

**Egidio Ciricifolo - Paolo Benincasa**

# **Sementi**

**Biologia, produzione e tecnologia**



1<sup>a</sup> edizione: settembre 2017



© Copyright 2017 by «Edagricole - Edizioni Agricole di New Business Media srl»  
via Eritrea 21 - 20157 Milano  
Redazione: Piazza G. Galilei, 6 - 40123 Bologna - e-mail: libri.edagricole@newbusinessmedia.it

Vendite: tel. 051/6575833; fax 051/6575999 - email: libri.edagricole@newbusinessmedia.it  
<http://www.edagricole.it>

5532

Proprietà letteraria riservata - printed in Italy

*La riproduzione con qualsiasi processo di duplicazione delle pubblicazioni tutelate dal diritto d'autore è vietata e penalmente perseguibile (art. II della legge 22 aprile 1941, n. 633). Quest'opera è protetta ai sensi della legge sul diritto d'autore e delle Convenzioni internazionali per la protezione del diritto d'autore (Convenzione di Berna, Convenzione di Ginevra). Nessuna parte di questa pubblicazione può quindi essere riprodotta, memorizzata o trasmessa con qualsiasi mezzo e in qualsiasi forma (fotomeccanica, fotocopia, elettronica, ecc.) senza l'autorizzazione scritta dell'editore. In ogni caso di riproduzione abusiva si procederà d'ufficio a norma di legge.*

Realizzazione grafica: Exegi s.n.c., [www.exegi.it](http://www.exegi.it), Bologna  
Impianti e stampa: Rotolito Lombarda S.p.A., via Sondrio 3 - 20096 Seggiano di Pioltello (MI)  
Finito di stampare nel settembre 2017

ISBN 978-88-506-5532-8

# Invito alla lettura

A livello europeo il settore sementiero conta 7.200 aziende, circa 52.000 occupati e un giro d'affari di circa 7 miliardi di euro; la *European Seed Association* (ESA) ([www.euroseeds.eu](http://www.euroseeds.eu)) unisce 38 associazioni sementiere nazionali, 40 membri di piccole, medie e grandi aziende del settore e 29 altre aziende non direttamente impegnate nella produzione sementiera, ma che svolgono attività professionali collegate al mondo delle sementi (prodotti chimici, consulenti...).

Il settore sementiero in Italia interessa una superficie di circa 220.000 ettari di colture da seme, coinvolge circa 300 ditte sementiere e 19.000 agricoltori-moltiplicatori e alimenta un export di circa 255 milioni di Euro a fronte di importazioni per 360 milioni di euro; ad ASSOSEMENTI (*Associazione Italiana Sementi*, [www.sementi.it](http://www.sementi.it)) aderiscono circa 170 aziende sementiere con un fatturato superiore a 700 milioni di Euro.

Il comparto sementiero italiano è tra i leader della moltiplicazione sementiera mondiale grazie a una serie di fattori che assicurano una elevata "qualità" delle sementi prodotte nel nostro paese: le vocate condizioni pedo-climatiche per le colture da seme, la riconosciuta esperienza professionale dei produttori agricoli, la tradizione delle nostre aziende sementiere non disgiunta da una loro forte dinamicità che garantisce una costante innovazione tecnologica nel processo produttivo finalizzato ad assicurare la rispondenza delle sementi ai rigorosi standard internazionali sia tecnici sia fitosanitari; non dovrebbe infine essere dimenticata l'attività, a volte intensa, degli istituti di ricerca pubblici (Università, CNR, ENEA, CREA) impegnati nel settore.

Il comparto evidenzia, inoltre, una continua e rapida evoluzione che pone alle aziende e alle Istituzioni nazionali ed europee alcune sfide più o meno complesse:

- la salvaguardia della biodiversità e l'implementazione delle nuove disposizioni in materia (es. il protocollo di Nagoya);
- lo sviluppo, la messa a punto e la diffusione di nuove tecniche di miglioramento genetico (es. *genome editing*) capaci di garantire contemporaneamente innovazione, competitività e sostenibilità all'intero sistema produttivo;
- la regolamentazione e l'utilizzazione dei fitofarmaci e di diverse tecnologie nel rispetto della sicurezza per gli operatori, dell'ambiente e della salubrità delle produzioni;
- l'armonizzazione e l'applicazione delle disposizioni normative che regolamentano il settore, sia dal punto di vista commerciale, sia da quello fitosanitario (si pensi al caso specifico delle produzioni biologiche);
- l'elaborazione di politiche legate all'innovazione varietale (con particolare riferimento alla relazione con la regolamentazione degli OGM);
- la tutela della proprietà intellettuale attraverso la lotta alle illegalità e alle contraffazioni;
- la qualificazione complessiva delle produzioni sementiere al fine di ottenere materiale di riproduzione sano da processi produttivi tracciati.

È evidente che le opportunità di progresso e sviluppo che il comparto creerà e coglierà sono anche strettamente legate alla crescita culturale sui temi propri del settore: la conoscenza della biologia del "seme", delle tecniche e tecnologie di produzione, analisi e lavorazione delle sementi, della normativa in materia di certificazione e commercializzazione è la base su cui costruire le compe-

## **Invito alla lettura**

tenze e le capacità tecniche di laureati ed operatori che avranno il compito di contribuire a trovare una risposta alle questioni sopra sollevate.

Il libro si propone come prezioso strumento per la didattica e la formazione a livello universitario, ma utile al tempo stesso a tecnici e professionisti. Riempie un vuoto nel panorama delle pubblicazioni tecnico-scientifiche italiane ma rappresenta un testo di riferimento unico anche a livello internazionale in quanto compendia in maniera stilisticamente e didatticamente omogenea tutti i principali temi sulle sementi che sono generalmente affrontati e presentati separatamente.

Il libro è frutto degli studi e degli sforzi del Prof. Egidio Ciriciofolo, docente dell'insegnamento di Biologia, Produzione e Tecnologia delle Sementi presso l'allora Istituto di Agronomia e Coltivazioni Erbacee della Facoltà di Agraria dell'Università degli Studi di Perugia. Il Prof. Ciriciofolo a partire dalla metà degli anni '80 ha iniziato a sistematizzare, condensare, descrivere e illustrare le sue lezioni nelle dispense che costituiscono la base di questo volume; questa azione di affinamento, continuo aggiornamento e miglioramento del materiale iconografico è proseguita, con umiltà e dedizione, incessantemente fino al 2007 quando il professore è andato in pensione. Il Prof. Paolo Benincasa, dell'odierno Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali, nel raccogliere e sviluppare l'eredità scientifica e didattica del Prof. Ciriciofolo, ha portato a compimento, anche con il contributo specifico di diversi colleghi di Perugia, di Bologna e di ASSOSEMENTI, l'aggiornamento tecnico-scientifico dei contenuti e la realizzazione di questo volume la cui lettura, sono certo, darà non solo soddisfazione a tutti gli studenti, tecnici e professionisti interessati, ma anche un giusto riconoscimento agli autori per l'accurato e meritevole lavoro svolto.

**Francesco Tei**

Direttore

Dipartimento di Scienze Agrarie,  
Alimentari e Ambientali  
Università degli Studi di Perugia

# Prefazione

Questo libro è una riedizione delle dispense delle lezioni di Biologia, Produzione e Tecnologia delle Sementi, insegnamento che il Prof. Egidio Ciriciofolo tenne presso la Facoltà di Agraria dell'Università di Perugia fino all'A.A. 2006-2007 e che dal 2008-2009 è passato, con denominazioni diverse, al Prof. Paolo Benincasa, presso l'odierno Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali dello stesso Ateneo. Come tale, questo testo non pretende di essere esaustivo della materia, ma, vista anche la mancanza di altri testi generali di riferimento in italiano, può essere strumento utile per chi, studenti o operatori del settore sementiero alle prime armi, necessita di acquisire conoscenze di base sulla biologia del seme, sulla produzione e lavorazione delle sementi, e sulla normativa che ne regola la certificazione e commercializzazione.

Il testo è stato revisionato ed aggiornato grazie anche al contributo del Dott. Marco Nardi, già Segretario Generale di Assosementi, per la parte relativa alla normativa; del Dott. Enrico Noli, del Laboratorio di Ricerca e Analisi Sementi (LaRAS) dell'Università di Bologna, per la parte relativa all'analisi delle sementi; del Dott. Euro Pannacci, del Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali dell'Università di Perugia per il controllo delle infestanti nelle colture da seme.

**Gli Autori**

## Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare il Sig. Silvano Locchi, responsabile tecnico del Laboratorio Sementi del Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali dell'Università di Perugia, per il prezioso contributo fornito in oltre trent'anni di lavoro a supporto dell'attività didattica e di ricerca nel settore delle sementi.



# Introduzione

L'uomo degli albori, nomade, cacciatore e raccoglitore, utilizzava il seme di alcune piante come alimento di facile consumo, offertogli dalla natura.

Durante il Neolitico, circa 12.000 anni fa, l'uomo comprese che le piante dalle quali traeva sostentamento potevano essere coltivate; questa rivoluzione culturale trasformò buona parte degli uomini, fino ad allora nomadi, raccoglitori di ciò che offriva la natura, in agricoltori-allevatori, che traevano sostentamento dal lavoro della terra. Per questi ultimi il seme divenne, oltre che scorta di cibo, mezzo per ottenere ogni anno i prodotti della terra di cui necessitavano e per mettere a coltura sempre nuove terre.

L'agricoltore, producendo più di quanto consumava, poté scambiare una parte dei prodotti dei suoi campi con altri uomini che, liberati dalla necessità di coltivare la terra, poterono dedicarsi a produrre oggetti utili per sé e per l'agricoltore stesso: nacque, così, l'artigiano.

Questi nuovi rapporti tra gli uomini ed il bisogno di sicurezza indusse agricoltori, artigiani e cacciatori a costruire insieme le loro capanne: sorsero, così, il villaggio e, poi, la città.

L'uomo, affrancato dalla continua e impellente necessità di procacciarsi il nutrimento, volse la mente alle cose dello Spirito e all'arte: nacque la civiltà. Si potrebbe affermare, quindi, che la civiltà sia nata con l'uso del seme.

Considerando che per l'impianto delle colture, oltre a veri semi, possono essere utilizzati anche frutti secchi indeiscenti, oppure infruttescenze (Tab. 1), il materiale utilizzato come "unità di disseminazione" dovrebbe essere indicato con il termine (più proprio) *semente*, piuttosto che con *seme*. Il termine *semente*, però, diventa improprio quando usato per indicare strutture per la propagazione vegetativa (bulbi, tuberi, bulbilli, rizomi, ecc.). In questo caso alcuni Autori suggeriscono la locuzione "materiale di propagazione"; salvo casi particolari come nella patata, dove è invalso il termine di "tubero-seme".

**Tabella 1** - Alcuni frutti secchi indeiscenti con funzione di semente

Tipo di frutto	Famiglia
Achenio e involucri fiorali	<i>Polygonaceae</i>
Achenio e pappo	<i>Compositae</i>
Cariosside e spiglette	<i>Graminaceae</i>
Endocarpo con o senza esocarpo	<i>Palmae</i>
Glomerulo od otricolo	<i>Chenopodiaceae</i>
Lomento e suoi segmenti	<i>Leguminosae</i>
Mericarpo* da diachenio	<i>Umbelliferae</i>
Mericarpo* da poliachenio	<i>Malvaceae</i>
Noce	<i>Fagaceae</i>
Nucola	<i>Ranunculaceae</i>
Samara	<i>Ulmaceae</i>

\* singolo achenio di un frutto schizocarpico.



# Indice

Invito alla lettura.....	p.	III
Prefazione.....	"	V
Introduzione.....	"	VII
<b>Parte prima - Il seme</b> .....	"	1
<b>1. Struttura del seme</b> .....	"	3
1.1 Embrione.....	"	3
1.2 Sostanze di riserva .....	"	4
1.2.1 Proteine.....	"	6
1.2.2 Lipidi .....	"	7
1.2.3 Carboidrati.....	"	8
1.2.4 Elementi minerali e fitina .....	"	8
1.2.5 Altri composti .....	"	8
1.3 Tegumenti del seme.....	"	9
1.3.1 Ilo .....	"	10
1.3.2 Micropilo.....	"	10
1.3.3 Arillo.....	"	10
1.3.4 Strofiolo .....	"	10
1.3.5 Caruncola.....	"	10
1.3.6 Rafe.....	"	10
1.4 L'acqua nel seme.....	"	10
<b>2. Aspetti biologici del seme</b> .....	"	13
2.1 Vitalità .....	"	13
2.2 Vigore.....	"	14
2.3 Germinazione.....	"	17
2.3.1 Fattori (esterni) della germinazione .....	"	19
2.3.1.1 Acqua.....	"	19
2.3.1.2 Temperatura .....	"	21
2.3.1.3 Ossigeno.....	"	21
2.3.1.4 Luce e fotosensibilità .....	"	22
2.3.2 Fasi della germinazione .....	"	25
2.3.2.1 Imbibizione .....	"	25
2.3.2.2 Attivazione degli enzimi e idrolisi delle riserve .....	"	25
2.3.2.3 Inizio dell'accrescimento dell'embrione .....	"	27
2.3.2.4 Rottura dei tegumenti e fuoriuscita degli apici.....	"	28
2.3.2.5 Affrancamento della piantina .....	"	28

## Indice

2.3.3	Tipi di germinazione-emergenza .....	p.	28
2.3.3.1	Germinazione-emergenza epigea .....	"	28
2.3.3.2	Germinazione-emergenza ipogea .....	"	28
2.4	Dormienza dei semi .....	"	31
2.4.1	Generalità .....	"	31
2.4.2	Dormienza primaria .....	"	33
2.4.2.1	Dormienza morfologica (Immaturità dell'embrione) .....	"	33
2.4.2.2	Dormienza fisiologica .....	"	34
2.4.2.3	Dormienza morfo-fisiologica .....	"	34
2.4.2.4	Dormienza fisica .....	"	34
2.4.2.5	Dormienza chimica .....	"	35
2.4.2.6	Dormienza meccanica .....	"	36
2.4.2.7	Semi non dormienti .....	"	37
2.4.3	Dormienza secondaria .....	"	37
2.4.4	Rimozione della dormienza .....	"	37
2.4.4.1	Postmaturazione .....	"	38
2.4.4.2	Rimozione della impermeabilità dei tegumenti .....	"	38
2.4.4.3	Trattamenti termici .....	"	39
2.4.4.4	Stimolazione con sostanze chimiche .....	"	42
2.4.4.5	Trattamenti con la luce .....	"	43
2.4.4.6	Trattamento con ultrasuoni .....	"	43
2.4.4.7	Combinazioni di più trattamenti .....	"	43
<b>Parte seconda - Produzione della semente .....</b>		"	45
<b>3. Fattori ecologici della produzione .....</b>		"	47
3.1	Terreno .....	"	47
3.2	Clima .....	"	47
3.2.1	Luce e fotoperiodismo .....	"	47
3.2.2	Temperatura .....	"	48
3.2.3	Precipitazioni .....	"	49
3.2.4	Vento .....	"	50
3.3	Pronubi .....	"	50
3.3.1	<i>Apis mellifica</i> .....	"	51
3.3.2	<i>Megachile rotundata</i> .....	"	51
3.3.3	<i>Nomia melanderi</i> .....	"	51
3.3.4	<i>Bombus</i> spp. .....	"	51
3.3.5	Regole per una buona difesa dei pronubi .....	"	51
<b>4. Zone di produzione delle sementi in Italia .....</b>		"	53
<b>5. Fattori agronomici della produzione .....</b>		"	59
5.1	Isolamento .....	"	59
5.1.1	Isolamento nello spazio .....	"	59
5.1.2	Isolamento nel tempo .....	"	61
5.2	Avvicendamento .....	"	61
5.3	Semina .....	"	61
5.3.1	Epoca di semina .....	"	61
5.3.2	Quantità di semente .....	"	62
5.3.3	Modalità di semina .....	"	62
5.3.4	Profondità di semina .....	"	62
5.4	Concimazione .....	"	62

5.5	Controllo della flora infestante .....	p.	63
5.6	Irrigazione .....	"	65
5.7	Epurazione .....	"	67
5.8	Impollinazione .....	"	68
5.9	Impiego di fitoregolatori.....	"	68
5.10	Difesa dai parassiti .....	"	69
5.11	Raccolta.....	"	69
5.12	Sementi per l'agricoltura biologica (organic farming) .....	"	73
<b>Parte terza - Tecnologia delle sementi.....</b>		"	75
<b>6. Tecnologia delle sementi.....</b>		"	77
6.1	Generalità.....	"	77
6.2	Essiccazione .....	"	78
6.3	Selezione meccanica .....	"	78
6.3.1	Macchine per la prepulitura.....	"	79
6.3.1.1	Trabatto .....	"	79
6.3.1.2	Tarara di prepulitura .....	"	80
6.3.1.3	Sbarbatrice .....	"	80
6.3.2	Macchine per l'inizio della lavorazione .....	"	82
6.3.2.1	Tarara .....	"	82
6.3.2.2	Separatore a cilindri planetari .....	"	82
6.3.3	Macchine per la selezione .....	"	84
6.3.3.1	Separatori per dimensioni .....	"	84
6.3.3.2	Separatori per gravità.....	"	88
6.3.3.3	Separatori per caratteristiche di superficie .....	"	91
6.3.3.4	Separatori elettronici ed elettrostatici.....	"	93
6.3.3.5	Diversi separatori.....	"	95
6.3.4	Diagrammi di lavorazione .....	"	97
6.3.5	Impianti annessi a quelli di selezione.....	"	98
6.3.5.1	Raccolta degli scarti.....	"	98
6.3.5.2	Captazione e abbattimento delle polveri.....	"	98
6.3.5.3	Movimentazione della semente all'interno dell'impianto .....	"	98
6.4	Trattamenti particolari alle sementi .....	"	100
6.4.1	Concia.....	"	100
6.4.1.1	Trattamenti fungicidi.....	"	100
6.4.1.2	Trattamenti alghicidi .....	"	102
6.4.1.3	Trattamenti erbicidi.....	"	102
6.4.1.4	Trattamenti insetticidi .....	"	102
6.4.1.5	Trattamenti repellenti .....	"	102
6.4.1.6	Altri trattamenti .....	"	102
6.4.1.7	Conclusioni .....	"	102
6.4.2	Confettatura .....	"	102
6.4.3	Pellicolatura .....	"	104
6.4.4	Trattamenti presemina.....	"	106
6.4.4.1	Prebagnatura .....	"	106
6.4.4.2	Osmostimolazione .....	"	107
6.4.4.3	Stimolazione matriciale ( <i>matric priming</i> ) .....	"	109
6.4.4.4	Stimolazione al freddo ( <i>cold-priming</i> ) .....	"	110
6.4.4.5	Pregerminazione e semina in mezzo fluido ( <i>fluid drilling, fluid sowing</i> ) .....	"	111
6.4.4.6	Pregerminazione e deposizione in terriccio ( <i>plug-mix</i> ).....	"	112
6.4.4.7	Batterizzazione delle sementi.....	"	112
6.4.4.8	Radiostimolazione delle sementi.....	"	113

## Indice

6.4.5	Confezionamento: contenitori per le sementi.....	p.	114
6.4.5.1	luta.....	"	114
6.4.5.2	Cotone.....	"	114
6.4.5.3	Carta.....	"	114
6.4.5.4	Materie plastiche.....	"	115
6.4.5.5	Laminati metallici.....	"	115
6.4.5.6	Materiali compositi.....	"	115
6.5	Seme sintetico (o artificiale, o somatico).....	"	115
<b>7.</b>	<b>Conservazione delle sementi.....</b>	<b>"</b>	<b>119</b>
7.1	Generalità.....	"	119
7.2	Deterioramento dei semi.....	"	119
7.2.1	Condizioni durante la formazione del seme.....	"	119
7.2.2	Grado di maturazione.....	"	119
7.2.3	Microlesioni.....	"	119
7.2.4	Alte temperature.....	"	120
7.2.5	Elevata umidità dei semi.....	"	120
7.2.6	Luce.....	"	120
7.2.7	Funghi.....	"	120
7.2.8	Insetti.....	"	120
7.2.9	Roditori.....	"	120
7.2.10	Trattamenti ai semi.....	"	120
7.3	Immagazzinamento delle sementi.....	"	121
7.3.1	Conservazione prima della lavorazione.....	"	121
7.3.2	Conservazione dopo la lavorazione.....	"	121
7.3.3	Locali per la conservazione.....	"	122
7.3.3.1	Magazzini non condizionati.....	"	122
7.3.3.2	Magazzini condizionati.....	"	122
7.3.3.2	Ventilazione refrigerante.....	"	122
7.4	Conservazione dei materiali per la moltiplicazione agamica.....	"	123
	<b>Parte quarta - Normative per la produzione e il commercio delle sementi.....</b>	<b>"</b>	<b>125</b>
<b>8.</b>	<b>Normative per la produzione e il commercio delle sementi.....</b>	<b>"</b>	<b>127</b>
8.1	Generalità.....	"	127
8.2	Le Direttive comunitarie.....	"	128
8.3	Legislazione nazionale.....	"	131
8.3.1	Classificazione dei prodotti sementieri.....	"	131
8.3.2	Definizione di attività sementiera e licenza di produzione.....	"	135
8.3.3	Cartellino del produttore.....	"	135
8.3.4	Sementi commerciali.....	"	138
8.3.5	Le sementi conciate.....	"	140
8.3.6	Disciplina fitosanitaria.....	"	140
8.4	Leggi regionali sulle sementi.....	"	142
8.4.1	Ripartizione dei compiti tra Stato e Regioni.....	"	142
8.4.2	Leggi regionali sulla produzione di sementi di piante allogame.....	"	142
8.4.3	Legge della Regione Emilia-Romagna.....	"	143
8.4.4	Georeferenziazione delle colture da seme.....	"	144
8.4.5	Accordi interprofessionali.....	"	144

8.5	Commercio internazionale.....	p.	145
8.5.1	Equivalenze con i paesi non UE.....	"	146
8.5.2	Nulla-osta per l'importazione di sementi in Italia.....	"	146
8.6	Registri delle varietà.....	"	147
8.6.1	Definizione di varietà.....	"	147
8.6.2	Catalogo comune e Registro nazionale delle varietà.....	"	148
8.6.3	Esecuzione delle prove di iscrizione.....	"	149
8.6.4	Giudizio per l'iscrizione di una nuova varietà.....	"	150
8.6.5	Controllo delle selezioni conservatrici.....	"	151
8.6.6	Commercializzazione delle sementi di varietà in corso di iscrizione.....	"	156
8.6.7	Materiali sperimentali.....	"	156
8.6.8	Varietà da conservazione e varietà locali.....	"	156
8.6.9	Leggi regionali sulle varietà locali.....	"	158
8.6.10	Accesso alle risorse genetiche e condivisione dei loro benefici.....	"	159
8.7	Controllo e certificazione delle sementi.....	"	160
8.7.1	Scopi della certificazione.....	"	160
8.7.2	Ammissione al controllo.....	"	161
8.7.3	Controllo delle colture da seme.....	"	162
8.7.4	Controlli negli stabilimenti.....	"	165
8.7.5	I Cartellini ufficiali.....	"	165
8.7.6	Post-controllo.....	"	167
8.7.7	Controlli sotto sorveglianza ufficiale.....	"	167
8.7.8	Sementi da orto "standard".....	"	167
8.7.9	Controllo dei prodotti sementieri sul mercato.....	"	168
8.7.10	Certificazioni volontarie tipo ISO.....	"	169
8.8	Tutela delle novità vegetali.....	"	169
8.8.1	La proprietà intellettuale.....	"	169
8.8.2	Le privative varietali.....	"	169
8.8.3	Aspetti peculiari della proprietà intellettuale sulle varietà vegetali.....	"	172
8.8.3.1	Il seme aziendale.....	"	172
8.8.3.2	Esercizio del titolo di tutela nei riguardi del prodotto del raccolto.....	"	173
8.8.3.3	Denominazione della varietà e marchio d'impresa.....	"	173
8.8.3.4	Varietà essenzialmente derivate.....	"	173
8.8.3.5	Licenze obbligatorie.....	"	173
8.8.3.6	Brevettabilità e procedimenti essenzialmente biologici.....	"	173
<b>9.</b>	<b>Analisi delle sementi.....</b>	"	<b>175</b>
9.1	Generalità.....	"	175
9.2	Campionamento.....	"	176
9.2.1	Lotto di semente.....	"	176
9.2.2	Campionamento del lotto.....	"	178
9.3	Le analisi delle sementi.....	"	181
9.3.1	Verifica e determinazione della specie.....	"	181
9.3.1.1	Identificazione del genere e/o della specie.....	"	181
9.3.1.2	Accertamento della provenienza.....	"	181
9.3.2	Analisi della purezza specifica.....	"	182
9.3.3	Determinazione del numero di semi estranei (RSE).....	"	184
9.3.4	Determinazione delle cariossidi rosse nel riso.....	"	185
9.3.5	Determinazione del peso di 1.000 semi.....	"	185
9.3.6	Determinazione del peso ad ettolitro.....	"	187
9.3.7	Calibratura dei semi.....	"	187
9.3.8	Analisi dell'immagine da radiografia.....	"	187

## Indice

9.3.9	Determinazione dell'umidità .....	p.	188
9.3.10	Analisi di germinabilità .....	"	189
9.3.10.1	Generalità .....	"	189
9.3.10.2	Attrezzature .....	"	190
9.3.10.3	I metodi di germinazione.....	"	190
9.3.10.4	La valutazione dei risultati .....	"	195
9.3.11	Determinazione della vitalità del seme con saggio biochimico (prova al tetrazolo).....	"	197
9.3.12	Determinazione del vigore .....	"	198
9.3.12.1	Test basati su stress .....	"	198
9.3.12.2	Test di sviluppo e crescita.....	"	199
9.3.12.3	Test biochimici .....	"	200
9.3.13	Analisi delle sementi ricoperte .....	"	201
9.3.13.1	Campionamento.....	"	202
9.3.13.2	Analisi della purezza .....	"	202
9.3.13.3	Analisi di purezza dei semi deconfettati o rimossi dai nastri.....	"	202
9.3.13.4	Verifica della specie .....	"	203
9.3.13.5	Determinazione del numero di semi di altre specie.....	"	203
9.3.13.6	Analisi di germinabilità .....	"	203
9.3.13.7	Determinazione del peso e del calibro dei confetti.....	"	203
9.3.13.8	Prescrizioni particolari per il certificato di analisi .....	"	203
9.3.14	Determinazione dello stato sanitario delle sementi.....	"	204
9.3.14.1	Esami senza incubazione .....	"	204
9.3.14.2	Esami dopo incubazione.....	"	204
9.3.14.3	Esame delle plantule .....	"	204
9.3.14.4	Altre tecniche di indagine .....	"	204
9.3.15	Identificazione e purezza varietale delle sementi mediante marcatori biochimici e molecolari .....	"	205
9.3.15.1	Proteine di riserva.....	"	206
9.3.15.2	Isoenzimi .....	"	206
9.3.15.3	Marcatori del DNA .....	"	206
9.3.16	Analisi per il rilevamento e la quantificazione di OGM.....	"	213
9.3.17	Test di purezza meccanica (TPM).....	"	217
9.4	Certificati di analisi.....	"	220

## **Parte quinta - Colture da seme.....** " 225

### **10. Frumento (*Triticum spp.*).....** " 227

10.1	Caratteristiche botaniche.....	"	227
10.1.1	Morfologia .....	"	227
10.1.2	Biologia.....	"	227
10.2	Esigenze ambientali .....	"	228
10.3	Avversità.....	"	228
10.3.1	Avversità meteoriche .....	"	228
10.3.1.1	Abbassamenti ed eccessi termici .....	"	228
10.3.1.2	Piogge eccessive .....	"	228
10.3.1.3	Vento.....	"	229
10.3.1.4	Grandine .....	"	229
10.3.2	Patogeni vegetali.....	"	229
10.3.2.1	Mal del piede.....	"	229
10.3.2.2	Ruggini.....	"	230
10.3.2.3	Oidio o mal bianco .....	"	230
10.3.2.4	Septoriosi.....	"	230
10.3.2.5	Malattie trasmissibili per seme .....	"	230
10.3.3	Parassiti animali.....	"	231

	<b>Indice</b>
10.4	Tecnica colturale..... p. 231
10.4.1	Avvicendamento..... " 231
10.4.2	Isolamento..... " 231
10.4.3	Semina..... " 231
10.4.4	Controllo della flora infestante..... " 231
10.4.5	Applicazione del gametocida..... " 231
10.4.6	Epurazione..... " 232
10.4.7	Raccolta..... " 232
10.5	Diagramma di lavorazione e requisiti della semente per essere ammessa alla certificazione .... " 233
<b>11.</b>	<b>Mais (<i>Zea mays</i> L.)..... " 235</b>
11.1	Caratteristiche botaniche..... " 235
11.1.1	Morfologia..... " 235
11.1.2	Biologia..... " 236
11.2	Esigenze ambientali..... " 237
11.3	Avversità..... " 237
11.3.1	Avversità meteoriche..... " 237
11.3.2	Patogeni vegetali..... " 238
11.3.2.1	Elmintosporiosi..... " 238
11.3.2.2	Marciumi..... " 238
11.3.2.3	Carbone..... " 238
11.3.3	Parassiti animali..... " 238
11.3.3.1	Parassiti epigei..... " 238
11.3.3.2	Parassiti ipogei..... " 238
11.3.3.3	Nematodi..... " 238
11.3.3.4	Acari..... " 238
11.4	Tecnica colturale..... " 238
11.4.1	Avvicendamento..... " 238
11.4.2	Isolamento..... " 239
11.4.3	Preparazione del terreno..... " 239
11.4.4	Concimazione..... " 239
11.4.5	Semina..... " 239
11.4.6	Controllo della flora infestante..... " 239
11.4.7	Epurazione..... " 240
11.4.8	Castrazione..... " 241
11.4.9	Irrigazione..... " 241
11.4.10	Raccolta..... " 241
11.5	Diagramma di lavorazione e requisiti della semente per essere ammessa alla certificazione ..... " 242
<b>12.</b>	<b>Barbabietola da zucchero (<i>Beta vulgaris</i> var. <i>saccharifera</i> L.)..... " 243</b>
12.1	Caratteristiche botaniche..... " 243
12.1.1	Morfologia..... " 243
12.1.2	Biologia..... " 244
12.2	Esigenze ambientali..... " 244
12.3	Avversità..... " 245
12.3.1	Patogeni vegetali..... " 245
12.3.1.1	Mal del piede o gamba nera..... " 245
12.3.1.2	Marciumi radicali..... " 245
12.3.1.3	Peronospora della barbabietola..... " 245
12.3.1.4	Cercosporiosi..... " 245
12.3.1.5	Rizomania ( <i>Beet Necrotic Yellow Vein Virus</i> )..... " 245
12.3.2	Parassiti animali..... " 246
12.3.3	Fitopatie non parassitarie..... " 246

## Indice

12.4	Tecnica colturale .....	p.	246
12.4.1	Avvicendamento .....	"	246
12.4.2	Isolamento .....	"	246
12.4.3	Coltura per la produzione dei fittoni (vivaio) .....	"	247
12.4.3.1	Superficie necessaria .....	"	247
12.4.3.2	Preparazione del terreno .....	"	247
12.4.3.3	Concimazione .....	"	247
12.4.3.4	Semina .....	"	247
12.4.3.5	Controllo della flora infestante .....	"	248
12.4.3.6	Controllo fitosanitario .....	"	248
12.4.3.7	Raccolta .....	"	248
12.4.4	Coltura portaseme .....	"	248
12.4.4.1	Preparazione del terreno .....	"	248
12.4.4.2	Concimazione di fondo .....	"	248
12.4.4.3	Trapianto .....	"	248
12.4.4.4	Controllo della flora infestante .....	"	248
12.4.4.5	Concimazione azotata .....	"	249
12.4.4.6	Epurazione .....	"	249
12.4.4.7	Cimatura .....	"	249
12.4.4.8	Irrigazione .....	"	249
12.4.4.9	Altre cure colturali .....	"	249
12.4.4.10	Raccolta .....	"	249
12.5	Diagramma di lavorazione e requisiti della semente per essere ammessa alla certificazione .....	"	250
<b>13.</b>	<b>Girasole (<i>Helianthus annuus</i> L.) .....</b>	<b>"</b>	<b>251</b>
13.1	Caratteristiche botaniche .....	"	251
13.1.1	Morfologia .....	"	251
13.1.2	Biologia .....	"	251
13.2	Esigenze ambientali .....	"	252
13.3	Avversità .....	"	252
13.3.1	Patogeni vegetali .....	"	252
13.3.1.1	Peronospora .....	"	252
13.3.1.2	Marciume carbonioso (dello stelo) .....	"	252
13.3.1.3	Botrite .....	"	252
13.3.1.4	Orobanche .....	"	252
13.3.2	Parassiti animali .....	"	252
13.4	Tecnica colturale .....	"	252
13.4.1	Avvicendamento .....	"	253
13.4.2	Isolamento .....	"	253
13.4.3	Preparazione del terreno .....	"	253
13.4.4	Concimazione .....	"	253
13.4.5	Semina .....	"	253
13.4.6	Controllo della flora infestante .....	"	254
13.4.7	Irrigazione .....	"	254
13.4.8	Epurazione .....	"	255
13.4.9	Impollinazione .....	"	255
13.4.10	Eliminazione delle piante impollinanti .....	"	255
13.4.11	Raccolta .....	"	255
13.5	Diagramma di lavorazione e requisiti della semente per essere ammessa alla certificazione .....	"	256
<b>14.</b>	<b>Carota (<i>Daucus carota</i> L.) .....</b>	<b>"</b>	<b>257</b>
14.1	Caratteristiche botaniche .....	"	257
14.1.1	Morfologia .....	"	257
14.1.2	Biologia .....	"	258

	<b>Indice</b>
14.2	Esigenze ambientali ..... p. 258
14.3	Avversità..... " 259
14.3.1	Patogeni..... " 259
14.3.1.1	Mal bianco ..... " 259
14.3.1.2	Alternariosi..... " 259
14.3.1.3	Virosi ..... " 259
14.3.2	Parassiti animali..... " 259
14.3.2.1	Mosca della carota ( <i>Chamaepsila rosae</i> Fab.) ..... " 259
14.3.2.2	Grafosoma ( <i>Graphosoma</i> spp.) ..... " 259
14.3.2.3	Depressaria o tignola della carota [ <i>Depressaria marcella</i> , <i>D. daucella</i> (= <i>nervosa</i> )] ..... " 260
14.3.2.4	Afidi ..... " 260
14.3.2.5	Nematodi..... " 260
14.4	Tecniche colturali..... " 260
14.4.1	Avvicendamento ..... " 260
14.4.2	Isolamento ..... " 260
14.4.3	Coltura trapiantata..... " 260
14.4.3.1	Costituzione del vivaio..... " 260
14.4.3.2	Coltura portaseme ..... " 262
14.4.4	Coltura a semina diretta ..... " 264
14.4.4.1	Lavorazioni..... " 264
14.4.4.2	Concimazione ..... " 264
14.4.4.3	Semina ..... " 264
14.4.4.4	Irrigazione ..... " 265
14.4.4.5	Controllo della flora infestante ..... " 265
14.5	Diagramma di lavorazione e requisiti della semente per essere ammessa alla certificazione .... " 265
<b>15. Cipolla (<i>Allium cepa</i> L.)</b>	" 267
15.1	Caratteristiche botaniche..... " 267
15.1.1	Morfologia ..... " 267
15.2.2	Biologia ..... " 268
15.3	Esigenze ambientali ..... " 268
15.4	Avversità..... " 269
15.4.1	Patogeni vegetali..... " 269
15.4.1.1	Peronospora ..... " 269
15.4.1.2	Alternaria ..... " 269
15.4.1.3	Botrite ..... " 269
15.4.1.4	Fusariosi..... " 269
15.4.1.5	Ruggine..... " 269
15.4.2	Parassiti animali..... " 269
15.4.2.1	Mosca della cipolla ( <i>Delia</i> (= <i>Hylemya</i> ) <i>antiqua</i> ) ..... " 269
15.4.2.2	Tignola ( <i>Acrolepiopsis</i> (= <i>Acralepia</i> ) <i>assectella</i> ) ..... " 269
15.4.2.3	Tripidi ..... " 269
15.4.2.4	Nematodi..... " 269
15.5	Tecnica colturale..... " 270
15.5.1	Avvicendamento ..... " 270
15.5.2	Isolamento ..... " 270
15.5.3	Preparazione del terreno ..... " 270
15.5.4	Coltura trapiantata..... " 270
15.5.4.1	Costituzione del vivaio..... " 270
15.5.4.2	Concimazione ..... " 270
15.5.4.3	Disinfestazione del terreno..... " 270
15.5.4.4	Semina ..... " 271
15.5.4.5	Controllo della flora infestante ..... " 271

## Indice

15.5.4.6	Trattamenti antiparassitari .....	p.	271
15.5.4.7	Epurazione .....	"	271
15.5.4.8	Irrigazione .....	"	272
15.5.4.9	Raccolta .....	"	272
15.5.5	Coltura portaseme .....	"	272
15.5.5.1	Concimazione .....	"	272
15.5.5.2	Disinfestazione del terreno .....	"	272
15.5.5.3	Piantamento .....	"	272
15.5.5.4	Controllo della flora infestante .....	"	273
15.5.5.5	Trattamenti con regolatori di crescita .....	"	273
15.5.5.6	Trattamenti antiparassitari .....	"	273
15.5.5.7	Epurazione .....	"	273
15.5.5.8	Irrigazione .....	"	273
15.5.5.7	Impollinazione .....	"	273
15.5.5.8	Raccolta .....	"	274
15.5.6	Coltura a semina diretta .....	"	274
15.6	Diagramma di lavorazione e requisiti della semente per essere ammessa alla certificazione ....	"	275
<b>16. Erba medica (Medicago sativa L.)</b>	.....	"	277
16.1	Caratteristiche botaniche .....	"	277
16.1.1	Morfologia .....	"	277
16.1.2	Biologia .....	"	278
16.2	Esigenze ambientali .....	"	279
16.3	Avversità .....	"	279
16.3.1	Patogeni vegetali .....	"	279
16.3.1.1	Marciumi delle plantule .....	"	279
16.3.1.2	Ruggine .....	"	279
16.3.1.3	Maculatura comune .....	"	280
16.3.1.4	Marciume carbonioso .....	"	280
16.3.2	Parassiti animali .....	"	280
16.4	Tecnica colturale .....	"	281
16.4.1	Avvicendamento .....	"	281
16.4.2	Isolamento .....	"	281
16.4.3	Preparazione del terreno .....	"	281
16.4.4	Concimazione .....	"	282
16.4.5	Semina .....	"	282
16.4.6	Controllo della flora infestante .....	"	283
16.4.7	Pretaglio .....	"	283
16.4.8	Epurazione .....	"	284
16.4.9	Irrigazione .....	"	284
16.4.10	Raccolta .....	"	285
16.5	Diagramma di lavorazione e requisiti delle sementi per essere ammesse alla certificazione .....	"	285
<b>17. Graminacee foraggere</b>	.....	"	287
17.1	Caratteristiche botaniche .....	"	287
17.1.1	Morfologia .....	"	287
17.1.2	Fisiologia .....	"	288
17.1.2.1	Germinazione-emergenza .....	"	288
17.1.2.2	Accestimento .....	"	289
17.1.2.3	Viraggio .....	"	290
17.1.2.4	Levata .....	"	291
17.1.2.5	Fioritura .....	"	292
17.1.2.6	Maturazione .....	"	293
17.1.2.7	Sgranamento .....	"	295

	<b>Indice</b>
17.1.2.8 Fisiologia post-raccolta.....	p. 295
17.1.2.9 Ricaccio.....	" 295
17.2 Esigenze ambientali.....	" 295
17.3 Avversità.....	" 297
17.3.1 Patogeni vegetali.....	" 297
17.3.1.1 Segale cornuta.....	" 297
17.3.1.2 Ruggini.....	" 297
17.3.1.3 Oidio.....	" 297
17.3.1.4 Elmintosporiosi e altri.....	" 297
17.3.2 Parassiti animali.....	" 298
17.4 Tecnica colturale.....	" 298
17.4.1 Avvicendamento.....	" 298
17.4.2 Isolamento.....	" 298
17.4.3 Preparazione del terreno.....	" 298
17.4.4 Concimazione di fondo.....	" 298
17.4.5 Impianto della coltura.....	" 298
17.4.6 Controllo della flora infestante.....	" 299
17.4.7 Concimazione azotata.....	" 300
17.4.8 Epurazione.....	" 300
17.4.9 Irrigazione.....	" 300
17.4.10 Trattamenti con regolatori di crescita.....	" 301
17.4.11 Pretaglio.....	" 301
17.4.12 Pascolamento.....	" 301
17.4.13 Raccolta.....	" 301
17.4.14 Essiccazione della semente.....	" 302
17.4.15 Bruciatura dei residui colturali.....	" 302
17.5 Diagramma di lavorazione e requisiti delle sementi per essere ammesse alla certificazione.....	" 304
17.6 Conservazione della semente.....	" 304
<b>Testi consultati.....</b>	<b>" 305</b>
<b>Indice analitico.....</b>	<b>" 307</b>



---

# PARTE PRIMA

## Il seme

---



# 1 Struttura del seme

Il seme è un pacchetto di geni in un imballaggio di servizio (I.P. Monod).

Il seme è un organo molto complesso, di solito quiescente a maturità, mediante il quale le piante possono: creare nuove combinazioni geniche, disperdersi nell'ambiente (colonizzazione), moltiplicarsi, sopravvivere in condizioni difficili.

Le prime piante a riprodursi per seme sono state le pteridosperme, diffuse nel Carbonifero (Era paleozoica) e oggi estinte; attualmente questo mezzo di moltiplicazione si riscontra nelle gimnosperme e nelle angiosperme.

Nel dare origine alla nuova pianta il seme si avvale dell'embrione e di sostanze di riserva necessarie per l'accrescimento dell'embrione stesso e per il primo sostentamento della piantina. Le strutture del seme, solitamente delicate, sono protette dai tegumenti seminali.

Semi prodotti su una stessa pianta possono variare per dimensioni, forma e colore (polimorfismo); queste variazioni sono, a volte, associate con differenti risposte alla germinazione. Le variazioni possono essere indotte dalle condizioni sotto le quali è cresciuta

la pianta madre (temperatura, fotoperiodo, umidità, fertilità del terreno, ecc.) e dalla posizione che il seme aveva sulla pianta madre.

## 1.1 Embrione

L'embrione è una struttura più o meno organizzata, nella quale può essere riconosciuta la forma in miniatura della futura pianta. L'embrione trae origine dallo zigote; da questo, con una prima divisione mitotica (trasversale nelle dicotiledoni), si originano due cellule: quella più vicina al micropilo formerà (con poche divisioni) il *sospensore* che unisce l'embrione alla nocella, mentre da quella superiore (apicale) prenderà origine l'embrione vero e proprio, subito dotato di polarità, con la parte radicale rivolta verso il sospensore (Fig. 1.1).

Nell'embrione di un seme si distingue un *asse embrionale* con a un estremo l'*apice vegetativo caulinare* e all'altro l'*apice vegetativo radicale*; sull'asse sono in-

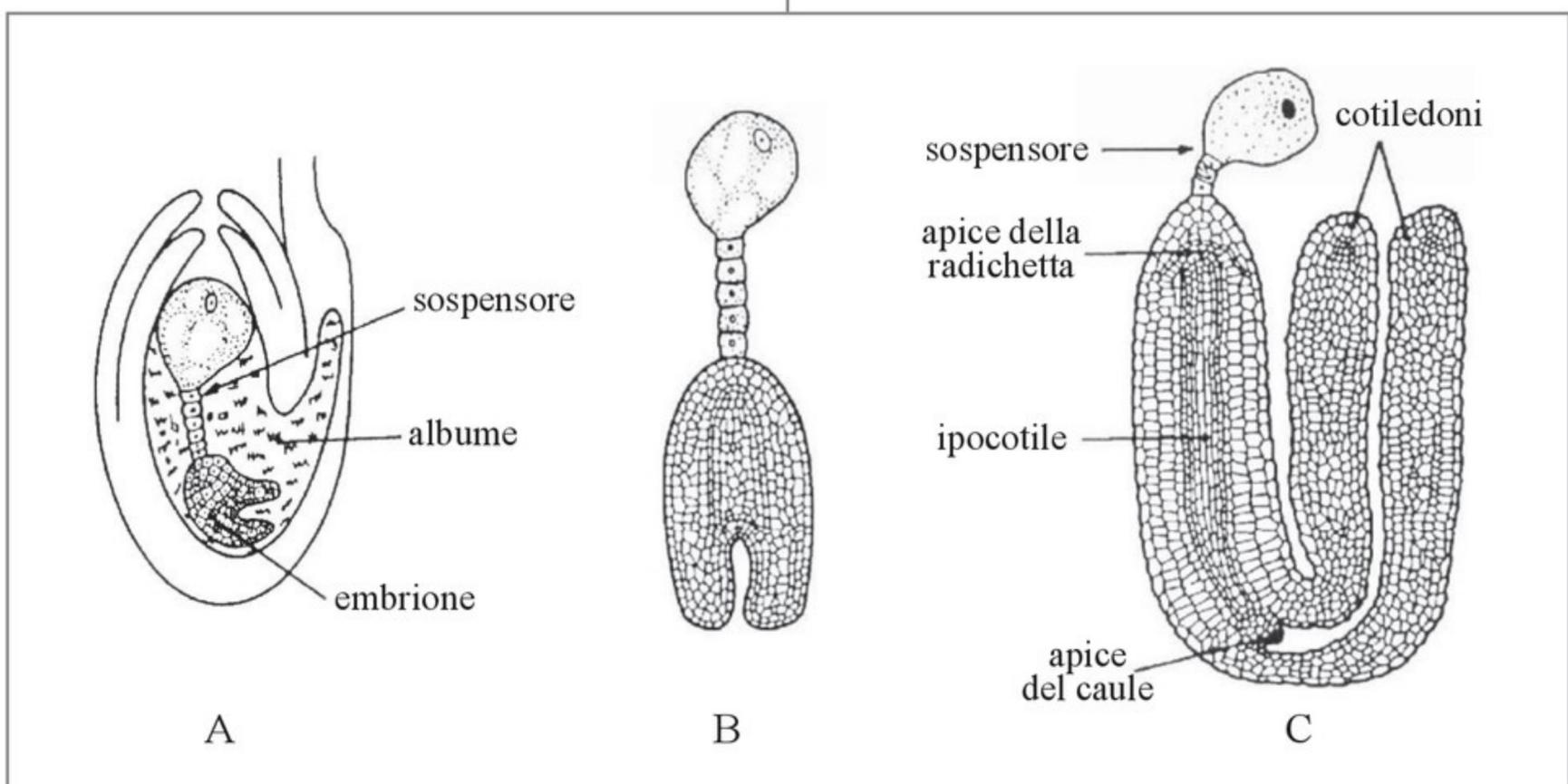


Figura 1.1 - Sviluppo dell'embrione in *Capsella bursa-pastoris*: A, giovane plantula all'interno dell'ovulo; B e C, plantula isolata (da: Soueiges, modificato e ridis.).

## 1. Struttura del seme

seriti uno, due, o più, *primordi cotiledonari*, a seconda che si tratti di monocotiledoni, dicotiledoni, o conifere. In un secondo momento questi primordi si distendono formando veri *cotiledoni* che possono assumere aspetto fogliaceo (ricino), o divenire voluminosi acquisendo spessore per l'accumulo di sostanze di riserva (fagiolo), od organizzarsi in strutture particolari come lo *scutello* delle graminacee.

L'asse embrionale può essere disposto in modo differente: nelle dicotiledoni si trova tra i due cotiledoni, mentre in alcune monocotiledoni, come le graminacee, aderisce lateralmente allo scutello (Fig. 1.2).

A volte il meristema apicale può iniziare la produzione di bozze fogliari, ancor prima del completo sviluppo dell'embrione, andando a costituire la *plumula* o *piumetta* della plantula. Nelle graminacee la *plumula* è racchiusa in una speciale struttura denominata *coleoptile*; anche la radichetta di queste piante è protetta da una guaina, detta *coleorizza* (Fig. 1.2).

L'embrione può rappresentare una piccola frazione del seme (5-8% del peso dell'intera cariosside nelle graminacee), oppure costituirne la parte preponderante, come nelle specie che accumulano riserve nei cotiledoni (leguminose, crocifere, ecc.).

In alcune piante, come *Poa alpina*, *Pinus* spp., *Citrus* spp., ecc., si può avere *poliembrionia*, cioè presenza di più embrioni nello stesso seme. Questo può verificarsi per diversi motivi: smembramento della cellula uovo fecondata che forma così più zigoti, geneticamente identici; esistenza di più sacchi embrionali

in ogni nocella; apomissia; ecc. Di questi embrioni, di norma, solo uno si sviluppa normalmente, mentre gli altri regrediscono e scompaiono.

Oggi, con la tecnica delle colture *in vitro* è possibile avere "embrioni" anche da cellule somatiche di tessuti extraovulari (*embriogenesi somatica indotta*); però, per evidenziare che non si tratta di veri embrioni, in quanto non derivano da uno zigote, si preferisce indicarli con il termine *embrioidi*. È sfruttando queste possibilità che si sta tentando di realizzare su scala industriale la produzione del cosiddetto "seme sintetico" (vedi § 6.5).

Non tutti i semi maturi hanno un embrione già differenziato; ad esempio, nel seme di alcune liliacee esiste solo un ammasso meristemato che prima della germinazione si organizza in embrione.

## 1.2 Sostanze di riserva

Le sostanze di riserva del seme servono a sostenere l'accrescimento dell'embrione e della plantula che da esso evolverà, fino alla distensione delle prime foglie vere e alla emissione delle prime radichette: cioè fino a quando la piantina passa dalla fase eterotrofa, seppure breve, alla fase autotrofa che è quella definitiva. Le riserve sono costituite prevalentemente da carboidrati, lipidi e proteine. I rapporti tra queste sostanze variano grandemente con la specie (Tab. 1.1) e in minor misura con l'ambiente; di solito i semi con molte

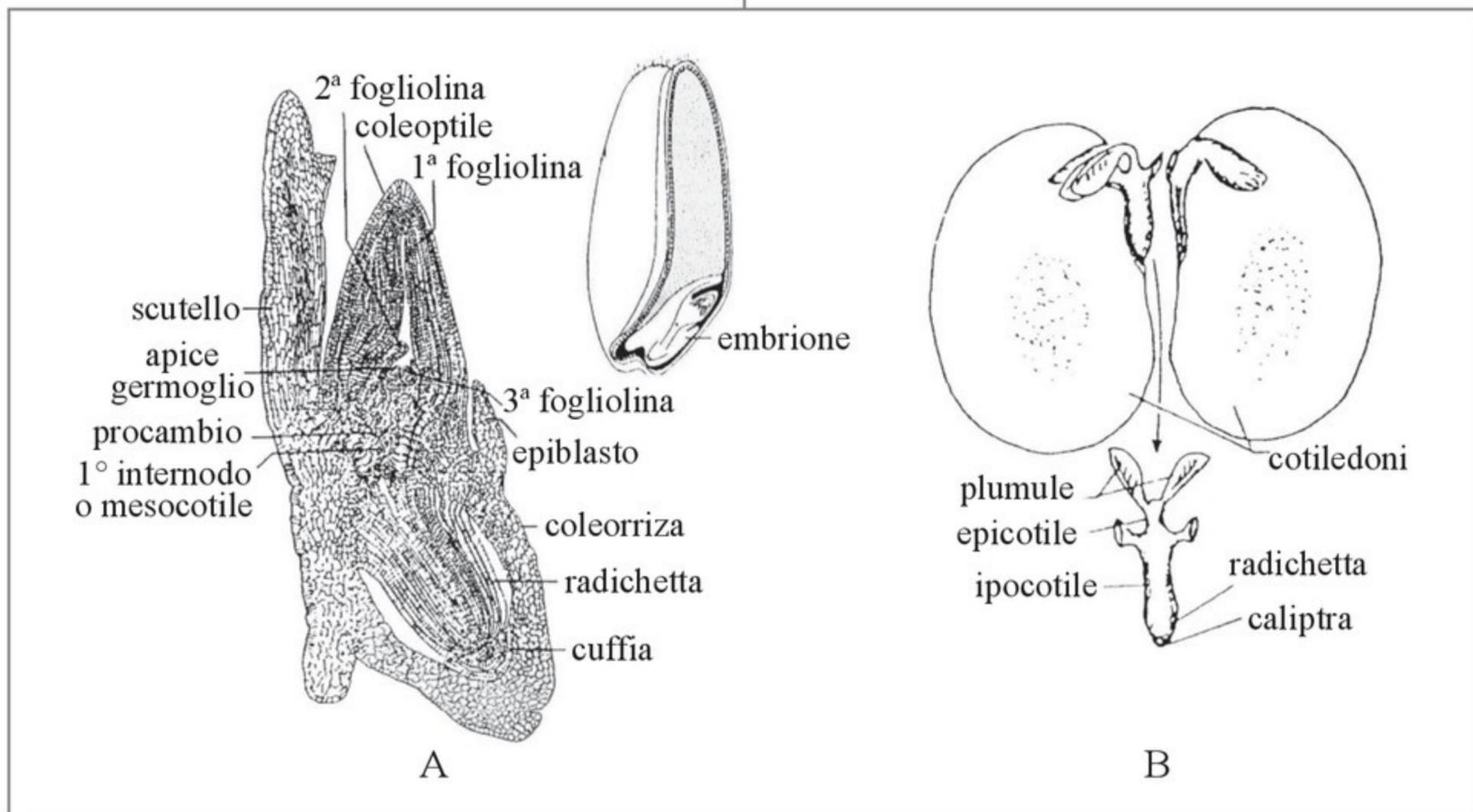


Figura 1.2 - Embrioni di monocotiledone (A) e dicotiledone (B) (da vari Autori).

**Tabella 1.1** - Composizione (%) delle sostanze di riserva di alcuni semi e loro siti di deposito (da: Crocker e Barton, 1957; Winton e Winton, 1932)

Semi	Composizione media (%)			Sito di deposito
	Proteine	Lipidi	Carboidrati	
<b>Cereali:</b>				
orzo	12	3	76	endosperma
mais	10	5	80	endosperma
avena	13	8	66	endosperma
segale	12	2	76	endosperma
frumento tenero	12	2	75	endosperma
<b>Legumi:</b>				
fagiolo	23	1	56	cotiledoni
pisello	25	6	52	cotiledoni
arachide	31	48	12	cotiledoni
soia	40	20	26	cotiledoni
<b>Altri:</b>				
ricino	18	64	tracce	endosperma
palma da olio	9	49	28	endosperma
pino	35	48	6	macrogametofito
colza	21	48	19	cotiledoni
girasole	25	50	2	cotiledoni

sostanze grasse hanno poco amido e viceversa (amido e grassi svolgono la stessa funzione di fornitori di energia e di carbonio). Le proteine sono presenti in tutti i semi, anche se in percentuali variabili, perché solo da esse l'embrione può trarre gli amminoacidi. Oltre a questi composti i semi contengono altre sostanze che, seppure presenti in quantità esigue, svolgono funzioni molto importanti (fitina, sali minerali, ormoni, ecc.). La quantità di sostanze di riserva dipende dalla grandezza del seme.

Nelle gimnosperme e nelle angiosperme monocotiledoni la parte preponderante delle riserve è costituita dall'*endosperma*; nelle prime, mancando la doppia fecondazione, questo è aploide (*endosperma primario* o *macrogametofito*), mentre nelle seconde è, di norma, triploide<sup>(1)</sup> (*endosperma secondario* o *albume*). Nelle angiosperme l'albume deriva dallo sviluppo dello *zigote accessorio* (nucleo secondario del sacco embrionale fecondato) e il suo accrescimento può precedere o seguire quello dell'embrione. Nella maggior parte dei casi la crescita dell'albume e dell'embrione è accom-

pagnata dalla distruzione progressiva e, generalmente, completa (es.: graminacee) della nocella dell'ovulo; tuttavia, in alcune specie (barbabietola, spinacio, pepe, ecc.) questa non è totalmente distrutta, ma una porzione (a volte notevole) persiste nel seme maturo con funzione di riserva (*perisperma*)<sup>(2)</sup>.

Nei primi stadi di accrescimento del seme, l'albume può organizzarsi in tre modi diversi: *nucleare*, quando avvengono divisioni di nuclei senza la contemporanea formazione di pareti; *cellulare*, quando si formano cellule; *misto* o *elobiale*, quando coesistono cellule e nuclei liberi. Nel cocco buona parte dell'albume rimane liquido, anche dopo la completa maturazione del seme (latte di cocco).

Le riserve possono essere contenute nell'embrione stesso, di solito nei cotiledoni<sup>(3)</sup>, o in tessuti extra-embriionali (*endosperma* dei cereali) o, a volte, nel *perisperma* (Fig. 1.3).

In alcuni semi le riserve sono accumulate sia nell'em-

<sup>(1)</sup> Inizialmente, poi in seguito a divisioni irregolari può ridursi a 2n o solo n.

<sup>(2)</sup> Di origine materna e diploide.

<sup>(3)</sup> In alcune specie di *Hydrocharitaceae* (monocotiledoni) le riserve sono immagazzinate nell'ipocotile fortemente ingrossato.

## 1. Struttura del seme

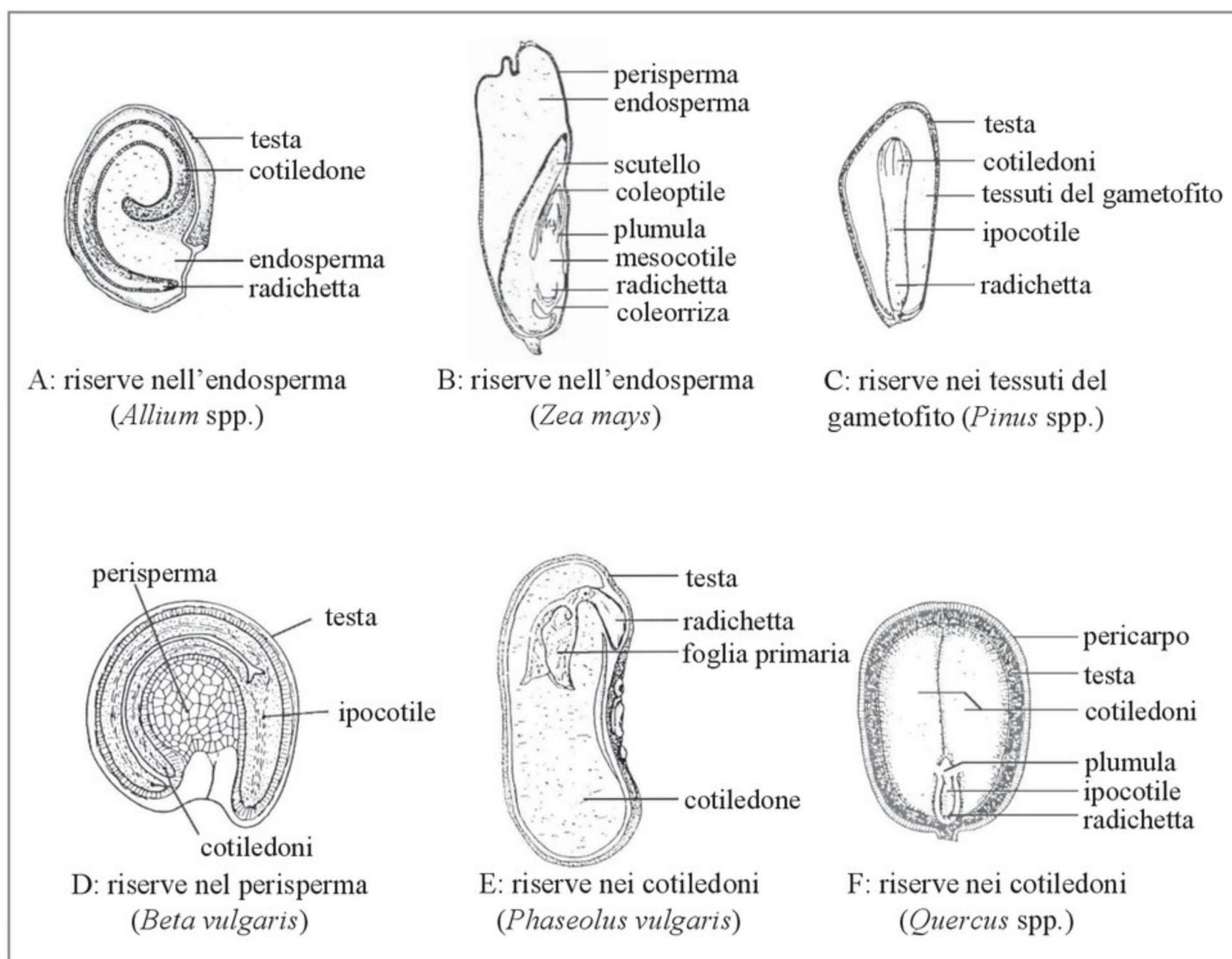


Figura 1.3 - Diversa localizzazione delle riserve nei semi (da: ISTA, *Handbook for Seedling Evaluation*, 1979; mod.).

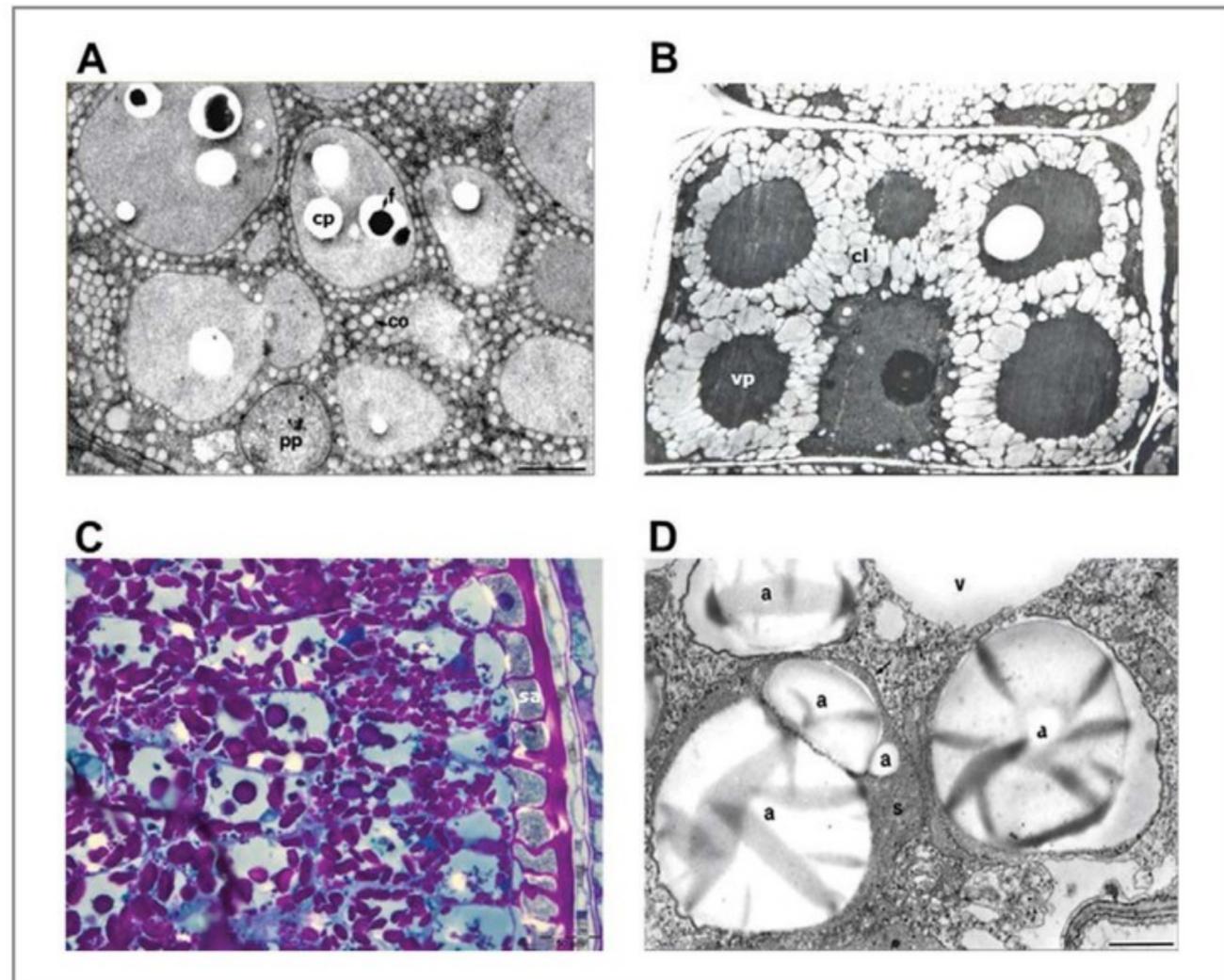
brione che in tessuti extraembrionali: è il caso del seme di fieno greco dove i carboidrati sono nell'endosperma, mentre le proteine e i grassi si trovano nei cotiledoni. I diversi tipi di riserve sono di solito distribuiti entro lo stesso tessuto di accumulo: nell'endosperma del mais, ad esempio, troviamo carboidrati e proteine, con la maggior concentrazione di proteine nelle parti esterne (endosperma corneo) e di amido in quelle più interne (endosperma farinoso), mentre nell'embrione si rilevano discreti contenuti di grassi; nei cotiledoni delle leguminose troviamo proteine, carboidrati e lipidi (Fig. 1.4).

La natura chimica delle riserve dei semi è determinata geneticamente, mentre la quantità e la qualità possono essere modificate, entro certi limiti, dalle condizioni ambientali (nutrizione, clima, ecc.). Oggi con il miglioramento genetico è possibile cambiare, quasi a piacimento, sia la natura chimica che il contenuto delle sostanze di riserva. Ad esempio, nel colza è stato possibile modificare profondamente la composizione acidica dell'olio eliminando del tutto l'acido erucico (da taluni ritenuto nocivo per l'uomo), so-

stituendolo con gli acidi oleico e linoleico. In alcuni cereali (orzo, sorgo e mais) è stato possibile aumentare il contenuto di aminoacidi essenziali come lisina e triptofano; nel mais, partendo da tipi con il 5% di olio e l'11% di proteina, sono stati ottenuti tipi con contenuti variabili dall'1 al 15% di olio e dal 5 al 20% di proteine.

### 1.2.1 Proteine

Le proteine costituiscono le principali riserve di azoto utilizzabili dall'embrione. Nei semi, oltre alle proteine di riserva, sono presenti proteine metabolicamente attive (enzimi, proteine di membrana, ecc.), ma le più abbondanti sono quelle di riserva; nel frumento, come nel mais, ad esempio, la frazione attiva (albumine e globuline) rappresenta circa il 15% del totale. A seconda della loro solubilità le proteine possono essere distinte in: *albumine*, solubili in acqua o in blande soluzioni saline; *globuline*, poco solubili in acqua ma solubili in soluzioni saline; *prolammine*, insolubili in acqua ma solubili in etanolo al 70-80%; *gluteline*,



**Figura 1.4** - A) Cellula di endosperma di lino: *cp*, corpo proteico; *f*, fitina; *co*, corpo oleico, *pp*, proplastidi. B) Cellula di cotiledone di colza: *vp*, vacuolo proteico, *cl*, corpi oleici. C) Sezione di endosperma di *Triticum*: *sa*, strato aleuronico; in colorazione viola i granuli di amido. D) amiloplasto di cereale: *a*, amido; *v*, vacuolo; *s*, stroma plastidiale.

solubili solo in acidi e alcoli. Oggi la tecnica dell'elettroforesi consente di conoscere con relativa facilità la composizione delle proteine.

Le proteine dei semi sono sintetizzate nel reticolo endoplasmatico e, di norma, sono depositate entro particolari organuli cellulari, detti *corpi proteici*, contenuti nei vacuoli. I corpi proteici hanno un diametro variabile tra 0,1 e 25  $\mu\text{m}$  e sono circondati da una membrana che, a volte, come nel caso di alcuni cereali, è incompleta o mancante del tutto, con conseguente dispersione delle proteine. I corpi proteici possono essere costituiti semplicemente da una matrice proteica circondata da una membrana, oppure presentare inclusioni come cristalloidi insolubili in acqua, globoidi a struttura non cristallina, o cristalli di ossalato di calcio. I globoidi sono le inclusioni più comuni dei corpi proteici e nel seme possono essere distribuiti in modo diverso: ad esempio, abbondano nelle cellule dello strato aleuronico dei cereali, mentre sono assenti nei corpi proteici dell'endosperma amilaceo<sup>(4)</sup>. I globoidi, inoltre, sono il luogo di deposito della fitina. Ogni corpo proteico contiene, di solito, una sola proteina (albumina, legumina, ecc.); in alcuni casi possono essere presenti anche diversi tipi di enzimi per la mobilizzazione delle riserve.

<sup>(4)</sup> Oggi c'è la tendenza a usare il termine "corpi proteici" per le proteine di riserva localizzate nei cotiledoni e nell'endosperma, mentre è preferito "granuli di aleurone" per le proteine presenti nello strato aleuronico.

Nei cereali le proteine di riserva sono costituite prevalentemente da gliadine e gluteline depositate nell'endosperma e in minor quantità nello scutello; nelle leguminose e in altre dicotiledoni, invece, prevalgono le globuline accumulate nei cotiledoni e/o nell'endosperma (Tab. 1.1).

### 1.2.2 Lipidi

Il carbonio ridotto durante la fotosintesi è, di norma, accumulato come carboidrati (solubili o insolubili) nelle foglie, nei fusti o in organi sotterranei. Nel seme, il cui embrione per germinare ed emergere necessita di elevate quantità di energia, questa è immagazzinata spesso come lipidi (il 90% delle specie in natura hanno i lipidi come principali riserve energetiche). L'accumulo di energia come lipidi, piuttosto che come carboidrati, è un mezzo per massimizzare le riserve energetiche in un piccolo volume di tessuto. Infatti, nei lipidi il carbonio è più ridotto che nei carboidrati, di conseguenza la quantità di energia rilasciata durante la loro ossidazione è maggiore: 38 kJ per grammo contro 17 kJ. Nei semi di alcune specie (arachide, ricino, girasole, colza, ecc.) i lipidi costituiscono la frazione preponderante delle riserve.

Nei semi i lipidi sono presenti generalmente come trigliceridi, ossia esteri del glicerolo con acidi grassi saturi (palmitico, stearico) e, soprattutto, insaturi (oleico, linoleico, linolenico); di solito nella com-

## 1. Struttura del seme

posizione acidica i primi due acidi insaturi rappresentano oltre il 50%. I lipidi possono essere presenti come oli o come grassi a seconda che, nella loro composizione, prevalgono gli acidi grassi insaturi o quelli saturi. In alcune specie sono stati individuati trigliceridi particolari costituiti da acidi poliolefinici e actilenici.

Altri materiali lipidici sono presenti nei semi sotto forma di esteri di alcoli a lunga catena, come *steroli*, *fosfolipidi*, *glicolipidi*, *tocoferoli*, *squalene* e *cere*.

Le sostanze grasse sono sintetizzate nell'endosperma e nei cotiledoni e, poi, localizzate in corpuscoli subcellulari privi di membrana, denominati *oleosomi*, di diametro compreso fra 0,2 e 6  $\mu\text{m}$ . Non è ancora chiaro da dove essi traggono origine, se dal reticolo endoplasmatico o dai plastidi. I principali siti di accumulo dei lipidi sono lo scutello nei cereali e i cotiledoni nelle dicotiledoni.

Il contenuto di lipidi nei semi e la loro composizione acidica è sotto controllo genetico, pertanto varia con la specie e al suo interno con la cultivar; differenze non rilevanti possono essere indotte dall'ambiente (clima, terreno, tecnica colturale).

### 1.2.3 Carboidrati

I carboidrati costituiscono, spesso, la componente predominante (sotto l'aspetto ponderale) dei materiali di riserva dei semi.

I carboidrati di riserva sono rappresentati, in prevalenza, da *amido* e *cellulosa*, largamente presenti nei cereali e nelle leguminose; altri composti, seppure contenuti in percentuali minori, sono: *emicellulose* (endosperma dei semi cornei e cotiledoni del lupino), *galattomannani* (alcune leguminose), *galattoglicomannani* (liliacee e iridacee), *zuccheri solubili* (pisello, arachide, lino, canapa, ecc.).

L'amido è il più diffuso tra i carboidrati di riserva e in molte specie ne rappresenta la parte predominante. Tuttavia, l'importanza dell'amido nell'accrescimento dell'embrione non è sempre primaria e mai esclusiva in termini di mobilizzazione di carboidrati durante la germinazione. In diverse specie l'amido è meno importante, come materiale di riserva, dei carboidrati solubili o dei polisaccaridi delle pareti cellulari e la sua demolizione è, in genere, strettamente associata con l'utilizzazione dei carboidrati solubili e spesso con la degradazione delle pareti cellulari.

Nei semi amilacei le riserve sono costituite, in prevalenza, da granuli di amido secondario localizzati negli *amiloplasti* delle cellule dell'albume e dei cotiledoni; tali granuli hanno forma, dimensioni e composizione chimica variabili con la specie. L'amido è costituito da *amilopectina* e *amilosio*, entrambi polimeri di glucosio. Il rapporto fra le due componenti

è, nella generalità dei casi, 70-80% di amilopectina e 20-30% di amilosio. Questo rapporto può variare con il tipo di amido: nei mais cerei (*waxy corn*) manca l'amilosio; in quelli amilosici (*soft corn*) l'amilosio è contenuto in percentuali (50-70%) superiori al normale.

In alcuni semi molto duri (cornei) come quelli di asparago, cachi, palma da dattero, ecc., le riserve sono costituite da cellulosa ed emicellulosa depositate sulle pareti delle cellule dell'albume e dei cotiledoni, fino a obliterare quasi completamente la cavità cellulare.

Altri carboidrati, a volte senza funzione di riserva, sono contenuti nei tegumenti seminali; tra questi si ricordano i *poliuronidi*, preposti all'assorbimento dell'acqua durante la germinazione, e i *galatturonidi* (mucillagini).

### 1.2.4 Elementi minerali e fitina

Le piante assorbono dal terreno molti elementi minerali (fino a 60), ma solo una parte, circa 15, è traslocata nei semi (i principali elementi minerali presenti nei semi sono riportati nella tabella 1.2). Questa capacità di selezionare alcuni elementi, da quanto è contenuto nella linfa xilematica o, a volte, floematica, per essere poi accumulati nel seme è sotto controllo genetico: sembra trattarsi di un carattere quantitativo regolato da molti geni.

Variazioni nelle disponibilità di elementi nutritivi nel substrato di crescita possono influire notevolmente sul numero di semi prodotti e sul loro peso medio, poca influenza hanno, invece, sulla loro composizione chimica.

La *fitina*, chimicamente *mio*-inositol-esafosfato di calcio e magnesio, contiene la maggior parte del fosforo presente nei semi. La fitina è una importante riserva, oltre che di fosforo, anche di calcio, magnesio, potassio e, sembra in alcuni casi, anche di ferro, manganese e rame. La fitina è localizzata esclusivamente entro i globoidi dei granuli di aleurone. Sembra si origini negli stessi tessuti in cui è accumulata; ad esempio, nella cariosside di riso l'acido fitico è sintetizzato solo nello strato aleuronico e nello scutello.

### 1.2.5 Altri composti

Oltre ai composti più importanti, già passati in rassegna, esistono altri costituenti all'interno dei semi, alcuni dei quali, a rigor di termini, non dovrebbero essere considerate vere e proprie sostanze di riserva, giacché il seme non li utilizza durante la germinazione. È il caso di alcuni *alcaloidi* come la teobromina del cacao, la caffeina del caffè, la stricnina e la bruci-

Tabella 1.2 - Composizione minerale di alcuni semi (da vari Autori)

Specie	K	P	Ca	S	Mg	Na	Fe	Cu	Mn	B
Avena	0,42	0,39	0,11	0,23	0,19	0,07	0,008	6,6	43,0	-
Frumento	0,58	0,41	0,06	0,19	0,18	0,10	0,006	8,2	55,0	1,1
Mais	0,35	0,32	0,03	0,12	0,17	0,01	0,003	2,9	5,9	1,9
Orzo	0,63	0,47	0,09	0,19	0,14	0,02	0,006	8,9	18,0	13,0
Riso	0,17	0,26	0,05	0,05	0,07	0,05	0,004	3,7	20,0	9,4
Cotone	1,20	0,73	0,15	0,76	0,44	0,02	0,059	54,0	31,0	13,0
Fagiolo	1,89	0,63	0,17	0,23	0,20	0,09	0,012	-	20,0	17,0
Girasole	0,96	1,01	0,21	0,02	0,40	-	0,003	-	23,0	-
Lino	1,24	0,47	0,40	0,06	0,58	0,11	0,020	26,4	39,4	17,0
Soia	2,40	0,66	0,28	0,45	0,34	0,38	0,016	23,0	41,0	41,0

na di *Strychnos nux-vomica*, la morfina di certi tipi di papavero, ecc., usati come stimolanti o droghe. Sembra che il ruolo naturale di queste sostanze sia quello di proteggere i semi verso gli attacchi dei predatori. Possono essere presenti, ancora: *amminoacidi non proteici*, probabilmente utilizzati come fonte di azoto dopo la germinazione; *glucosidi*, come l'amigdalina dei semi di mandorlo e pesco; *vitamine*, dal ruolo non ancora ben accertato (sembra che la tiamina influisca, almeno in alcune specie, sull'accrescimento dell'embrione regolando la rapidità della divisione cellulare; la biotina e l'acido ascorbico, invece, sarebbero coinvolti nella respirazione dei semi, in particolare l'acido ascorbico regolerebbe il potenziale ossidriduttivo durante la germinazione); *saponine*; *pigmenti*, come clorofilla, caroteni, antociani, flavonidi; ecc. A volte possono essere presenti altri composti con funzione di *inibitori della germinazione* (cumarina, acido clorogenico, acido abscissico, ecc.) o di *stimolatori della germinazione* (gibberelline, citochinine, auxine, ecc.).

### 1.3 Tegumenti del seme

I tegumenti contribuiscono in modo determinante alla funzione del seme, proteggendolo dai microrganismi (ne impediscono l'ingresso) e da altri agenti di diversa natura che potrebbero ledere le sue delicate strutture interne. Inoltre, sul tegumento esterno talvolta sono presenti particolari appendici come spine, uncini, peli, ecc., che facilitano la disseminazione da parte di diversi agenti (anche se queste formazio-

ni sono più frequenti sui tegumenti dei frutti che su quelli dei semi). In alcuni casi, lesioni dei tegumenti, seppure minime (ad esempio, microlesioni procurate durante la raccolta e/o la lavorazione), possono compromettere la vitalità del seme, anche senza aver interessato l'embrione o i tessuti di riserva.

Avvenuta la fecondazione, di pari passo con l'evolversi delle parti interne dell'ovulo per formare l'embrione e le sostanze di riserva, anche i tegumenti (primina e secondina) subiscono modificazioni per dare origine, nel loro insieme, all'*episperma* o *spermoderma* (tegumenti seminali). Lo strato esterno dell'*episperma* prende il nome di *testa*, mentre quello interno è detto *tegmen*; la consistenza dell'*episperma* può essere diversa: cartacea (fagiolo, pisello), crostosa (ricino), legnoso-carnosa (melograno), ecc.

Il testa riveste una particolare importanza perché, spesso, costituisce la sola protezione per il seme; esso è formato da due cuticole, una esterna e l'altra interna (spesso impregnate di cere), con interposti uno o più strati di cellule protettive a pareti ispessite. Il testa presenta una certa variabilità legata alla specie, pertanto, in alcuni casi può essere utilizzato come carattere tassonomico.

I tegumenti possono costituire barriere verso l'acqua, mediante strati lipidici, e verso l'ossigeno, per la presenza al loro interno di composti fenolici; è evidente che in questi casi gli scambi tra il seme e l'esterno sono ridotti al minimo, tanto che il suo metabolismo ne risulta alquanto rallentato.

Sui tegumenti possono essere presenti alcune particolari formazioni delle quali si riportano, di seguito, le più importanti.

## 1. Struttura del seme

### 1.3.1 Ilo

L'ilo è una formazione sempre presente; ha l'aspetto di una cicatrice, prominente o depressa, che segna il punto di distacco del seme maturo dal funicolo. Nelle leguminose l'ilo funziona come una valvola che permette la disidratazione del seme, impedendone la reidratazione: in atmosfera secca l'ilo si apre consentendo all'acqua di diffondere verso l'esterno; se l'ambiente diventa umido, invece, si chiude. È stato rilevato che nei semi di lupino arboreo l'apertura, o la chiusura, può avvenire entro 60 secondi dal cambiamento dell'umidità relativa.

### 1.3.2 Micropilo

Il micropilo si presenta come un poro chiuso posto a un estremo dell'ilo; non è sempre evidente perché in alcuni semi è completamente oblitterato.

### 1.3.3 Arillo

L'arillo è un'espansione carnosa che prende origine dalla base del seme e si estende verso l'alto avvolgendolo più o meno; può contenere particolari sostanze chimiche (es.: tasso, passiflora).

### 1.3.4 Strofiolo

Si tratta di una protuberanza più o meno carnosa che prende origine dal funicolo (es.: chelidonia).

### 1.3.5 Caruncola

La caruncola è un'escrescenza carnosa o coriacea che si origina nella zona del micropilo (es.: ricino).

### 1.3.6 Rafe

Il rafe si trova nei semi che derivano da ovuli anatropi e si evidenzia come una cresta più o meno lunga, situata all'estremità dell'ilo opposta a quella dove è il micropilo. Deriva dal funicolo che, saldato prima sul fianco dell'ovulo, rimane aderente al tegumento seminale; gli ovuli anatropi sono i più diffusi sia tra le monocotiledoni che tra le dicotiledoni.

L'embrione può essere protetto non solo dai tegumenti seminali veri e propri, ma anche da endosperma e

perisperma (quando presente), sebbene questi ultimi non sempre includono completamente l'embrione. Nel caso di semi non rilasciati dal frutto (cariosside, achenio, ecc.) si debbono aggiungere altre formazioni tipiche del frutto (es.: pericarpo).

## 1.4 L'acqua nel seme

L'acqua è una importante componente del seme: è necessaria per quasi tutti i processi biologici che in esso avvengono e con il suo contenuto influisce in modo determinante sulla conservazione dei semi stessi.

Nelle ultime fasi della maturazione il seme perde acqua fino a contenuti molto bassi, spesso inferiori al 10%; la disidratazione interessa tutte le sue parti, ma in particolare i tegumenti che acquistano, così, maggiore consistenza. La perdita di acqua porta l'embrione in uno stato di quiescenza che gli consente di superare condizioni avverse, quali: basse temperature (fino a quella dell'azoto liquido:  $-196^{\circ}\text{C}$ ), siccità, calore intenso, contatto con sostanze tossiche, ecc.

Il seme trattiene acqua per la presenza al suo interno di materiali igroscopici, soprattutto proteine e alcuni carboidrati (poliuronidi); la quantità trattenuata è proporzionale all'acqua presente nell'ambiente. Più esattamente: il seme assorbe acqua dall'ambiente, o la cede, fino a quando la pressione di vapore al suo interno eguaglia quella esterna; questi movimenti sono lenti e fortemente condizionati dalla natura dei tegumenti seminali e dalla temperatura. Quando il flusso di acqua si arresta è stata raggiunta l'*umidità di equilibrio* di quel seme per determinati valori di temperatura e umidità relativa dell'ambiente; ferma restando la temperatura, l'umidità di equilibrio cresce con l'umidità relativa (Tab. 1.3).

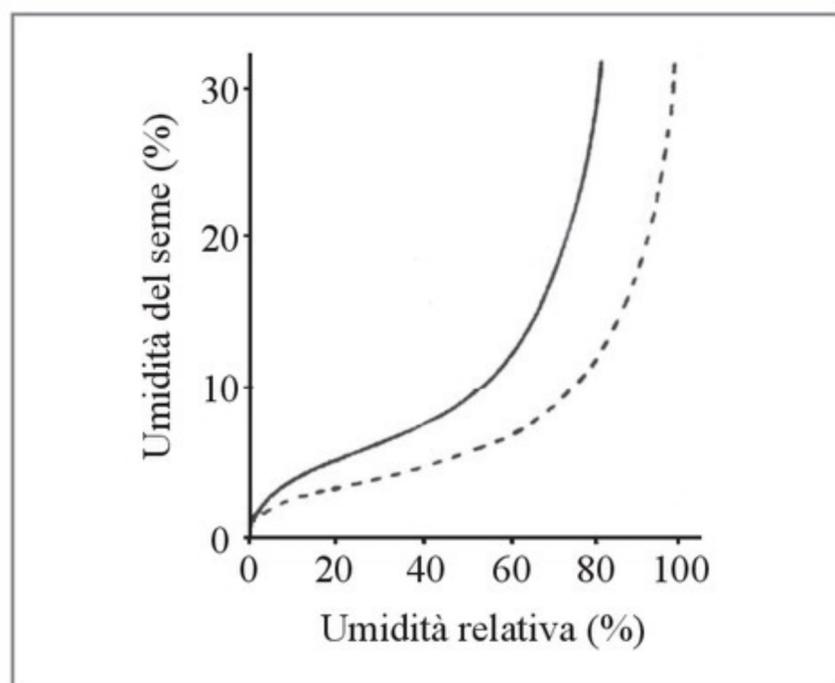
A parità di condizioni i semi oleaginosi presentano valori più bassi di umidità di equilibrio: ciò per la bassa affinità dei lipidi verso l'acqua (Fig. 1.5).

I semi della maggior parte delle specie originarie delle zone temperate e delle zone fredde maturano con un basso contenuto di acqua e in questo stato di disidratazione affrontano avversità quali i freddi invernali o la siccità estiva; tali semi sono stati definiti da Roberts (1973) come *ortodossi*. Sono stati definiti, invece, semi *non ortodossi* o *recalcitranti* (alla disidratazione) i semi che per rimanere vitali debbono conservare un contenuto di acqua relativamente alto. Ad esempio, i semi maturi di *Acer saccharinum* hanno un contenuto di acqua del 55-58%, se l'acqua si abbassa sotto il 30% la vitalità può risultare compromessa; nel caso della ghianda di quercia l'umidità non deve scendere sotto il 25%. Inoltre, i semi non ortodossi sono sensibili a temperature rela-

**Anatropo:** capovolto. Ovulo curvato alla base cosicché il suo asse longitudinale risulta parallelo a quello del funicolo.

**Tabella 1.3** - Variazioni dell'umidità di equilibrio in semi di alcune specie in funzione dell'umidità relativa dell'aria, a 25°C di temperatura (da: Sijbring, 1963; mod.)

Specie	Umidità relativa dell'aria (%)						
	30	40	50	60	70	80	90
Frumento	9,1	10,7	12,0	13,7	15,6	17,6	23,0
Orzo	8,3	9,8	11,5	13,2	15,1	17,3	23,1
Rapa	6,4	7,8	9,4	11,2	13,1	16,1	22,1
Lino	5,1	6,3	7,3	8,5	10,0	12,5	18,2
Barbabietola	6,4	7,8	9,4	11,2	13,1	16,1	22,1
Fagiolo	7,0	9,1	11,1	13,1	15,8	20,4	28,0
Cipolla	6,9	8,3	9,6	10,8	12,6	16,2	23,5
Festuca rossa	7,1	8,9	10,3	11,6	13,9	17,4	23,3



**Figura 1.5** - Andamento dell'umidità di equilibrio a 23°C in semi di soia (—) e acheni di girasole (- - -) (da: Multon, 1981; mod.).

tivamente basse; ad esempio, il seme di cacao perde la sua vitalità sotto i 15°C.

Tra le piante che producono semi recalcitranti si annoverano alcune specie delle zone temperate e diverse specie arboree e arbustive originarie delle zone tropicali e subtropicali (Tab. 1.4): le condizioni ambientali di queste ultime regioni, quasi costantemente favorevoli alla vegetazione, non hanno fatto

**Tabella 1.4** - Alcune specie di piante con semi recalcitranti (da: Baskin e Baskin, 1998; mod.)

Specie di zone temperate	
<i>Acer saccharinum</i>	acero zuccherino
<i>Aesculus hyppocastanum</i>	ippocastano
<i>Castanea</i> spp.	castagno
<i>Corylus</i> spp.	nocciolo
<i>Fagus</i> spp.	faggio
<i>Juglans</i> spp.	noce
<i>Quercus</i> spp.	quercia
<i>Populus</i> spp.	pioppo
<i>Salix</i> spp.	salice
Specie di zone tropicali	
<i>Araucaria hunsteinii</i>	araucaria
<i>Avicennia marina</i>	"mangrovia"
<i>Camellia theifera</i>	thè
<i>Coffea canephora</i>	caffè del konilou
<i>Hevea brasiliensis</i>	albero del caucciù
<i>Hopea odorata</i>	legno di Sao
<i>Mangifera indica</i>	mango
<i>Shorea roxburghii</i>	-
<i>Theobroma cacao</i>	cacao

evolvere in queste piante meccanismi di difesa verso le basse temperature.

I semi non ortodossi, anche quando conservati sotto adeguate condizioni, rimangono vitali per brevi periodi che solo in pochissimi casi superano alcuni mesi; per questa difficoltà nel conservare il seme, diverse specie con semi recalcitranti sono propagate per via vegetativa. Si sta studiando la possibilità di prolungare il periodo vitale di questi semi mediante mezzi artificiali. Ad esempio, in semi di *Avicennia marina* che, a condizioni ambiente, perdono la vitalità in due settimane, rimuovendo il pericarpo e sostituendolo con gel alginato, o gel più acido abscissico, la vitalità è stata portata a 30 e 70 d, rispettivamente; sembra che i trattamenti ritardino la germinazione.