

Elementi di PATOLOGIA VEGETALE

Seconda edizione

Dello stesso editore:

- ALESCIO – Biologia dinamica (biologia generale e molecolare della cellula)
AMEND/MUNDY/ARMOLD – Chimica generale, organica e biologica
ARIENTI – Le basi molecolari della nutrizione
ARIENTI – Un compendio di biochimica per le lauree triennali
BATCHELET – Matematica per biologi
BAUER – Analisi strumentale
BREWER – Principi di ecologia
BROWN – Genetica molecolare
BRUNI – Farmacognosia generale e applicata
BRUNI/NICOLETTI – Dizionario di erboristeria e di fitoterapia
CABRAS/MARTELLI – Chimica degli alimenti
CASTINO/ROLETTI – Statistica applicata
CEVENINI – Microbiologia e microbiologia clinica
CHIARELLI – Dalla natura alla cultura
CHRISPEELS/SADAVA – Biologia vegetale applicata
CONNER/HARTL – Elementi di genetica ecologica
COOPER/HAUSMAN – La cellula: un approccio molecolare
COZZANI/DAINESE – Biochimica degli alimenti e della nutrizione
CUNNINGHAM – Trattato di anatomia umana
D'ALESCIO – Il laboratorio di chimica organica
DE CARLI/BONCINELLI/DANIELI/LARIZZA – Genetica generale e umana
DE CICCO/BERTOLINI/SALERNO – Patologia post-raccolta dei prodotti vegetali
DEL GOBBO – Immunologia e immunopatologia
DEWICK – Chimica, biosintesi e bioattività delle sostanze naturali
D'ISCHIA – La chimica organica in laboratorio
DOLARA – Tossicologia generale e ambientale
DURANTI/PAGANI – Enzimologia
EVANGELISTI/RESTANI – Prodotti dietetici
FABBRI – La trasformazione chimica
FESSENDEN/FESSENDEN – Chimica organica
FOYE – Principi di chimica farmaceutica
FRANCHINI/CALZOLARI – L'educazione alimentare nell'età evolutiva
FREEMAN – Atlante di anatomia degli invertebrati
FREISER/FERNANDO – Gli equilibri ionici in chimica analitica
GALLI/CORSINI/MARINOVICH – Tossicologia
GALZIGNA – Elementi di enzimologia
GARRETT/GRINSHAM – Principi di biochimica
GIUDICE/AUGUSTI TOCCO/CAMPANELLA – Biologia dello sviluppo
GIUNCHEDI/CONTI/GALLITELLI/MARTELLI – Elementi di Virologia vegetale
GOGLIA – Anatomia umana
GOGLIA – Citologia e istologia umana
HUHEEY – Chimica inorganica. Struttura e reazioni
INABA/COHEN – Eccitanti, depressivi e psichedelici
JANEWAY/TRAVERS/WALPORT/SHLOMCHIK – Immunobiologia
JAWETZ/MELNICK/ADELBERG – Microbiologia medica
JUNQUEIRA/CARNEIRO – Istologia
LEE – Chimica inorganica
LEPORATI/FODDAI/TOMASSINI – Testo-atlante di anatomia vegetale e delle piante officinali
MAFFEI – Biochimica vegetale
MANAHAN – Chimica dell'ambiente
MANGIAROTTI – Biologia molecolare
MANGIAROTTI – Dai geni agli organismi
MARZONA – Chimica delle fermentazioni e microbiologia industriale
MASTERTON/HURLEY – Chimica. Principi e reazioni
MAUGINI/MALECI/BINI – Manuale di botanica farmaceutica
MCMURRY – Chimica organica
MCKNIGHT/HESS – Geografia fisica
MICHELIN LAUSAROT/VAGLIO – Stechiometria per chimica generale
MILLER – Ambiente - Risorse - Sostenibilità
MINELLI/DEL GRANDE – Anatomia comparata dei vertebrati
MONESI – Istologia
MORASSI/SPERONI – Il laboratorio chimico
ODUM – Basi di ecologia
ODUM – Ecologia per il nostro ambiente minacciato
ODUM – Ecologia: un ponte tra scienza e società
PAGANI/ABBOTTO – Chimica eterociclica
PASQUA – Biologia cellulare e biotecnologie vegetali
PASQUA/ABBATE/FORNI – Botanica generale e diversità vegetale
PEDULLI – Metodi fisici in chimica organica
PETRUCCI/HARWOOD/HERRING – Chimica generale
PIER/LYCZAK/WELTZER – Immunologia, Infezione, Immunità
PIPKIN – Geologia ambientale
PONTICELLI/USAI – Chimica generale e inorganica, con elementi di chimica organica per le lauree triennali
QUADERNI DI BIOCHIMICA
QUADERNI DI BIOLOGIA VEGETALE – Serie Verde:
SALA/CELLA – Colture di cellule vegetali
LOVISOLO et al. – Le infezioni da virus nelle piante
BENNICI – Lo sviluppo dei vegetali superiori
RIGANO – Ciclo biologico dell'azoto
GAVAZZI/SALAMINI – Mutagenesi e miglioramento delle piante coltivate
BALDACCI – Le diagnosi delle malattie delle piante
ALPI et al. – Ormoni delle piante e fitoregolatori sintetici
BONFANTE/GIOVANNETTI – Le micorrizze
VERONA – Unità biologiche individuali come biocenosi
NUTI – La fissazione biologica dell'azoto
GAVAZZI – La genetica dei pigmenti nelle piante
PACINI/FRANCHI – Il polline: biologia e applicazioni
RANALLI – Miglioramento della patata
NIELSEN/FORLANI – Gli erbicidi
RHOADES/PFLANZER – Fisiologia generale e umana
RIGHETTO – L'ecosistema urbano
RINALLO – Botanica delle piante alimentari
RUPPERT/BARNES – Zoologia: gli invertebrati
SABELLI – Atlante di diversità e morfologia degli invertebrati
SANTAGADA/CALIENDO – Peptidi e Peptidogenesi
SENATORE – Biologia e botanica farmaceutica
SILIPRANDI/TETTAMANTI – Biochimica medica
SLOWINSKI – Laboratorio di chimica (esperienze ed esercizi)
TAIZ/ZEIGER – Fisiologia vegetale
TREASE/EVANS – Farmacognosia
WHITTEN/DAVIS/PECK/STANLEY – Chimica generale
ZIEGLER – Conoscenze attuali in nutrizione

GIUSEPPE BELLI

Ordinario di Patologia Vegetale all'Università di Milano

Elementi di **PATOLOGIA VEGETALE**

Seconda Edizione

Con la collaborazione di:

**GEMMA ASSANTE, PIERO ATTILIO BIANCO, PAOLA CASATI
PAOLO CORTESI, FRANCO FAORO, MARCELLO IRITI
MARCO SARACCHI, PAOLA SARDI, ANNAMARIA VERCESI**

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 978-88-299-2129-4

Stampato in Italia

© 2012, by Piccin Nuova Libreria S.p.A., Padova
www.piccin.it

Autori

GIUSEPPE BELLI

Professore Ordinario di Patologia Vegetale

FRANCO FAORO

Professore Associato di Patologia Vegetale Generale

GEMMA ASSANTE

Ricercatore (Docente di Funghi Tossinogeni e Micotossine)

MARCELLO IRITI

Ricercatore (Docente di Fisiopatologia Vegetale)

PIERO ATTILIO BIANCO

Professore Ordinario di Biotecnologie Fitopatologiche

MARCO SARACCHI

Professore Associato di Patologia Vegetale Forestale

PAOLA CASATI

Ricercatore (Docente di Virologia Vegetale)

PAOLA SARDI

Ricercatore (Docente di Micologia Applicata)

PAOLO CORTESI

Professore Ordinario di Patologia Vegetale Applicata

ANNAMARIA VERCESI

Professore Associato di Epidemiologia e Controllo delle Malattie Infettive

Gli Autori sono tutti docenti del settore Patologia Vegetale in ruolo (all'ottobre 2010) presso la Facoltà di Agraria dell'Università degli Studi di Milano.



Prefazione

Il rapido esaurimento della prima edizione di questo testo ha indotto l'editore Piccin a proporci di predisporre una nuova edizione; proposta che è stata da noi volentieri accettata, vista la buona accoglienza avuta dal testo presso docenti e studenti dei corsi di laurea delle facoltà di Agraria e di altri corsi di laurea affini e tenuto conto delle nuove conoscenze emerse nel settore della Patologia Vegetale negli ultimi anni.

Questa nuova edizione è fondamentalmente impostata sullo schema già ben collaudato dalla prima; ossia si basa, innanzi tutto, su un'ampia parte dedicata agli aspetti generali della Patologia, presentati però anche distintamente in rapporto ai diversi agenti patogeni (virus, fitoplasmi, batteri, funghi), seguita dalla parte speciale, che tratta di singole malattie o di gruppi di malattie affini. In entrambe le parti le revisioni, le integrazioni e gli aggiornamenti sono stati numerosi e sostanziali, cercando sempre di rendere facilmente comprensibili allo studente le nuove conoscenze via via introdotte. In particolare, con riferimento alla parte speciale, pur mantenendo il proposito di non trattare un numero eccessivo di malattie ma solo quelle ritenute di particolare impor-

tanza per l'Italia o aventi il significato di malattie-modello, in questa nuova edizione è stata aggiunta la trattazione di alcune fitopatie di indubbio interesse, che non comparivano nella prima edizione, quali il mal dell'esca della vite, la bolla del pesco e il mal secco degli agrumi. Numerose sono le nuove figure a colori introdotte, le quali vanno ad arricchire ulteriormente la già ampia iconografia che caratterizzava la prima edizione. Come si può rilevare dalle note a piè di pagina iniziale, i vari capitoli o sottocapitoli del testo sono stati curati dai docenti del settore AGR/12 (Patologia Vegetale) attualmente in ruolo presso la Facoltà di Agraria dell'Università degli Studi di Milano; il che è indubbiamente garanzia di competenza per la trattazione.

Come coordinatore del volume, mi auguro che questa nuova edizione si riveli un prezioso ed apprezzato strumento di apprendimento per gli studenti e un utile supporto per l'attività didattica dei docenti e per l'attività professionale dei tecnici del settore fitopatologico, al pari e più di quanto lo sia stata la prima edizione.

GIUSEPPE BELLI



Indice generale

PARTE GENERALE

1 Informazioni introduttive 3 (G. Belli)

- 1.1 Oggetto e branche della Patologia vegetale. 3
- 1.2 Concetti fondamentali 4
- 1.3 Sintomatologia 7
 - 1.3.1 Modificazioni di forma e dimensione 8
 - 1.3.2 Alterazioni di colore 11
 - 1.3.3 Sintomi di tipo necrotico 13
- 1.4 Tipi e quadri di malattia. 15
- 1.5 Evoluzione delle conoscenze
in Patologia vegetale 17
- 1.6 Interesse scientifico e importanza
economica delle malattie delle piante 20

2 Le malattie da virus e da viroidi 23 (G. Belli, P.A. Bianco e P. Casati)

- 2.1 Caratteristiche generali dei virus 23
 - 2.1.1 Forme e dimensioni 25
 - 2.1.2 Struttura e composizione 27
- 2.2 Il processo d'infezione e i rapporti
patogeno-pianta 30
 - 2.2.1 Penetrazione nella cellula ospite 30
 - 2.2.2 Replicazione. 31
 - 2.2.3 Traslocazione nella pianta 33
- 2.3 Principali espressioni sintomatologiche 33
- 2.4 Epidemiologia 36
 - 2.4.1 Trasmissione per parti di pianta. 36
 - 2.4.2 Trasmissione mediante vettori. 39
- 2.5 Nomenclatura e classificazione 44
- 2.6 Le malattie da viroidi. 47

3 Le fitoplasmosi 51 (G. Belli e P.A. Bianco)

- 3.1 Caratteristiche generali dei fitoplasmi. 51
- 3.2 Classificazione dei fitoplasmi 52

- 3.3 I rapporti patogeno-pianta e le principali
espressioni sintomatologiche. 55
- 3.4 Epidemiologia 57

4 Le batteriosi 61 (M. Saracchi)

- 4.1 Struttura della cellula batterica 62
- 4.2 La tassonomia dei batteri fitopatogeni. 67
- 4.3 Il processo infettivo 67
 - 4.3.1 Penetrazione. 69
 - 4.3.2 Ancoramento 70
 - 4.3.3 Periodo di incubazione
e comparsa dei sintomi. 72
 - 4.3.4 Evasione. 81
- 4.4 Sopravvivenza e diffusione
dell'inoculo batterico 81

5 Le malattie fungine 83 (P. Sardi, F. Faoro, M. Iriti e A. Vercesi)

- 5.1 Caratteristiche generali dei funghi. 83
 - 5.1.1 Struttura e organizzazione
vegetativa 83
 - 5.1.2 L'ifa fungina 85
 - 5.1.3 La nutrizione 89
 - 5.1.4 Influenza dell'ambiente
sullo sviluppo fungino 90
 - 5.1.5 La dispersione delle spore 91
 - 5.1.6 La germinazione delle spore 91
- 5.2 La riproduzione dei funghi 93
 - 5.2.1 Spore sessuate 93
 - 5.2.2 Spore asessuate 94
- 5.3 Classificazione dei funghi fitopatogeni 97
 - 5.3.1 Protozoi 97
 - 5.3.2 Chromista. 98
 - 5.3.3 Eumycota 98
- 5.4 Il processo d'infezione. 101
 - 5.4.1 Il contatto iniziale 101

5.4.2	La penetrazione	104			
5.4.3	La colonizzazione	105			
5.4.4	L'evasione	110			
5.5	Principali espressioni sintomatologiche	111			
5.6	Epidemiologia	115			
5.6.1	Fattori che influiscono sullo sviluppo delle epidemie	116			
5.6.2	Forme diverse di epidemia	117			
5.6.3	Conseguenti strategie di difesa	121			
6	La diagnosi	123			
	(G. Belli e P.A. Bianco)				
6.1	Il procedimento diagnostico	123			
6.2	I postulati di Koch	125			
6.3	L'utilizzo della microscopia ottica ed elettronica	125			
6.4	L'isolamento su terreni artificiali	129			
6.5	L'impiego di piante indicatrici	130			
6.6	La diagnosi sierologica	131			
6.6.1	Metodi sierologici	133			
6.7	I metodi molecolari	135			
7	Meccanismi di resistenza ai patogeni ..	147			
	(M. Iriti e F. Faoro)				
7.1	Le difese passive o costitutive	147			
7.1.1	Difese passive strutturali	148			
7.1.2	Difese passive chimiche	151			
7.2	Le difese attive o inducibili	154			
7.2.1	Ruolo delle specie reattive dell'ossigeno	154			
7.2.2	Sintesi dei composti di difesa	156			
7.2.3	La reazione di ipersensibilità	159			
7.3	Il riconoscimento patogeno-ospite e le basi genetiche della resistenza	162			
7.3.1	Gli elicitori	162			
7.3.2	Il riconoscimento patogeno-ospite e la resistenza ospite-specifica	165			
7.3.3	I geni di resistenza	165			
7.3.4	Il silenziamento genico post-trascrizionale	166			
7.4	La resistenza indotta	168			
7.4.1	La resistenza sistemica acquisita	169			
7.4.2	La resistenza sistemica indotta da rizobatteri	169			
7.4.3	Le basi molecolari della resistenza sistemica	169			
7.4.4	Gli induttori di resistenza	170			
7.4.5	La resistenza agli insetti e la via degli octadecanoidi	172			
7.4.6	Effetti della resistenza indotta sulla fitness della pianta	174			
7.4.7	SAR nella protezione delle colture ..	174			
8	La protezione delle piante dalle malattie	177			
	(G. Belli e A. Vercesi)				
8.1	Principi e concetti generali	177			
8.2	Impiego di piante resistenti	178			
8.2.1	Resistenza genetica	178			
8.2.2	Resistenza indotta	180			
8.3	Utilizzo di materiale di propagazione sano ..	181			
8.4	Il controllo dei vettori	183			
8.5	I mezzi agronomici	184			
8.6	I mezzi fisici	186			
8.7	Il controllo biologico	187			
8.8	I mezzi chimici	189			
8.8.1	Caratteristiche generali e modalità d'impiego	189			
8.8.2	Disposizioni normative	192			
8.8.3	Le principali sostanze attive	196			
8.8.4	La gestione della resistenza ai fungicidi	212			
8.9	La difesa integrata	213			
PARTE SPECIALE					
9	Malattie da virus	217			
	(G. Belli e P.A. Bianco)				
9.1	Arricciamento della vite	217			
9.1.1	Sintomatologia e danni	217			
9.1.2	Eziologia e diagnosi	219			
9.1.3	Epidemiologia	222			
9.1.4	Difesa	222			
9.2	Accartocciamento fogliare della vite	223			
9.2.1	Sintomatologia e danni	223			
9.2.2	Eziologia e diagnosi	224			
9.2.3	Epidemiologia e difesa	226			
9.3	Legno riccio della vite	227			
9.3.1	Sintomatologia e danni	227			
9.3.2	Eziologia e diagnosi	229			
9.3.3	Epidemiologia e difesa	229			
9.4	Sharka (o Vaiolatura) delle drupacee	230			
9.4.1	Sintomatologia e danni	231			
9.4.2	Eziologia e diagnosi	233			
9.4.3	Epidemiologia	235			
9.4.4	Difesa	236			
9.5	Tristezza degli agrumi	238			
9.6	Mosaico del cetriolo e malattie correlate ..	240			

9.6.1 Sintomatologia e danni	240	12.1.2 La peronospora della patata e del pomodoro	291
9.6.2 Eziologia e diagnosi.	241	12.1.3 La peronospora della cipolla	297
9.6.3 Epidemiologia	242	12.1.4 La peronospora del tabacco	301
9.6.4 Difesa	242	12.2 Gli oidi	303
9.7 Avvizzimento maculato del pomodoro e malattie correlate.	242	(<i>P. Cortesi</i>)	
9.7.1 Sintomatologia	243	12.2.1 Tassonomia delle <i>Erysiphaceae</i>	307
9.7.2 Eziologia e diagnosi.	243	12.2.2 Caratteristiche biologiche delle <i>Erysiphaceae</i>	309
9.7.3 Epidemiologia	244	12.2.3 L'oidio della vite: generalità e cenni storici	313
9.7.4 Difesa	245	12.3 Malattie di tipo necrotico.	321
9.8 Nanismo giallo dell'orzo e malattie correlate	245	(<i>G. Belli e A. Vercesi</i>)	
10 Fitoplasmosi	249	12.3.1 Cescosporiosi della barbabietola	321
(<i>G. Belli e P.A. Bianco</i>)		12.3.2 Ticchiolatura del melo	325
10.1 Flavescenza dorata della vite	249	12.4 Marciumi dell'uva e dei frutti	332
10.1.1 Sintomatologia e danni	249	(<i>A. Vercesi</i>)	
10.1.2 Eziologia e diagnosi.	252	12.4.1 Marciumi dei frutti	336
10.1.3 Epidemiologia	252	12.4.2 Muffa grigia dell'uva.	337
10.1.4 Difesa	254	12.4.3 Marciume acido dell'uva	342
10.2 Legno nero della vite	255	12.5 Marciume radicale fibroso.	342
10.2.1 Sintomatologia e danni	255	(<i>M. Saracchi</i>)	
10.2.2 Eziologia e diagnosi.	256	12.6 I cancri delle piante arboree.	348
10.2.3 Epidemiologia	256	(<i>G. Belli e A. Vercesi</i>)	
10.2.4 Difesa	257	12.6.1 Il cancro del castagno	350
10.3 Scopazzi del melo	257	12.6.2 Il cancro del melo	353
10.3.1 Sintomatologia e danni	257	12.6.3 Il cancro colorato del platano	355
10.3.2 Eziologia e diagnosi.	259	12.7 Le carie del legno.	357
10.3.3 Epidemiologia e difesa	260	(<i>M. Saracchi</i>)	
11 Malattie batteriche.	263	12.7.1 Processo d'infezione	358
(<i>M. Saracchi e P. Sardi</i>)		12.7.2 Tipi di carie del legno	359
11.1 Il colpo di fuoco batterico	263	12.7.3 Localizzazione delle carie nel legno delle piante vive	362
11.1.1 I sintomi	263	12.7.4 Identificazione dell'agente cariogeno.	364
11.1.2 Il patogeno	266	12.7.5 Importanza delle carie	366
11.1.3 Epidemiologia e difesa.	266	12.7.6 Prevenzione e cura delle carie del legno	366
11.2 Il cancro batterico del pomodoro.	272	12.8 Le tracheofusariosi.	367
11.2.1 I sintomi	272	(<i>A. Vercesi</i>)	
11.2.2 Il patogeno	273	12.8.1 Tracheofusariosi del pomodoro	368
11.2.3 Epidemiologia e difesa.	273	12.9 Malattie dei cereali.	372
11.3 Tumore batterico	274	(<i>A. Vercesi</i>)	
11.3.1 I sintomi	274	12.9.1 Mal del piede	372
11.3.2 Il patogeno	275	12.9.2 Fusariosi della spiga	375
11.3.3 Epidemiologia e difesa.	275	12.9.3 Septoriosi	381
12 Malattie fungine	277	12.9.4 Le ruggini.	383
12.1 Le peronospre.	277	12.10 Altre malattie fungine	391
(<i>A. Vercesi</i>)		(<i>G. Belli</i>)	
12.1.1 La peronospora della vite	281	12.10.1 Bolla del pesco	391
		12.10.2 Grafiosi dell'olmo.	396

12.10.3 Mal secco degli agrumi.	399	14.1.1 Gli inquinanti atmosferici: cenni di chimica e fisica dell'atmosfera.	430
12.10.4 Mal dell'esca della vite.	401	14.1.2 I principali inquinanti atmosferici e le loro fonti.	431
13 Le micotossine.	409	14.1.3 La diagnosi differenziale e la sintomatologia.	432
<i>(G. Assante e A. Vercesi)</i>		14.1.4 Gli ossidi di azoto, di zolfo e le piogge acide.	434
13.1 I funghi tossinogeni.	410	14.1.5 L'ozono (O ₃)	436
13.1.1 Famiglia <i>Clavicipitaceae</i>	410	14.1.6 L'inquinamento del suolo: i metalli pesanti.	445
13.1.2 Genere <i>Aspergillus</i>	411	14.2 Alterazioni da condizioni ambientali estreme: le radiazioni ultraviolette e la fotoinibizione.	449
13.1.3 Genere <i>Fusarium</i>	412	14.3 Malattie da carenze nutrizionali.	450
13.1.4 Genere <i>Penicillium</i>	412	14.4 Danni da grandine.	455
13.2 Principali micotossine.	414	14.5 Influenza dei cambiamenti climatici globali sulle interazioni pianta-patogeno- vettore.	459
13.2.1 Alcaloidi dell'ergot.	414		
13.2.2 Aflatossine.	416		
13.2.3 Ocratossine.	418		
13.2.4 Le tossine dei <i>Fusaria</i>	420		
13.2.5 Patulina.	424		
13.2.6 Altre micotossine.	425		
13.2.7 La normativa.	427		
13.2.8 Importanza della prevenzione.	428		
14 Malattie ed alterazioni non parassitarie.	429	Acronimi, denominazioni e generi di appartenenza dei principali fitovirus.	461
<i>(F. Faoro e M. Iriti)</i>			
14.1 Effetti fitotossici degli inquinanti ambientali.	429	Indice analitico.	467