . . .	209
11.2 Organizzazione dell'apice radicale . . . . .	210
11.3 Zona di differenziazione . . . . .	211
11.4 Zona di struttura primaria della radice. Formazione delle radici laterali . . . . .	212
11.5 Zona di struttura secondaria. Differenziamento del cambio cribro-legnoso e subero-fellodermico . . . . .	216
11.6 Specializzazioni e adattamenti . . . . .	219
<i>Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni.</i> . . . . .	221

■ SCHEDA 11.1: Il centro quiescente (S. Mazzuca) . . . . .	222
■ SCHEDA 11.2: Le simbiosi azotofissatrici (O. Maggi e F. Selvi) . . . . .	223
■ SCHEDA 11.3: Radici avventizie e rizogenesi <i>in vitro</i> (S. Mazzuca) . . . . .	224

## Parte Quarta IL LIVELLO DI ORGANISMO

### Capitolo 12 LA RIPRODUZIONE . . . . . 229

(E. CAPORALI)	
12.1 La riproduzione vegetativa . . . . .	229
12.2 La riproduzione sessuale. . . . .	229
12.2.1 <i>La gamia</i> . . . . .	230
12.3 I cicli biologici . . . . .	230
12.4 La riproduzione delle angiosperme. . . . .	232
12.4.1 <i>La propagazione vegetativa</i> . . . . .	232
12.4.2 <i>La riproduzione sessuale</i> . . . . .	233
12.5 Il fiore. . . . .	233
12.5.1 <i>La struttura del fiore</i> . . . . .	233
12.5.2 <i>Gli elementi fertili del fiore: androceo e gineceo</i> . . . . .	234
12.5.3 <i>Evoluzione degli elementi fiorali</i> . . . . .	235
12.6 Il ciclo vitale delle angiosperme . . . . .	236
12.7 Microsporogenesi e microgametogenesi. . . . .	236
12.8 Macrosporogenesi e megagametogenesi . . . . .	240
12.9 Impollinazione . . . . .	241
12.10 L'incompatibilità . . . . .	245
12.11 Fecondazione . . . . .	246
<i>Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni.</i> . . . . .	247
■ SCHEDA 12.1: Il modello ABC di sviluppo floreale (E. Caporali) . . . . .	248
■ SCHEDA 12.2: Induzione alla fioritura: trasformazione dell'apice vegetativo e meccanismi fisiologici (E. Caporali) . . . . .	250
■ SCHEDA 12.3: Embriogenesi somatica e semi artificiali (A. Spada) . . . . .	251
■ SCHEDA 12.4: Le piante transgeniche (A. Spada) . . . . .	253

### Capitolo 13 IL SEME . . . . . 255

(A. SPADA)	
13.1 Formazione e sviluppo dell'embrione e del seme. . . . .	256
13.1.1 <i>Embriogenesi, organizzazione apice-base, organizzazione radiale</i> . . . . .	256

13.1.2 <i>Endosperma e sostanze di riserva</i> . . . . .	260
13.1.3 <i>Modalità di dispersione dei semi</i> . . . . .	261
13.2 <b>Germinazione</b> . . . . .	262
13.2.1 <i>Condizioni essenziali per la germinazione</i> . . . . .	262
13.2.2 <i>La germinazione</i> . . . . .	265
<i>Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni.</i> . . . . .	267

### Capitolo 14 IL FRUTTO . . . . . 269

(G. CASADORO)	
14.1 Formazione e maturazione del frutto . . . . .	269
14.2 Classificazione dei frutti. . . . .	270
14.2.1 <i>I frutti secchi</i> . . . . .	270
14.2.1.1 Frutti indeiscenti. . . . .	270
14.2.1.2 Frutti deiscenti . . . . .	271
14.2.2 <i>I frutti carnosì</i> . . . . .	272
<i>Lecture di approfondimento</i> . . . . .	273
■ SCHEDA 14.1: Frutti partenocarpici (G. Casadoro) . . . . .	274

## Parte Quinta LA DIVERSITÀ VEGETALE

### Capitolo 15 L'EVOLUZIONE . . . . . 277

(F. SELVI E G. ABBATE)	
15.1 Cenni storici. . . . .	277
15.2 La speciazione. . . . .	278
<i>Lecture di approfondimento</i> . . . . .	284

### Capitolo 16 CLASSIFICAZIONE, NOMENCLATURA, STUDIO DELLA VARIABILITÀ. . . . . 285

(F. SELVI, M.A. SIGNORINI E S. COZZOLINO)	
16.1 Metodi di classificazione . . . . .	285
16.2 Concetto di specie, ranghi tassonomici e nomenclatura . . . . .	290
16.3 Caratteri con valore tassonomico: morfologia . . . . .	292
16.3.1 <i>Caratteri di interesse tassonomico di radice, fusto e foglie</i> . . . . .	293
16.3.2 <i>Caratteri di interesse tassonomico di infiorescenze, fiori, frutti e semi</i> . . . . .	299
16.4 Cariologia. . . . .	308
16.5 Sistematica molecolare . . . . .	312
<i>Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni.</i> . . . . .	316
■ SCHEDA 16.1: Studio tassonomico su un gruppo critico: il genere <i>Rubus</i> L. (G. Abbate) . . . . .	318

<b>Capitolo 17 I CIANOBATTERI</b> . . . . .	<b>321</b>	19.2.5 <i>Sistematica e filogenesi</i> . . . . .	380
(C. PERRONE E G.P. FELICINI)		19.2.5.1 Bryophyta . . . . .	380
17.1 <b>Citologia</b> . . . . .	321	19.2.5.2 Marchantiophyta . . . . .	383
17.2 <b>Riproduzione</b> . . . . .	324	19.2.5.3 Anthocerotophyta . . . . .	385
17.3 <b>La motilità dei tricomi</b> . . . . .	325	19.2.6 <i>La riproduzione</i> . . . . .	386
17.4 <b>Le eterocisti</b> . . . . .	325	19.2.7 <i>Adattamenti delle briofite</i> <i>all'ambiente terrestre</i> . . . . .	387
17.4.1 <i>La fissazione biologica dell'azoto</i> . . . . .	325	<i>Letture di approfondimento</i> <i>e fonti delle illustrazioni</i> . . . . .	390
17.5 <b>Sistematica</b> . . . . .	327	■ SCHEDA 19.1: Le briofite come bioindicatori dell'inquinamento ambientale (A. Basile) . . . . .	391
17.6 <b>Importanza ecologica ed evolutiva</b> . . . . .	328		
<i>Letture di approfondimento</i> . . . . .	331		
■ SCHEDA 17.1: Cyanophyceae tossiche (C. Perrone e G.P. Felicini) . . . . .	332		
<b>Capitolo 18 LE ALGHE</b> . . . . .	<b>333</b>	<b>Capitolo 20 LE PIANTE VASCOLARI</b> <b>SENZA SEME: LE PTERIDOFITE</b> . . . . .	<b>395</b>
(C. PERRONE E G.P. FELICINI)		(G. ABBATE)	
18.1 <b>Citologia</b> . . . . .	334	20.1 <b>Introduzione alle piante vascolari</b> . . . . .	395
18.2 <b>Riproduzione</b> . . . . .	336	20.2 <b>Le pteridofite: caratteri generali</b> <b>e riproduzione</b> . . . . .	396
18.3 <b>Sistematica</b> . . . . .	337	20.3 <b>Sistematica</b> . . . . .	398
18.3.1 <i>Archaeplastida (Glaucocystophyta,</i> <i>Rhodophyta, Chloroplastida)</i> . . . . .	338	20.3.1 <i>Riniofite</i> . . . . .	398
18.3.1.1 Glaucocystophyta . . . . .	338	20.3.2 <i>Licofite</i> . . . . .	398
18.3.1.2 Rhodophyta . . . . .	338	20.3.3 <i>Monilofite</i> . . . . .	401
18.3.1.3 Chloroplastida . . . . .	345	20.3.3.1 Psilotopsida . . . . .	401
18.3.2 <i>Chromalveolata (Cryptophyta,</i> <i>Haptophyta, Stramenopili, Alveolata)</i> . . . . .	353	20.3.3.2 Equisetopsida . . . . .	402
18.3.2.1 Cryptophyta . . . . .	353	20.3.3.3 Polypodiopsida . . . . .	403
18.3.2.2 Haptophyta . . . . .	354	<i>Letture di approfondimento</i> <i>e fonti delle illustrazioni</i> . . . . .	408
18.3.2.3 Stramenopili . . . . .	355	■ SCHEDA 20.1: Duttilità di <i>Azolla</i> : da concime verde a pianta disinquinante (C. Forni) . . . . .	409
18.3.2.4 Alveolata . . . . .	363		
18.3.3 <i>Excavata</i> . . . . .	365		
18.3.4 <i>Rhizaria</i> . . . . .	366		
<i>Letture di approfondimento</i> <i>e fonti delle illustrazioni</i> . . . . .	367	<b>Capitolo 21 LE GIMNOSPERME</b> . . . . .	<b>411</b>
■ SCHEDA 18.1: Alghe utili e dannose (C. Perrone e G.P. Felicini) . . . . .	368	(G. ABBATE)	
		21.1 <b>Introduzione alle spermatofite</b> . . . . .	411
<b>Capitolo 19 L'EMERSIONE DALL'ACQUA</b> <b>E LE BRIOFITE</b> . . . . .	<b>371</b>	21.2 <b>Le gimnosperme: caratteri generali</b> <b>e riproduzione</b> . . . . .	413
(A. BASILE E M. IBERITE)		21.3 <b>Sistematica</b> . . . . .	413
19.1 <b>L'emersione dall'acqua</b> . . . . .	371	21.3.1 <i>Cicadee</i> . . . . .	414
19.1.1 <i>Organizzazione cellulare</i> . . . . .	371	21.3.2 <i>Ginkgo</i> . . . . .	415
19.1.2 <i>Caratteri anatomici</i> . . . . .	372	21.3.3 <i>Conifere</i> . . . . .	416
19.1.3 <i>Organi riproduttori</i> . . . . .	373	21.3.3.1 Cupressaceae . . . . .	419
19.1.4 <i>Cicli biologici</i> . . . . .	374	21.3.3.2 Pinaceae . . . . .	420
19.2 <b>Le briofite</b> . . . . .	375	21.3.4 <i>Gnetofite</i> . . . . .	422
19.2.1 <i>Caratteri generali</i> . . . . .	375	<i>Letture di approfondimento</i> <i>e fonti delle illustrazioni</i> . . . . .	425
19.2.2 <i>Caratteri citologici e istologici</i> . . . . .	376	■ SCHEDA 21.1: Le conifere nel paesaggio vegetale italiano (G. Abbate) . . . . .	426
19.2.3 <i>Caratteri ecologici</i> . . . . .	379		
19.2.4 <i>Aspetti floristici e fitogeografici</i> <i>dell'Italia</i> . . . . .	380		



<b>Capitolo 22 LE ANGIOSPERME . . . . .</b>	<b>429</b>		
(F. SELVI E M.A. SIGNORINI)			
22.1 Diversità e cenni sull'evoluzione . . . . .	429	23.4.2 Zygomycota . . . . .	483
22.2 Sistematica . . . . .	433	23.4.3 Ascomycota . . . . .	483
22.3 Le principali famiglie		23.4.4 Basidiomycota . . . . .	487
della flora italiana . . . . .	436	23.4.5 Glomeromycota . . . . .	490
22.3.1 <i>Eu-dicotiledoni</i> . . . . .	436	23.4.6 <i>Funghi mitosporici</i> . . . . .	490
22.3.1.1 Apiaceae o Umbelliferae . . . . .	436	23.5 Eterocariosi e ciclo parasessuale . . . . .	492
22.3.1.2 Asteraceae o Compositae. . . . .	438	23.6 Liberazione e dispersione delle spore . . . . .	493
22.3.1.3 Betulaceae . . . . .	441	23.7 Dormienza e germinazione	
22.3.1.4 Boraginaceae . . . . .	442	delle spore. . . . .	493
22.3.1.5 Brassicaceae o Cruciferae. . . . .	443	23.8 Importanza ecologica dei funghi	
22.3.1.6 Caryophyllaceae . . . . .	445	e nutrizione minerale . . . . .	494
22.3.1.7 Ericaceae . . . . .	446	23.9 Processi degradativi . . . . .	494
22.3.1.8 Fabaceae o Leguminosae . . . . .	447	23.9.1 <i>Degradazione dell'amido</i> . . . . .	495
22.3.1.9 Fagaceae . . . . .	449	23.9.2 <i>Degradazione della cellulosa</i>	
22.3.1.10 Lamiaceae o Labiatae . . . . .	450	e delle emicellulose . . . . .	495
22.3.1.11 Oleaceae . . . . .	453	23.9.3 <i>Degradazione della pectina</i> . . . . .	495
22.3.1.12 Ranunculaceae . . . . .	453	23.9.4 <i>Degradazione delle sostanze azotate</i> . . . . .	495
22.3.1.13 Rosaceae . . . . .	455	23.9.5 <i>Degradazione della lignina</i> . . . . .	496
22.3.1.14 Scrophulariaceae sensu lato . . . . .	458	23.9.6 <i>Processi di degradazione degli</i>	
22.3.1.15 Solanaceae. . . . .	459	alimenti e patogeni delle piante . . . . .	497
22.3.2 <i>Monocotiledoni</i> . . . . .	460	23.9.7 <i>Altri processi degradativi</i> . . . . .	500
22.3.2.1 Alliaceae . . . . .	460	23.10 Interazioni funghi-alghe: i licheni . . . . .	501
22.3.2.2 Cyperaceae . . . . .	461	23.11 Interazioni funghi-piante: le micorrize. . . . .	503
22.3.2.3 Iridaceae . . . . .	463	23.11.1 <i>Ectomicorrize</i> . . . . .	504
22.3.2.4 Liliaceae sensu stricto . . . . .	464	23.11.2 <i>Endomicorrize delle Ericales</i> . . . . .	506
22.3.2.5 Orchidaceae . . . . .	465	23.11.3 <i>Endomicorrize vescicolo-arbuscolari</i>	
22.3.2.6 Poaceae o Gramineae. . . . .	467	(V.A.M. o V.A. o A.M.) . . . . .	507
<i>Lecture di approfondimento</i>		23.11.4 <i>Endomicorrize delle Orchidee</i> . . . . .	509
<i>e fonti delle illustrazioni</i> . . . . .	469	23.11.5 <i>Ectoendomicorrize</i> . . . . .	510
■ SCHEDA 22.1: Il parassitismo nelle angiosperme		<i>Lecture di approfondimento</i> . . . . .	510
(O. Maggi, F. Selvi e M.A. Signorini) . . . . .	470	■ SCHEDA 23.1: I funghi allucinogeni e tossici	
■ SCHEDA 22.2: Le piante carnivore		(O. Maggi) . . . . .	511
(O. Maggi, F. Selvi e M.A. Signorini) . . . . .	471	■ SCHEDA 23.2: I lieviti e le fermentazioni	
		(O. Maggi) . . . . .	512
		■ SCHEDA 23.3: I funghi e i metalli	
		(O. Maggi) . . . . .	514
		■ SCHEDA 23.4: I licheni come monitor	
		della qualità dell'aria (O. Maggi). . . . .	515
<b>Capitolo 23 I FUNGHI . . . . .</b>	<b>475</b>		
(O. MAGGI)			
23.1 Caratteri generali . . . . .	475	<b>Capitolo 24 IDENTIFICAZIONE DELLE</b>	
23.2 Fattori che influenzano lo sviluppo . . . . .	475	<b>PIANTE VASCOLARI E MUSEI BOTANICI . . . . .</b>	<b>517</b>
23.3 La cellula fungina. . . . .	476	(M.A. SIGNORINI E G. ABBATE)	
23.3.1 <i>La parete cellulare</i> . . . . .	476	24.1 Identificare una pianta . . . . .	517
23.3.2 <i>I setti</i> . . . . .	477	24.2 Diversi sistemi per l'identificazione . . . . .	518
23.3.3 <i>La membrana citoplasmatica</i> . . . . .	478	24.3 Le chiavi di identificazione. . . . .	519
23.3.4 <i>Il citoplasma e gli organelli cellulari</i> . . . . .	478	24.4 Altri tipi di chiavi. . . . .	521
23.3.5 <i>Dimorfismo</i> . . . . .	479	24.5 Erbari . . . . .	522
23.3.6 <i>Organizzazione del micelio</i> . . . . .	479	24.6 Orti e giardini botanici . . . . .	525
23.3.7 <i>Gli austori</i> . . . . .	480	<i>Lecture di approfondimento</i>	
23.4 Sistematica e modalità di riproduzione . . . . .	481	<i>e fonti delle illustrazioni</i> . . . . .	527
23.4.1 <i>Chytridiomycota</i> . . . . .	482		

**Capitolo 25 ELEMENTI DI FITO GEOGRAFIA . 529**

(A. ACOSTA E G. ABBATE)

25.1 Fattori che influenzano la distribuzione delle piante terrestri . . . . . 529

25.2 Areali e corotipi . . . . . 531

25.2.1 *Le specie esotiche* . . . . . 533

25.3 Le forme biologiche . . . . . 534

25.4 I biomi . . . . . 535

25.4.1 *Foresta tropicale pluviale* . . . . . 53525.4.2 *Savana tropicale* . . . . . 53725.4.3 *Deserti subtropicali e temperati* . . . . . 53825.4.4 *Bioma mediterraneo*. . . . . 53825.4.5 *Foresta temperata*. . . . . 54125.4.6 *Praterie temperate* . . . . . 54225.4.7 *Foreste boreali* . . . . . 54225.4.8 *Tundra* . . . . . 543

25.5 La flora vascolare italiana . . . . . 544

*Lecture di approfondimento* . . . . . 546

■ SCHEDA 25.1: Le specie esotiche (A. Acosta) . . . . . 547

■ SCHEDA 25.2: Le fonti di dati sulla flora vascolare italiana (G. Abbate) . . . . . 548

**Capitolo 26 LA BIODIVERSITÀ . . . . . 549**

(E. GIOVI)

26.1 Conoscere la biodiversità . . . . . 549

26.1.1 *Il concetto di biodiversità*. . . . . 54926.1.2 *Metodi per la valutazione della biodiversità*. . . . . 551

26.2 Conservazione in situ ed ex situ . . . . . 551

26.3 Stato della biodiversità e piante a rischio di estinzione in Italia . . . . . 552

26.3.1 *Il sistema delle Liste Rosse IUCN* . . . . . 552

26.3.1.1 Le piante a rischio di estinzione in Italia . . . . . 553

26.4 Convenzioni, accordi e leggi per la conservazione della biodiversità . . . . . 557

26.4.1 *Le attività dell'Unione Europea* . . . . . 55726.4.2 *Le aree protette in Italia*. . . . . 55826.4.3 *Hotspots di biodiversità* . . . . . 559*Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni*. . . . . 560

■ SCHEDA 26.1: Analisi del valore conservazionistico del territorio attraverso dati floristici (G. Abbate e E. Giovi) . . . . . 561

■ SCHEDA 26.2: Una specie fungina a rischio di estinzione in Italia (O. Maggi) . . . . . 562

**Capitolo 27 LE PIANTE DI INTERESSE ECONOMICO . . . . . 563**

(C. FORNI E S. MAZZUCA)

27.1 Piante alimentari . . . . . 563

27.1.1 *Le piante nella nutrizione umana* . . . . . 565

27.2 Piante come produttori di molecole bioattive . . . . . 567

27.2.1 *Le principali molecole bioattive e il loro uso in campo farmaceutico*. . . . . 569

27.3 Le piante come depuratori dell'ambiente . . . . . 573

27.3.1 *L'inquinamento ambientale* . . . . . 57327.3.2 *Il fitorisanamento e la fitodepurazione*. . . . . 574

27.4 Le piante come produttori di allergeni. 577

*Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni*. . . . . 580**Indice analitico . . . . . 581**

