
BOTANICA GENERALE *e* **DIVERSITÀ VEGETALE**

Dello stesso Editore

BELLI – Elementi di Patologia vegetale

BRUNI/NICOLETTI – Dizionario Ragionato di Erboristeria e di Fitoterapia

CAIN/BOWMAN/HACKER – Ecologia

CHRISPEELS/GEPTS – Agricoltura sostenibile attraverso le biotecnologie

DE CICCO/BERTOLINI/SALERNO – Patologia postraccolta dei prodotti vegetali

DEWICK – Chimica, biosintesi e bioattività delle sostanze naturali

EASLEY/HORNE – Il Ricettario Erboristico Moderno

GIUNCHEDI/CONTI/GALLITELLI/MARTELLI – Elementi di Virologia Vegetale

GRASSI/LABRA/SALA – Introduzione alla Biodiversità del Mondo Vegetale

HOLLENDER – Il piacere del disegno botanico

JUDD/CAMPBELL/KELLOGG/STEVENS/DONOGHUE – Botanica Sistemática.

Un approccio filogenetico

LEPORATTI/FODDAI/TOMASSINI – Testo Atlante di Anatomia vegetale e delle
piante officinali

LIONETTI/BELLINCAMPI – Fisiologia vegetale applicata

MANFREDINI/VERTUANI – Prodotti cosmetici a connotazione naturale e sostenibile

MAUGINI/MALECI BINI/MARIOTTI LIPPI – Botanica farmaceutica

PASQUA/ABBATE/FORNI/IBERITE – Botanica. Test di verifica

PASQUA/FORNI – Biologia cellulare e molecolare delle piante

PASQUA/FORNI – Biotecnologie vegetali

RAVEN/JOHNSON/MASON/LOSOS/SINGER – Struttura e funzione nelle piante

REVERBERI/RUOCO/COVARELLI/SELLA – Patologia vegetale molecolare

RINALLO – Piante alimentari

SANITÀ DI TOPPI – Interazioni piante-ambiente

SENATORE – Biologia e botanica farmaceutica

TAIZ/ MØLLER/MURPHY/ZEIGER – Fisiologia e sviluppo vegetale

TAIZ/ZEIGER/MØLLER/MURPHY – Elementi di fisiologia vegetale

Gabriella Pasqua
Giovanna Abbate • Cinzia Forni

BOTANICA GENERALE *e* **DIVERSITÀ VEGETALE**

AUTORI

G. Abbate, A.T.R. Acosta, B. Baldan, A. Basile, A. Bottalico,
E. Caporali, R. Congestri, A. Coppi, S. Cozzolino, C. Forni,
M. Iberite, O. Maggi, S. Mazzuca, I. Moro, L. Navazio,
L. Parducci, G. Pasqua, C. Perrone, L. Peruzzi, F. Selvi,
M.A. Signorini, A. Spada, L. Trainotti, A. Valletta, G.C. Varese

Quinta Edizione

PICCIN

Opera coperta dal diritto d'autore - Tutti i diritti sono riservati, inclusi quelli relativi a TDM (text and data mining), al training dell'intelligenza artificiale e/o di tecnologie similari.

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, compreso l'uso per TDM, training dell'intelligenza artificiale e/o tecnologie similari, 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.

Poiché le scienze biologiche sono in continua evoluzione, benché siano stati compiuti tutti gli sforzi necessari per pubblicare dati e informazioni affidabili, l'Editore non si assume alcuna responsabilità legale per eventuali errori od omissioni contenuti in questo volume. Né l'Editore né gli Autori o Collaboratori possono ritenersi responsabili per qualsiasi conseguenza e/o per qualsiasi lesione o danno a persone, animali o cose derivanti dall'applicazione delle informazioni contenute in quest'opera. L'Editore desidera precisare che qualsiasi opinione espressa in questo libro dai singoli Autori o Collaboratori è personale e non riflette necessariamente il punto di vista/l'opinione dell'Editore. Il nome di società o prodotti commerciali può corrispondere a ragioni sociali, marchi o marchi registrati ed è utilizzato esclusivamente per l'identificazione da parte del lettore e per la spiegazione dei concetti e dei case studies senza alcun intento pubblicitario o di utilizzo in violazione alla normativa vigente.

ISBN 978-88-299-3556-7

AUTORI

GIOVANNA ABBATE

*Già del 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"*

ANTONELLA BOTTALICO

*Dipartimento di Bioscienze, Biotecnologie e Ambiente
Università degli Studi di Bari*

ELISABETTA CAPORALI

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

ROBERTA CONGESTRI

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

ANDREA COPPI

*Dipartimento di Biologia
Università degli Studi di Firenze*

SALVATORE COZZOLINO

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

CINZIA FORNI

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

MAURO IBERITE

*Già del 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)*

ISABELLA MORO

*Dipartimento di Biologia
Università degli Studi di Padova*

LORELLA NAVAIO

*Dipartimento di Biologia
Università degli Studi di Padova*

LAURA PARDUCCI

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

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*

LORENZO PERUZZI

*Dipartimento di Biologia
Università degli Studi di Pisa*

FEDERICO SELVI

*Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie,
Alimentari, Ambientali e Forestali
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"*

GIOVANNA CRISTINA VARESE

*Dipartimento di Scienze della Vita
e Biologia dei Sistemi
Università degli Studi di Torino*

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 e 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).

I primi 14 capitoli del testo si pongono l'obiettivo di descrivere in modo approfondito le caratteristiche citologiche, ultrastrutturali e funzionali della cellula vegetale, di illustrare i diversi livelli di organizzazione, la struttura morfologica e anatomica delle piante, i meccanismi di sviluppo e riproduttivi, mettendo in evidenza le relazioni fra aspet-

ti citologici, istologici e morfologici. Particolari approfondimenti vengono forniti per le piante a fiore (angiosperme). 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 e applicativo, quali quelle utilizzate nell'alimentazione, in medicina, nella depurazione dell'ambiente dagli inquinanti e nella produzione di biocarburanti.

La quinta edizione del testo vede la luce dopo cinque anni dalla precedente. Sono state apportate modifiche e integrazioni in quasi tutti i capitoli, tenendo conto delle ultime ricerche e anche dei suggerimenti di numerosi docenti che hanno adottato ed apprezzato le precedenti edizioni. Sono stati aggiunti schemi, illustrazioni e schede di approfondimento su temi di particolare attualità. Al termine di ogni capitolo, sono presenti alcuni quesiti per la verifica da parte dello studente delle conoscenze acquisite.

Un particolare ringraziamento è rivolto all'Editore e alla Dr.ssa Carla Cricconia della casa editrice Piccin che nelle diverse edizioni ci hanno accompagnato 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

SEZIONE 1 • 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. 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

Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni . . . 22

Verifica delle conoscenze 23

CAPITOLO 2

LA PARETE CELLULARE 25

L. Trainotti

2.1 Biogenesi e componenti della parete. 26

2.1.1 I componenti della parete 26

2.1.2 Biosintesi dei componenti della parete. 32

2.1.3 Assemblaggio dei componenti della parete . 36

2.1.4 Crescita della parete. 36

2.2 Architettura della parete. 38

2.2.1 La lamella mediana 38

2.2.2 La parete primaria 38

2.2.3 La parete secondaria 38

2.2.4 Specializzazione della parete
in relazione al tipo di tessuto 38

2.3 Proprietà chimico-fisiche. 40

2.4 Funzioni della parete cellulare 41

2.5 Trasporto apoplastico e simplastico. 41

2.5.1 I plasmodesmi 42

2.6 Separazione cellulare 43

Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni . . . 44

Verifica delle conoscenze 44

CAPITOLO 3

IL CITOSCHELETRO 45

L. Navazio, B. Baldan

3.1 Organizzazione generale del citoscheletro . . 45

3.1.1 Microtubuli 45

3.1.2 Filamenti di actina 46

3.1.3 Filamenti intermedi 46

3.1.4 Proprietà dinamiche dei microtubuli
e dei filamenti di actina 46

3.1.5 Proteine motrici ed altre proteine accessorie. . 47

3.2 Coinvolgimento del citoscheletro
nel ciclo cellulare. 49

3.2.1 Apparato interfascio di microtubuli corticali . 49

3.2.2 Banda preprofasica 51

3.2.3 Fuso mitotico 51

3.2.4 Frangoplasto. 52

3.3 Citoscheletro e motilità cellulare. 53

3.4 Citoscheletro nel differenziamento
e nella morfogenesi 54

3.4.1 Polarità cellulare 55

3.4.2 Espansione cellulare. 55

3.4.3 Accrescimento apicale 56

3.4.4 Differenziamento degli elementi
di conduzione dello xilema 57

3.4.5 Comunicazioni cellulari. 57

3.4.6 Interazioni biotiche 57

Lecture di approfondimento fonti delle illustrazioni . . . 59

Verifica delle conoscenze 60

■ **Scheda 3.1** Metodi di analisi
del citoscheletro (B. Baldan) 61

CAPITOLO 4**IL SISTEMA DI ENDOMEMBRANE.63**

B. Baldan, L. Navazio

- 4.1 Organizzazione generale e funzioni del sistema di endomembrane. 63**
 - 4.1.1 Reticolo endoplasmatico. 64
 - 4.1.2 Apparato di Golgi 67
- 4.2 La via di secrezione 69**
 - 4.2.1 Traslocazione e maturazione delle proteine nel reticolo endoplasmatico 69
 - 4.2.2 Trasporto vescicolare 70
 - 4.2.3 Modificazioni delle proteine nell'apparato di Golgi 72
 - 4.2.4 Smistamento delle proteine al vacuolo 74
 - 4.2.5 Esocitosi ed endocitosi 75
- Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni . . . 77*
- Verifica delle conoscenze 78*

CAPITOLO 5**IL VACUOLO79**

C. Forni

- 5.1 Il vacuolo e la sua biogenesi 79**
- 5.2 Tonoplasto e succo vacuolare. 81**
 - 5.2.1 Succo vacuolare 81
- 5.3 Funzioni del vacuolo 84**
 - 5.3.1 Distensione cellulare, osmoregolazione e attività litica. 84
 - 5.3.2 Ruolo del vacuolo nell'autofagia. 85
 - 5.3.3 Funzioni di riserva 86
 - 5.3.4 Il vacuolo come sede di accumulo di composti tossici e metaboliti secondari 87
- Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni . . . 90*
- Verifica delle conoscenze 91*
- **Scheda 5.1** Antociani: attività biologiche ed applicazioni in campo farmaceutico, cosmetico ed alimentare (C. Forni) 92

CAPITOLO 6**I PLASTIDI.95**

G. Pasqua

- 6.1 Proplastidi 95**
- 6.2 Cloroplasti 96**
- 6.3 Cromoplasti 98**
- 6.4 Gerontoplasti 100**
- 6.5 Leucoplasti 100**
- 6.6 Pigmenti fotosintetici. 101**
- 6.7 Ciclo di sviluppo dei plastidi 103**
- 6.8 Origine evolutiva dei plastidi. 104**
- Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni . . . 106*
- Verifica delle conoscenze 106*
- **Scheda 6.1** La fotosintesi (L. Trainotti, A. Valletta) 107

CAPITOLO 7**IL NUCLEO 113**

S. Cozzolino

- 7.1 Organizzazione generale del nucleo 113**
 - 7.1.1 L'involucro nucleare. 113
 - 7.1.2 Gli scambi nucleo-citoplasma. 114
 - 7.1.3 DNA e cromosomi 115
 - 7.1.4 Le proteine istoniche e non istoniche 115
- 7.2 Il genoma 117**
 - 7.2.1 Il sequenziamento del genoma 117
 - 7.2.2 Il DNA ripetitivo e la dimensione del genoma 118
 - 7.2.3 La poliploidia 119
- 7.3 Il ciclo cellulare 120**
 - 7.3.1 Il ciclo cellulare mitotico 120
 - 7.3.2 La divisione cellulare: mitosi e meiosi. 123
- Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni . . . 126*
- Verifica delle conoscenze 126*
- **Scheda 7.1** Tecniche per lo studio citologico (S. Mazzuca). 127

SEZIONE 2 • IL LIVELLO TISSUTALE**CAPITOLO 8****I TESSUTI 133**

G. Pasqua, C. Forni

- 8.1 I meristemi primari e secondari 133**
- 8.2 Accrescimento e differenziamento delle cellule vegetali 134**
- 8.3 Tessuti parenchimatici 136**
 - 8.3.1 Parenchima clorofilliano o fotosintetico 136
 - 8.3.2 Parenchima di riserva 136
 - 8.3.3 Parenchima di trasfusione. 136
 - 8.3.4 Parenchima acquifero 137
 - 8.3.5 Parenchima aerifero. 137
 - 8.3.6 Parenchima conduttore 137
- 8.4 Tessuti tegumentali 137**
 - 8.4.1 Tessuti tegumentali esterni 137
 - 8.4.1.1 L'epidermide e le sue modificazioni 137
 - 8.4.1.2 Rizoderma. 143
 - 8.4.1.3 Esoderma 144
 - 8.4.2 Tessuti tegumentali primari interni: endoderma 144
 - 8.4.3 Tessuti tegumentali secondari: sughero 145
- 8.5 Tessuti meccanici. 146**
 - 8.5.1 Collenchima. 146
 - 8.5.2 Sclerenchima 147
 - 8.5.2.1 Sclereidi 147
 - 8.5.2.2 Fibre 148
- 8.6 Tessuti conduttori 149**
 - 8.6.1 Xilema 150
 - 8.6.2 Floema 152
 - 8.6.3 Fasci conduttori. Xilema e floema 154
- 8.7 Tessuti secretori 156**
 - 8.7.1 Tessuti secretori esterni 156
 - 8.7.1.1 Peli secretori o tricomi ghiandolari 156

8.7.1.2 Ghiandole del sale e idatòdi	157
8.7.1.3 Nettare	158
8.7.2 Tessuti secretori interni.	158
8.7.2.1 Cellule secretici o idioblasti secretori.	158
8.7.2.2 Canali o dotti secretori, schizogeni e lisigeni	159
8.7.2.3 Tasche secretorie	159
8.7.2.4 Laticiferi	160
<i>Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni</i>	160
<i>Verifica delle conoscenze</i>	161
■ Scheda 8.1 Morte cellulare programmata nel differenziamento cellulare e nei processi di sviluppo (G. Pasqua)	162
■ Scheda 8.2 Tecniche per lo studio istologico (preparati a fresco e permanenti) (G. Pasqua e A. Valletta)	165
■ Scheda 8.3 Cellule staminali nelle piante e loro applicazioni (G. Pasqua)	167

SEZIONE 3 • IL LIVELLO DI ORGANO

CAPITOLO 9

IL FUSTO. 173

G. Pasqua

9.1 Morfologia del germoglio	173
9.2 Ontogenesi e differenziamento del corpo primario del fusto	174
9.2.1 Meristema apicale caulinare.	174
9.2.2 Zona di determinazione o meristema subapicale	177
9.2.3 Origine delle bozze fogliari e dei primordi dei rami.	177
9.2.4 Zona di differenziamento	177
9.3 Struttura primaria del fusto nelle spermatofite	178
9.3.1 Epidermide	179
9.3.2 Corteccia	180
9.3.3 Cilindro centrale o stele	181
9.4 Differenziamento del cambio cribro-legnoso e subero-fellodermico: passaggio alla struttura secondaria.	183
9.4.1 Il cambio cribro-legnoso	183
9.4.2 Il cambio subero-fellodermico	185
9.4.3 Xilema secondario.	185
9.4.3.1 Xilema secondario delle gimnosperme	186
9.4.3.2 Xilema secondario delle angiosperme	188
9.4.3.3 Cerchie annuali.	188
9.4.4 Floema secondario	189
9.5 Specializzazioni e adattamenti del fusto.	191
9.5.1 Fusti con funzione di riserva di nutrienti.	191
9.5.2 Fusti modificati con funzione di riserva idrica	191
9.5.3 Fusti con funzione di sostegno.	192
9.5.4 Fusti con funzione fotosintetica	192
9.5.5 Fusti con funzione di difesa	193
<i>Lecture di approfondimento</i>	194
<i>Verifica delle conoscenze</i>	194

■ Scheda 9.1 La teoria della stele (C. Forni)	195
■ Scheda 9.2 Il trasporto di acqua e nutrienti minerali nel sistema vascolare: il meccanismo di coesione-tensione (L. Trainotti).	196
■ Scheda 9.3 Micropropagazione e caulogenesi <i>in vitro</i> (G. Pasqua, A. Valletta)	198

CAPITOLO 10

LA FOGLIA 201

G. Pasqua

10.1 Origine evolutiva della foglia	201
10.2 Fillotassi	202
10.3 Morfologia fogliare	203
10.4 Anatomia della foglia	207
10.4.1 Epidermide.	207
10.4.2 Parenchima clorofilliano	209
10.4.3 Sistema conduttore	211
10.5 Genesi e sviluppo delle foglie.	212
10.6 Abscissione fogliare	213
10.7 Particolari tipi di foglie	214
10.7.1 Cotiledoni	214
10.7.2 Foglie delle sclerofille.	214
10.7.3 Foglie delle conifere.	214
10.8 Modificazioni della foglia	215
10.8.1 Cirri	215
10.8.2 Spine fogliari	216
10.8.3 Perule	216
10.8.4 Foglie succulente.	217
10.8.5 Foglie con funzione di riserva di nutrienti.	217
10.8.6 Foglie delle piante carnivore	217
<i>Lecture di approfondimento</i>	219
<i>Verifica delle conoscenze</i>	219
■ Scheda 10.1 Le foglie e l'inquinamento: effetti dannosi dell'ozono (C. Forni).	220

Capitolo 11

LA RADICE 223

S. Mazzuca

11.1 Organizzazione della radice	225
11.2 Organizzazione dell'apice radicale.	226
11.3 Zona di differenziamento	227
11.4 Zona di struttura primaria della radice e formazione delle radici laterali	227
11.5 Differenziamento del cambio cribro-legnoso e subero-fellodermico e accrescimento secondario	231
11.6 Specializzazioni e adattamenti	234
<i>Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni</i>	237
<i>Verifica delle conoscenze</i>	237
■ Scheda 11.1 La nicchia staminale della radice (S. Mazzuca)	238
■ Scheda 11.2 Le simbiosi azotofissatrici (F. Selvi)	239
■ Scheda 11.3 Radici avventizie e rizogenesi <i>in vitro</i> (S. Mazzuca).	241

SEZIONE 4 • IL LIVELLO DI ORGANISMO

CAPITOLO 12

LA RIPRODUZIONE 247

E. Caporali

- 12.1 La riproduzione vegetativa 247
 - 12.2 La riproduzione sessuale 248
 - 12.2.1 La gamia 248
 - 12.3 I cicli biologici 248
 - 12.4 La riproduzione delle angiosperme 250
 - 12.4.1 La propagazione vegetativa 250
 - 12.4.2 La riproduzione sessuale 251
 - 12.5 Il fiore 251
 - 12.5.1 La struttura del fiore 251
 - 12.5.2 Gli elementi fertili del fiore:
 - androceo e gineceo 253
 - 12.5.3 Evoluzione degli elementi florali 255
 - 12.6 Il ciclo vitale delle angiosperme 255
 - 12.7 Microsporogenesi e microgametogenesi 256
 - 12.8 Macrosporogenesi e megagametogenesi 259
 - 12.9 Impollinazione 260
 - 12.10 Incompatibilità polline-stimma 264
 - 12.11 Fecondazione 265
- Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni* 265
- Verifica delle conoscenze* 265
- **Scheda 12.1** Il modello ABCDE di sviluppo
florale (E. Caporali) 266
 - **Scheda 12.2** Induzione alla fioritura:
trasformazione dell'apice vegetativo
e meccanismi fisiologici (E. Caporali) 267
 - **Scheda 12.3** Le piante transgeniche
(A. Spada) 269

CAPITOLO 13

IL SEME 271

A. Spada

- 13.1 Formazione e sviluppo dell'embrione
e del seme 272
 - 13.1.1 Embriogenesi, organizzazione
apice-base, organizzazione radiale 272
 - 13.1.2 Endosperma e sostanze di riserva 276
 - 13.1.3 Modalità di dispersione dei semi 277
 - 13.2 Germinazione 278
 - 13.2.1 Condizioni essenziali per la germinazione 278
 - 13.2.2 La germinazione 281
- Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni* 283
- Verifica delle conoscenze* 284
- **Scheda 13.1** Embriogenesi somatica
e semi artificiali (A. Spada) 285

CAPITOLO 14

IL FRUTTO 287

A. Valletta

- 14.1 Veri e falsi frutti 288
- 14.2 Frutti semplici, aggregati e multipli 289
- 14.3 Frutti carnosì e frutti secchi 290

- 14.3.1 Classificazione dei frutti secchi 292
 - 14.3.1.1 Frutti indeiscenti 292
 - 14.3.1.2 Frutti deiscenti 294
 - 14.3.2 Classificazione dei frutti carnosì 295
- Lecture di approfondimento* 298
- Verifica delle conoscenze* 298
- **Scheda 14.1** Partenocarpia (A. Valletta) 299

SEZIONE 5 • LA DIVERSITÀ VEGETALE

CAPITOLO 15

L'EVOLUZIONE 303

F. Selvi, G. Abbate

- 15.1 Cenni storici 303
 - 15.2 La speciazione 304
- Lecture di approfondimento* 310
- Verifica delle conoscenze* 310
- **Scheda 15.1** Datazioni di fossili
ed estinzioni di massa (L. Parducci) 311

CAPITOLO 16

CLASSIFICAZIONE, NOMENCLATURA, STUDIO DELLA VARIABILITÀ 315

F. Selvi, M.A. Signorini, A. Coppi

- 16.1 Metodi di classificazione 315
 - 16.2 Concetto di specie, ranghi tassonomici
e nomenclatura 320
 - 16.3 Caratteri con valore tassonomico:
morfologia 322
 - 16.3.1 Caratteri di interesse tassonomico
di radice, fusto e foglie 324
 - 16.3.2 Caratteri di interesse tassonomico
di infiorescenze, fiori, frutti e semi 329
 - 16.4 Cariologia 338
 - 16.5 Sistematica molecolare 342
- Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni* 347
- Verifica delle conoscenze* 348
- **Scheda 16.1** La tassonomia integrata
(L. Peruzzi) 349
 - **Scheda 16.2** Il tipo nomenclaturale
e il processo di tipificazione (L. Peruzzi) 350
 - **Scheda 16.3** Filogenesi molecolare
e tassonomia: un caso di studio (A. Coppi) 352

CAPITOLO 17

I CIANOBATTERI 355

C. Perrone, I. Moro

- 17.1 Citologia 356
- 17.2 Riproduzione 359
- 17.3 Il movimento 360
- 17.4 Le eterocisti 360
 - 17.4.1 La fissazione biologica dell'azoto 361
- 17.5 Sistematica 361
 - 17.5.1 Regnum Bacteria 362
 - 17.5.1.1 Cyanobacteria 362

17.6 Importanza ecologica ed evolutiva	363
<i>Lecture di approfondimento</i>	366
<i>Verifica delle conoscenze</i>	366
■ Scheda 17.1 Cianobatteri tossici (C. Perrone, I. Moro).	367
■ Scheda 17.2 Spirulina (I. Moro, C. Perrone) . .	368

CAPITOLO 18

LE ALGHE 371

C. Perrone, A. Bottalico, R. Congestri

18.1 Citologia	372
18.2 Riproduzione	374
18.3 Sistematica.	375
18.3.1 Regnum Plantae - Sottoregno Biliphyta . .	377
18.3.1.1 Glaucophyta.	377
18.3.1.2 Rhodophyta.	377
18.3.2 Regnum Plantae - Sottoregno Viridiplantae	385
18.3.2.1 Prasinodermatophyta	385
18.3.2.2 Chlorophyta.	385
18.3.2.3 Charophyta	391
18.3.3 Regnum Chromista	393
18.3.3.1 Cryptophyta.	393
18.3.3.2 Haptophyta	394
18.3.3.3 Heterokontophyta	395
18.3.3.4 Chromeridophyta	404
18.3.3.5 Dinoflagellata.	404
18.3.3.6 Cercozoa	405
18.3.4 Regnum Protozoa	406
18.3.4.1 Euglenophyta.	406
<i>Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni . .</i>	407
<i>Verifica delle conoscenze</i>	408

■ Scheda 18.1 Interazioni delle alghe con l'ambiente (C. Perrone, A. Bottalico, R. Congestri)	409
■ Scheda 18.2 Alghe come bioindicatori della qualità dell'acqua (A. Bottalico, R. Congestri). .	411
■ Scheda 18.3 Coltivazione, biotecnologie e prodotti delle alghe (C. Perrone, A. Bottalico, R. Congestri)	413
■ Scheda 18.4 Le invasioni biologiche algali: una minaccia per la biodiversità (A. Bottalico, R. Congestri)	416

CAPITOLO 19

L'EMERSIONE DALL'ACQUA

E LE BRIOFITE 419

A. Basile, M. Iberite

19.1 L'emersione dall'acqua	419
19.1.1 Organizzazione cellulare	419
19.1.2 Caratteri anatomici.	420
19.1.3 Organi riproduttori.	421
19.1.4 Cicli biologici	422
19.2 Le briofite	422
19.2.1 Caratteri generali.	422
19.2.2 Caratteri citologici e istologici.	423
19.2.3 Caratteri ecologici	427
19.2.4 La riproduzione.	427

19.2.5 Adattamenti delle briofite all'ambiente terrestre.	429
19.2.6 Sistematica e filogenesi.	431
19.2.6.1 Anthocerotophyta.	431
19.2.6.2 Marchantiophyta.	432
19.2.6.3 Bryophyta	433
19.2.7 Aspetti floristici e fitogeografici dell'Italia .	437
<i>Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni . .</i>	437
<i>Verifica delle conoscenze</i>	438
■ Scheda 19.1 Le briofite come bioindicatori dell'inquinamento ambientale (A. Basile)	439

CAPITOLO 20

LE PIANTE VASCOLARI SENZA SEME:

LICOFITE E FELCI 443

G. Abbate, L. Parducci

20.1 Introduzione alle piante vascolari	443
20.2 Licofite e felci: caratteri generali e riproduzione.	444
20.3 Sistematica.	446
20.3.1 Riniofite.	446
20.3.2 Licofite	446
20.3.3 Monilofite (felci e gruppi affini).	449
20.3.3.1 Psiloti	449
20.3.3.2 Equiseti	450
20.3.3.3 Felci	451
20.3.4 <i>Taxa</i> fossili	455
<i>Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni . .</i>	457
<i>Verifica delle conoscenze</i>	457
■ Scheda 20.1 Duttilità di <i>Azolla</i> : da concime verde a pianta disinfuante (C. Forni)	458
■ Scheda 20.2 Filogenesi delle tracheofite senza seme (F. Selvi)	460
■ Scheda 20.3 Felci arboree e foreste del Carbonifero (L. Parducci)	461

CAPITOLO 21

LE GIMNOSPERME 463

G. Abbate, L. Parducci

21.1 Introduzione alle spermatofite	463
21.2 Le gimnosperme: caratteri generali e riproduzione	465
21.3 Sistematica.	466
21.3.1 Cicadee	466
21.3.2 <i>Ginkgo</i>	468
21.3.3 Conifere s.l. (Pinales e Cupressales)	468
21.3.3.1 Cupressaceae	472
21.3.3.2 Pinaceae	474
21.3.4 Gnetofite	475
21.3.5 <i>Taxa</i> fossili	477
<i>Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni . .</i>	479
<i>Verifica delle conoscenze</i>	479
■ Scheda 21.1 Le conifere nel paesaggio vegetale italiano (G. Abbate)	480
■ Scheda 21.2 Abeti rossi clonali della Scandinavia (L. Parducci)	483

CAPITOLO 22**LE ANGIOSPERME. 487**

F. Selvi, M.A. Signorini

22.1 Diversità e cenni sull'evoluzione	487
22.2 Sistematica.	491
22.3 Le principali famiglie della flora italiana	494
22.3.1 Eu-dicotiledoni	494
22.3.1.1 Apiaceae o Umbelliferae	494
22.3.1.2 Asteraceae o Compositae	496
22.3.1.3 Betulaceae	499
22.3.1.4 Boraginaceae	500
22.3.1.5 Brassicaceae o Cruciferae	501
22.3.1.6 Caryophyllaceae	503
22.3.1.7 Ericaceae	504
22.3.1.8 Fabaceae o Leguminosae	505
22.3.1.9 Fagaceae	507
22.3.1.10 Lamiaceae o Labiatae	508
22.3.1.11 Oleaceae	510
22.3.1.12 Ranunculaceae	511
22.3.1.13 Rosaceae	512
22.3.1.14 Scrophulariaceae	514
22.3.1.15 Solanaceae	516
22.3.2 Monocotiledoni.	517
22.3.2.1 Amaryllidaceae	517
22.3.2.2 Cyperaceae	518
22.3.2.3 Iridaceae	519
22.3.2.4 Liliaceae <i>sensu stricto</i>	521
22.3.2.5 Orchidaceae	522
22.3.2.6 Poaceae o Gramineae	524
<i>Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni</i>	<i>526</i>
<i>Verifica delle conoscenze</i>	<i>526</i>
■ Scheda 22.1 Il parassitismo nelle angiosperme (F. Selvi, M.A. Signorini)	527
■ Scheda 22.2 Le piante carnivore (F. Selvi, M.A. Signorini)	528
■ Scheda 22.3 Le angiosperme marine (M. Iberite).	530

CAPITOLO 23**I FUNGHI. 533**

O. Maggi, G.C. Varese

23.1 Caratteri generali	533
23.2 Fattori che influenzano lo sviluppo	534
23.3 La cellula fungina	534
23.3.1 La parete cellulare	535
23.3.2 I setti.	535
23.3.3 La membrana citoplasmatica	536
23.3.4 Il citoplasma e gli organelli cellulari	537
23.3.5 Dimorfismo	537
23.3.6 Organizzazione del micelio	537
23.3.7 Gli austori	539
23.4 Sistematica e modalità di riproduzione.	539
23.4.1 Chytridiomycota	540
23.4.2 Zygomycota	540
23.4.3 Ascomycota	542
23.4.4 Basidiomycota	544

23.4.5 Glomeromycota	549
23.4.6 Funghi mitosporici.	549
23.5 Eterocariosi e ciclo parasessuale	550
23.6 Liberazione e dispersione di meiospore e mitospore	551
23.7 Dormienza e germinazione delle spore	551
23.8 Importanza ecologica dei funghi e nutrizione minerale	552
23.9 Processi degradativi	553
23.9.1 Degradazione dell'amido.	553
23.9.2 Degradazione della cellulosa e delle emicellulose	553
23.9.3 Degradazione della pectina	553
23.9.4 Degradazione della lignina	554
23.9.5 Degradazione delle sostanze azotate	555
23.9.6 Processi di degradazione degli alimenti e patogeni delle piante	556
23.9.7 Altri processi degradativi.	558
23.10 Interazioni funghi-alghe: i licheni	559
23.11 Interazioni funghi-piante: le micorrize.	561
23.11.1 Ectomicorrize	562
23.11.2 Endomicorrize delle Ericales	564
23.11.3 Endomicorrize vescicolo-arbuscolari (V.A.M. o V.A. o A.M.)	564
23.11.4 Endomicorrize delle Orchidee	566
23.11.5 Ectoendomicorrize	567
<i>Lecture di approfondimento</i>	<i>568</i>
<i>Verifica delle conoscenze</i>	<i>568</i>
■ Scheda 23.1 I funghi allucinogeni e tossici (O. Maggi, G.C. Varese).	569
■ Scheda 23.2 I lieviti e le fermentazioni (O. Maggi, G.C. Varese).	571
■ Scheda 23.3 I funghi e i metalli (O. Maggi, G.C. Varese).	572
■ Scheda 23.4 I licheni per il monitoraggio della qualità dell'aria (O. Maggi, G.C. Varese).	573
■ Scheda 23.5 I funghi endofiti: una nuova risorsa? (O. Maggi, G.C. Varese)	575

CAPITOLO 24**IDENTIFICAZIONE DELLE PIANTE VASCOLARI E MUSEI BOTANICI 577**

M.A. Signorini, G. Abbate

24.1 Identificare una pianta	577
24.2 Diversi sistemi per l'identificazione	578
24.3 Le chiavi di identificazione.	579
24.4 Altri tipi di chiavi	581
24.5 Erbari	583
24.6 Orti e giardini botanici	585
<i>Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni</i>	<i>587</i>
<i>Verifica delle conoscenze</i>	<i>588</i>
■ Scheda 24.1 La digitalizzazione dei campioni d'erbario (L. Peruzzi)	589

CAPITOLO 25

ELEMENTI DI FITOGEOGRAFIA 591

A.T.R. Acosta, G. Abbate

25.1 Fattori che influenzano la distribuzione delle piante terrestri	591
25.2 Areali e corotipi.	593
25.2.1 Le specie esotiche o alloctone	595
25.3 Le forme biologiche	596
25.4 I biomi.	597
25.4.1 Foresta tropicale pluviale.	597
25.4.2 Savana tropicale	599
25.4.3 Deserti subtropicali e temperati	600
25.4.4 Bioma mediterraneo.	602
25.4.5 Foresta temperata	603
25.4.6 Praterie temperate.	604
25.4.7 Foreste boreali	604
25.4.8 Tundra	605
25.5 La flora vascolare italiana	606
<i>Lecture di approfondimento</i>	<i>609</i>
<i>Verifica delle conoscenze</i>	<i>609</i>
■ Scheda 25.1 Le specie esotiche in Italia (A.T.R. Acosta)	610
■ Scheda 25.2 Le fonti di dati sulla flora vascolare italiana (G. Abbate)	611

CAPITOLO 26

LA BIODIVERSITÀ 613

M. Iberite, L. Peruzzi

26.1 Conoscere la biodiversità.	613
26.1.1 Il concetto di biodiversità	613
26.1.2 Misurare la biodiversità specifica.	614
26.1.3 Redigere una flora	615
26.2 Conservare la biodiversità	617
26.2.1 La conservazione della biodiversità	617
26.2.2 Conservazione <i>in situ</i> ed <i>ex situ</i>	618
26.2.3 <i>Hotspot</i> di biodiversità	619

26.3 Stato della biodiversità in Italia. 620

26.3.1 Il sistema delle Liste Rosse IUCN	620
26.3.2 Le piante a rischio di estinzione in Italia	622
26.3.3 Le aree protette in Italia	624

26.4 Convenzioni, accordi e strategie per la conservazione della biodiversità 625

Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni

Verifica delle conoscenze

■ Scheda 26.1 Un'angiosperma a rischio di estinzione in Italia (L. Peruzzi).	632
■ Scheda 26.2 Una specie fungina a rischio di estinzione in Italia (O. Maggi, G.C. Varese)	633
■ Scheda 26.3 La biodiversità negli agroecosistemi (G. Abbate)	634

CAPITOLO 27

LE PIANTE DI INTERESSE ECONOMICO E APPLICATIVO 639

C. Forni, S. Mazzuca

27.1 Pianta alimentare	639
27.1.1 Le piante nella nutrizione umana	642
27.2 Pianta come produttori di molecole bioattive	644
27.2.1 Le principali molecole bioattive e il loro uso in campo farmaceutico	645
27.3 Le piante come depuratori dell'ambiente	649
27.3.1 L'inquinamento ambientale.	649
27.3.2 Il fitorisanamento e la fitodepurazione	650
27.4 Le piante come produttori di allergeni	653
27.5 Le piante e le nuove frontiere.	655
<i>Lecture di approfondimento e fonti delle illustrazioni</i>	<i>658</i>
<i>Verifica delle conoscenze</i>	<i>658</i>
■ Scheda 27.1 Metallofiti e piante accumulatrici di metalli (F. Selvi)	659

INDICE ANALITICO 663

