



APAT

**Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici**

Quaderno Botanico Agronomico

LA PATATA

Con riferimento alle cultivar geneticamente modificate

Informazioni legali

L'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici o le persone che agiscono per conto dell'Agenzia stessa non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto.

APAT - Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici
Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 Roma
www.apat.it

© APAT, Miscellanea 2006

ISBN 88-448-0205-8

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

Grafica di copertina: Franco Iozzoli, Apat

Foto di copertina: Alessandro Savi, Apat

Coordinamento tipografico e distribuzione

Olimpia Girolamo - Simonetta Turco
APAT - Servizio Stampa ed Editoria
Ufficio Pubblicazioni

Impaginazione e stampa

I.G.E.R. srl - Viale C. T. Odiscalchi, 67/A - 00147 Roma

Stampato su carta TCF

Finito di stampare ottobre 2006

AUTORI

Dott. Alessandro Savi - Dipartimento Difesa della Natura

Dott.ssa Valeria Giovannelli - Dipartimento Difesa della Natura

Dott.ssa Valentina Rastelli - Dipartimento Difesa della Natura

Dott. Giovanni Staiano - Dipartimento Difesa della Natura

“Si ringrazia il dott. Paolo Ranalli e la d.ssa Anna Moschella dell’Istituto Sperimentale per le colture industriali del CRA per la revisione del testo”

PRESENTAZIONE

Le piante geneticamente modificate, coltivate ormai su larga scala in molte zone del pianeta, in Europa sono oggetto di approfondite valutazioni circa i potenziali impatti sugli ambienti agricoli e sulla biodiversità. In effetti, il *corpus giuridicus* della UE non ha eguali nel mondo. Ciò allo scopo di assicurare la salvaguardia degli ecosistemi europei così diversificati tra loro. In ottemperanza all'articolo 32 del D.lgs n. 224/2003 (che recepisce la Direttiva 2001/18/CE) l'autorità nazionale competente in materia (il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio) deve emanare un decreto con il quale sono, altresì, stabiliti i criteri e le modalità relative all'attività di vigilanza.

Ed è in quest'ottica che APAT si pone fornendo il primo di una serie di strumenti tecnico-scientifici, pratici e maneggevoli, che fungano da supporto agli operatori impegnati nei controlli ispettivi in pieno campo sia nel caso di piante rilasciate per scopi sperimentali e sia commerciali, permettendo il riconoscimento delle caratteristiche colturali e fitopatologiche della specie in oggetto. Naturale completamento del lavoro avrebbe dovuto essere la presentazione di procedure per lo svolgimento dell'attività ispettiva. Si è preferito rimandare alle norme di imminente pubblicazione da parte dei Ministeri dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali le quali rappresenteranno lo standard nazionale cui attenersi.

Per la sua importanza economica e per la sua vasta diffusione nella UE e nel mondo la prima specie oggetto di codesto manuale è la patata. Oggetto di numerose sperimentazioni nella UE, al momento le autorizzazioni alla commercializzazione sono state concesse solo da paesi extraeuropei.

INTRODUZIONE

La patata, coltivata attualmente in tutto il mondo dalle zone temperate a quelle subtropicali, rappresenta una fonte alimentare di primaria importanza. Essa è una delle più importanti colture nel mondo dopo frumento, mais e riso. Il prodotto è destinato all'alimentazione come tale (tubero) o all'industria di trasformazione.

La coltivazione della patata occupa nel mondo una superficie di oltre 19 milioni di ettari, con una produzione complessiva di oltre 328 milioni di tonnellate di tuberi. I principali produttori mondiali sono: Cina (75 m.t.), Russia (37 m.t.), India (25 m.t.) e USA (oltre 20 m.t.) (fonte Banca Dati FAO, 2004).

Nell'Unione Europea (25 Stati) la superficie destinata alla coltura è di circa 2,3 milioni di ettari e la produzione è di circa 67 milioni di tonnellate di tuberi (fonte Banca Dati FAO, 2004), che rappresentano il 20% della produzione mondiale complessiva. I principali produttori europei sono: Polonia (15 m.t.), Germania (13 m.t.) e Olanda (7,5 m.t.).

In Italia la produzione annuale è intorno a 2 milioni di tonnellate (fonte Banca Dati FAO, 2004), mentre il consumo annuale è di circa 43 kg procapite, molto al di sotto della media europea, pari a 75 kg procapite (EUROSTAT, 2004). La produzione pataticola nel nostro Paese vede al primo posto la Campania, con oltre 3 milioni di quintali, seguita da Emilia Romagna (2,3 m.q.), Sicilia (2,3 m.q.), Abruzzo (1,6 m.q.), Calabria (1,6 m.q.), Puglia (1,45 m.q.) e Veneto (1,3 m.q.) (fonte Banca Dati ISTAT, 2004).

In Italia rivestono un ruolo di primo piano la patata primaticcia (o novella) e la patata bisestile. La produzione di questa patata extrastagionale è concentrata prevalentemente nelle regioni meridionali, con una superficie coltivata nel 2004 di oltre 20.000 ettari, (Sicilia 9.660 ha; Puglia 5.548 ha; Sardegna 1.530 ha, Campania 3.945 ha) (fonte Banca Dati ISTAT, 2004).

La patata extrastagionale rappresenta la voce più consistente dell'export italiano anche se ha mostrato negli ultimi anni un sensibile ribasso: nel 2004 è stata esportata all'estero per una quantità totale di circa 123 mila tonnellate e un valore di circa 40 milioni di euro (fonte Banca Dati DATIMA, 2004).

La produzione di patata da industria rappresenta più del 5% della produzione complessiva italiana (il dato - ISMEA, 2003 - si riferisce al prodotto che passa attraverso le Associazioni di produttori e non comprende quello conferito all'industria direttamente dai privati). Nell'industria della trasformazione della patata si distinguono tre principali settori:

- estrazione della fecola;
- produzione di alcool;
- trasformazione in prodotti alimentari.

Attualmente nel nostro paese i primi due settori sono di scarso interesse; infatti, l'Italia importa la totalità del suo fabbisogno in fecola, mentre, relativamente alla produzione di alcool, la distillazione incontra numerosi ostacoli di natura tecnico-economica. Diversamente, la trasformazione industriale della patata per alimentazione umana (chips e snack, stick, prodotti surgelati, etc.) rappresenta uno sbocco importante per la produzione pataticola nazionale.

Il conferimento del prodotto all'industria avviene prevalentemente attraverso le Associazioni di produttori, che a loro volta fanno capo alle due Unioni Nazionali presenti in Italia: UNAPA (Unione Nazionale tra le Associazioni dei Produttori di Patate) e ITALPATATE. La trasformazione industriale è regolamentata a livello nazionale dalla legge n. 88/1988, che concede un ruolo importante alle Unioni Nazionali delle Associazioni nello svolgimento degli accordi interprofessionali tra i produttori di materia prima e i trasformatori. In base a tali accordi lo stato eroga annualmente un contributo di circa 7 milioni di euro per le patate avviate alla trasformazione industriale e all'ammasso.

INDICE

1. ORIGINE E CENNI STORICI	11
2. INFORMAZIONI GENERALI	13
2.1 Inquadramento sistematico	13
2.2 Caratteristiche ecologiche ed esigenze climatiche	13
2.3 Caratteristiche morfoanatomiche	14
2.4 Strutture di propagazione e/o sopravvivenza	16
2.5 Riproduzione	16
2.5.1 Riproduzione sessuale	16
2.5.2 Riproduzione vegetativa	18
3. SPECIE POTENZIALMENTE AFFINI	19
3.1 Specie coltivate potenzialmente affini	19
3.2 Specie selvatiche potenzialmente affini	19
4. TECNICHE AGRONOMICHE	21
4.1 Cicli colturali	21
4.2 Tecniche colturali	21
4.2.1 Avvicendamento	21
4.2.2 Preparazione del terreno e concimazione	22
4.2.3 Scelte varietali e piantamento	22
4.2.4 Cure colturali	23
4.2.5 Raccolta e conservazione	24
4.2.6 Residui colturali	25
5. AGENTI PATOGENI E PARASSITI	27
5.1 Insetti fitofagi	27
5.1.1 Dorifora (<i>Leptinotarsa decemlineata</i> Say)	27
5.1.2 Tignola (<i>Phthorimaea operculella</i> Zell.)	27
5.1.3 Elateridi (<i>Agriotes</i> spp.)	28
5.2 Nematodi fitofagi	28
5.2.1 Nematode dorato della patata (<i>Globodera rostochiensis</i> Wollenweber)	28
5.3 Patologie da crittogame	28
5.3.1 <i>Peronospora</i> (<i>Phytophthora infestans</i> -Mont. de Bary)	28
5.3.2 Rizottoniosi (<i>Rhizoctonia Solani</i>)	29
5.3.3 Alternariosi (<i>Alternaria Solani</i>)	29
5.4 Patologie da virus	30
5.4.1 Virus dell'accartocciamento fogliare (PLRV)	30
5.4.2 Virus del mosaico nervale (PVY)	30
5.4.3 Virus del mosaico leggero (PVX)	31
5.4.4 Virus del mosaico latente (PVA)	31
6. MIGLIORAMENTO GENETICO DELLA PATATA	33
6.1 Biotecnologie applicate al miglioramento genetico della patata	34

7. RASSEGNA SULLO STATO DELLE SPERIMENTAZIONI E DELLA COMMERCIALIZZAZIONE A LIVELLO EUROPEO E MONDIALE.....	37
BIBLIOGRAFIA.....	41
SITI INTERNET DI INTERESSE	43

1. ORIGINE E CENNI STORICI

Il centro di origine della patata è situato nelle zone ad elevata altitudine del Sud America (Ande), che è anche considerato il centro di diversità primario per i tuberi selvatici. Un secondo centro di diversità è situato nel sud del Messico (Hawkes, 1990). L'area dove è avvenuta la prima domesticazione della specie, circa 7.000 anni fa, è identificata nella zona dell'altipiano tra Bolivia e Perù, nella regione del lago Titicaca, dove si possono trovare forme diploidi¹ selvatiche ed un'elevata diversità di forme coltivate (Hoopes e Plaisted, 1987). Dal punto di vista geografico, l'area di distribuzione delle specie selvatiche va dal sud degli Stati Uniti attraverso il Messico e l'America Centrale fino alle montagne Andine del sud America (Venezuela, Colombia, Ecuador, Perù, Bolivia, Argentina e Cile – Hawkes, 1990). La coltura è stata introdotta in Europa nel tardo XVI secolo in seguito alla conquista del Perù da parte degli Spagnoli e, dopo essersi diffusa largamente, alla fine del XVII secolo è divenuta l'alimento base degli Irlandesi e il prodotto principale della loro economia. La sua coltivazione continuò a diffondersi in tutto il mondo durante le prime quattro decadi del XIX secolo. Nel 1845 la peronospora della patata, malattia causata dall'oomicete *Phytophthora infestans*, distrusse le coltivazioni di patata nella stessa Irlanda causando un milione di morti (Clarkson, 1989) e l'esodo di circa 1,5 milioni di abitanti al di fuori del paese (Alexopoulos *et al.*, 1996).

In Italia la coltura della patata fu reintrodotta dal Nord Europa durante i periodi di carestia seguiti alle guerre napoleoniche (Pignatti, 1982).

¹ diploide: con corredo cromosomico caratterizzato dalla presenza nel nucleo cellulare, di cellule o organismi, di una coppia di cromosomi morfologicamente e funzionalmente simili per ciascuno degli "n" cromosomi presenti nella cellula.

2. INFORMAZIONI GENERALI

2.1 Inquadramento sistematico

Tabella 1. Inquadramento sistematico della patata (fonte dati Hawkes, 1990, elab. APAT)

Nome scientifico	Solanum Tuberosum
Famiglia	Solanaceae
Genere	Solanum
Sottogenere	Potatoe
Sezione	Petota
Sottosezione	Potatoe (patate formanti tuberi)
Serie	tuberosa
Specie	tuberosum
Subspecie	tuberosum
Nome comune	Patata (in inglese "potato")

La patata appartiene alla famiglia delle *Solanaceae*, diffusa in tutto il mondo ma concentrata prevalentemente nelle regioni tropicali dell'America Latina (Correll, 1962).

Il genere *Solanum*, a cui appartengono oltre la patata altre colture di rilevante importanza come pomodoro, peperone, melanzana, tabacco e petunia, consiste di oltre 2000 specie (Burton, 1989). All'interno del genere *Solanum* esistono diverse sottosezioni, tra cui c'è quella comprendente le patate formanti tuberi (*Potatoe*), di cui la patata coltivata è la più conosciuta (OECD, 1997).

Per quanto riguarda la patata le specie coltivate sono 7 (delle quali *S. tuberosum* è coltivata in tutto il mondo, mentre le altre sei unicamente nel Sud America) e 217 sono le specie selvatiche affini (Hawkes, 1990). Tale classificazione tassonomica varia però sensibilmente a seconda degli autori: per esempio, Sponeer e Hijmans (2001) elencano 199 specie selvatiche; in ogni caso la coltura presenta un numero elevato di specie selvatiche, rispetto alle altre maggiori colture.

S. tuberosum è diviso in due sottospecie: *tuberosum* e *andigenum*. Entrambe sono coltivate: la prima in Europa, nord America e nel sud del Cile (in cui era originariamente confinata), mentre la seconda è diffusa dal Venezuela al nord dell'Argentina (Hawkes, 1990). La maggiore differenza tra le due specie è la reazione fotoperiodica: il *S. tuberosum tuberosum* è in grado di tuberizzare anche in regime di giorni lunghi (16-18 ore di luce), mentre *S. tuberosum andigenum* esige giorni corti (12 ore di luce). La comune patata coltivata (*S. tuberosum* spp. *tuberosum*) è una specie tetraploide ($4n = 48$); varietà diploidi ($2n = 24$) si trovano soltanto in Cile (OECD, 1997).

2.2. Caratteristiche ecologiche ed esigenze climatiche

La patata è attualmente coltivata in tutto il mondo, in condizioni climatiche molto differenti: nelle regioni montagnose e in quelle temperate la semina è primaverile e la raccolta autunnale; nelle zone pianeggianti tropicali e sub-tropicali la coltivazione avviene nella stagione più fresca (Horton, 1990). *Solanum tuberosum* è una

specie erbacea perenne anche se è coltivata come una specie annuale. Alla temperatura di -3°C (foto 1) la pianta non sopravvive. Riguardo all'esposizione alla luce, la coltura può essere considerata una pianta a giorno neutro o breve. Per quanto riguarda l'esigenza idrica, che rappresenta un elemento fondamentale per la coltura, la patata è molto sensibile alle carenze, fattore che comporta un accorciamento del ciclo a danno della produzione sia da un punto di vista quantitativo (viene arrestata la tuberizzazione) sia qualitativo. Per quello che concerne le caratteristiche pedologiche, i terreni ideali per la patata sono tendenzialmente sciolti, leggermente acidi, permeabili e profondi.



*Foto 1 - Danno da gelo
Foto per gentile concessione dell'Istituto
Sperimentale per le Colture Industriali*

L'inizio della tuberizzazione avviene in tutti i rizomi nello stesso momento e termina con la morte della parte aerea. L'induzione della tuberizzazione dipende dal fotoperiodo e dalla temperatura: viene fortemente ridotta in condizioni di giorno lungo ed elevate temperature. Le condizioni ottimali di temperatura, in rapporto alle fasi vegetative della patata, sono così schematizzate:

- germogliazione: $+12-15^{\circ}\text{C}$
- accrescimento: $+12-15^{\circ}\text{C}$
- tuberificazione: $+14-18^{\circ}\text{C}$
- fioritura: $+20^{\circ}\text{C}$
- maturazione tuberi: $+18^{\circ}\text{C}$

2.3 Caratteristiche morfoanatomiche

La patata è una pianta erbacea dicotiledone, alta da 30 a 90 cm (foto 2). Le parti verdi contengono solanina (un alcaloide tossico).

Di seguito una breve descrizione delle principali caratteristiche morfoanatomiche della pianta: culmo, apparato fogliare e infiorescenze, apparato radicale e stoloni, frutti e semi, tuberi.

Culmo

È costituito da uno o più fusti ramificati, angolosi, fistolosi, con portamento eretto o decumbente², di varia altezza e colore.



*Foto 2 - Pianta di patata
Foto per gentile concessione dell'Istituto
Sperimentale per le Colture Industriali*

²decumbente: che si piega verso il basso o in senso orizzontale.

Apparato fogliare

È costituito da foglie pennate (imparipennate) con 7-13 segmenti ovato-lanceolati, acuminati.

Infiorescenza

Fiori riuniti in infiorescenze a cima; corolla da bianca a violetta ($\varnothing = 20-30$ mm), campanulata-rotata (tubo molto più corto dei lobi o subnullo), antere gialle (foto 3).

Parecchie cultivar di patata (*S. tuberosum* spp. *tuberosum*) non arrivano a fruttificare (allegagione) a causa della sterilità pollinica.



Foto 3 - Infiorescenza

Archivio APAT-Autore Alessandro Savi

Apparato radicale

Comprende radici fascicolate che si originano dai nodi interrati del fusto e stoloni.

Stoloni

Sono steli sotterranei che hanno origine anch'essi dai nodi interrati del fusto. All'estremità degli stoloni si forma il tubero in seguito ad un ingrossamento dovuto all'accumulo di amido nelle cellule della parte midollare del rizoma stesso. La tuberizzazione dei rizomi avviene in condizioni di oscurità; in condizioni di luminosità si formano invece degli steli eretti.

Frutti e semi

Il frutto, tossico e prodotto molto raramente, è una bacca ($\varnothing = 30-40$ mm), di colore da verde a purpurea, a maturità avvolta dal calice solo alla base (foto 4).

Il seme è piccolo, piatto e reniforme. Peso medio del seme: $6 \times 10^{-4} - 7 \times 10^{-4}$ g (Tweddle *et al.*, 2003). Da un punto di vista agronomico i semi veri e propri hanno poca importanza e vengono utilizzati principalmente per il miglioramento genetico (foto 5).



Foto 4 - Frutti

Foto per gentile concessione dell'Istituto Sperimentale per le Colture Industriali

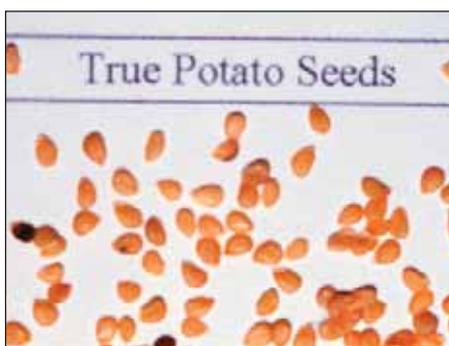


Foto 5 - Semi

Foto per gentile concessione dell'Istituto Sperimentale per le Colture Industriali

Tuberi

Rappresentano la parte terminale degli stoloni e sono costituiti da: una buccia o periderma che ha una funzione di protezione da un'eccessiva perdita d'acqua; il fellogeno³; il felloderma⁴ o tessuto parenchimatico. Nel tubero si distinguono: una parte basale che è detta ombelico, che è la parte di inserzione del tubero sul rizoma; una parte superiore detta testa. Le gemme della patata o occhi, che sono disposte a spirale, sono presenti in maggiore quantità nella testa. Di questo fattore si tiene conto quando si effettua il frazionamento della patata (per il piantamento), tagliandola in più parti in senso longitudinale in modo da creare porzioni con un numero uguale di occhi. Il tubero contiene il 10-15% di amido, il 25% di proteine, l'1,5% di zuccheri e 15 mg di vitamina C/100g (Vezzosi, 2001).

2.4 Strutture di propagazione e/o sopravvivenza

I semi (TPS - *true potato seed*) e i tuberi (rimasti in campo dopo la raccolta), possono rappresentare delle strutture di sopravvivenza. In base ad alcuni studi i semi possono rimanere nel terreno senza perdere la loro capacità germinativa per almeno 7 anni (Lawson, 1983). I tuberi lasciati nel campo alla raccolta possono rimanere nel suolo e svilupparsi nella successiva coltivazione: vengono distrutti da un periodo di gelo di 25 ore a -2°C oppure 5 ore a -10°C (le specie di *Solanum* latino-americane possiedono una maggiore resistenza al gelo) (OECD, 1997).

Il controllo delle piante nate da TPS e dai tuberi nei campi coltivati solitamente rappresenta un problema di breve durata, in quanto vengono controllate dalle normali pratiche agronomiche, per esempio con l'utilizzo di erbicidi e evitando di coltivare la patata nello stesso appezzamento per un certo numero di anni. In ambiente naturale, fuori dai campi coltivati, le piante nate dai tuberi e da TPS non sopravvivono (Canadian Food Inspection Agency, 1996).

2.5 Riproduzione

Le piante si possono ottenere da semi (riproduzione sessuale) oppure da tuberi (riproduzione vegetativa). Nel primo caso hanno un ciclo riproduttivo più lungo rispetto a quelle ottenute per via asessuata.

2.5.1 Riproduzione sessuale

Questo tipo di riproduzione è utilizzata ai fini del miglioramento della coltura da un punto di vista della qualità agronomica e della resistenza agli insetti e/o alle malattie. Una pianta di patata produce (se arriva a fruttificare) circa 20 grammi di seme botanico.

La produzione di TPS in ambiente naturale varia con le cultivar e le condizioni climatiche (Canadian Food Inspection Agency, 1996). Parecchie cultivar di patata (*Solanum tuberosum* spp. *tuberosum*) presentano una sterilità soprattutto maschile (Ross, 1986).

³ fellogeno: tipo di meristema di origine secondaria che, nei fusti e nelle radici, forma il sughero sostitutivo dell'epidermide.

⁴ felloderma: tessuto parenchimatico generato nel fusto e nelle radici dal fellogeno.

Periodo di fioritura

Solitamente inizia circa 50-60 giorni dopo l'emergenza, quando la pianta ha emesso un certo numero di foglie (14-19) e avviene in maniera graduale dal basso verso l'alto protraendosi fino a due mesi (Casarini e Ranalli, 1996). Il periodo di fioritura, per la patata comune, va da giugno ad agosto a seconda della varietà e dell'ambiente di coltivazione (foto 6).



Foto 6 – Fioritura

Foto per gentile concessione dell'Istituto Sperimentale per le Colture Industriali

Caratteristiche del polline

Il colore è giallo, più o meno intenso, la forma sferica o ellissoidale (Casarini e Ranalli, 1996).

Il polline della coltura è resistente se mantenuto a temperature e umidità basse, mentre a temperatura e umidità ambiente perde la sua vitalità dopo un giorno (Plaisted, 1980).

Impollinazione

È essenzialmente entomofila, anche se i fiori della coltura non contengono nettare e quindi non sono particolarmente attrattivi per gli insetti impollinatori (Sanford e Hanneman, 1981).

I bombi (*Bombus* spp.) sono i principali impollinatori della patata (Glendinning, 1976; McPartlan e Dale, 1994).

Dispersione del polline

Il grado di dispersione del polline varia indubbiamente con le cultivar, le condizioni climatiche durante la fioritura, la presenza e la frequenza di vettori impollinanti (Treu e Emberlin, 2000). Alcuni studi condotti in campo hanno rilevato la diffusione di polline transgenico ad una distanza di pochi metri dalla fonte (Tynan *et al.*, 1990; McPartlan e Dale, 1994; Conner *et al.*, 2004). In Europa la dispersione del polline di patata rappresenta comunque un problema non rilevante visto che i tuberi, che si propagano per via vegetativa, non sono interessati dall'evento fecondativo. Potrebbe invece rappresentare un problema nei paesi meno sviluppati, dove vengono utilizzati i semi veri anziché i tuberi.

Fecondazione

E' prevalente l'autogama, mentre l'allogama avviene molto raramente nelle condizioni di campo (dallo 0 al 20%) (Plaisted, 1980). Le varietà tetraploidi sono autocompatibili (OECD, 1997). Conner e Dale (1996) riportano una percentuale di incrocio uguale a zero per una distanza di 20 m da una coltivazione di piante geneticamente modificate.

Germinazione dei semi

Le condizioni ambientali durante la conservazione dei semi influenzano fortemente la qualità del seme stesso: i semi conservati in condizioni di bassa umidità

germinano più rapidamente di quelli conservati in ambiente fortemente umido, ma soprattutto rimangono vitali per molto tempo (fino a due anni circa). Anche la temperatura è un fattore che influenza fortemente la germinazione: i valori ottimali sono intorno ai 12-15°C.

I semi inoltre esprimono generalmente una dormienza da 4 a 6 mesi. In condizioni di buona umidità e temperatura ambiente di circa 20°C le cultivar tetraploidi perdono la loro dormienza in circa 8 mesi (D'Antonio e McHale, 1988; Pallais *et al.*, 1990).

In condizioni non normali per interrompere la dormienza si utilizza solitamente acido gibberellico.

Disseminazione

La disseminazione dipende dalle normali potenzialità della pianta. È dovuta all'attività umana e a piccoli mammiferi (Hawkes, 1988).

Tempo di generazione (da seme a seme)

1 anno.

2.5.2 Riproduzione vegetativa

La patata può moltiplicarsi vegetativamente attraverso i tuberi (o porzioni di essi), che si formano sotto il terreno dagli stoloni. I tuberi rappresentano il prodotto utile e il mezzo di propagazione della coltura. Ogni varietà di patata è una popolazione (geneticamente omogenea) costituita da individui tutti provenienti, per via vegetativa, da uno stesso tubero.

Il ciclo delle piante che derivano dai tuberi-seme si compie mediamente in 100-150 giorni.

3. SPECIE POTENZIALMENTE AFFINI

3.1 Specie coltivate potenzialmente affini

Le cultivar di *S. tuberosum* si possono incrociare con altre varietà appartenenti alla stessa specie e, in teoria, ad altre specie appartenenti al genere *Solanum* (vedi pag 6). Esistono, però, forti barriere all'ibridazione dovute alla differente ploidia riscontrabile nel genere *Solanum* (OECD, 1997).

3.2 Specie selvatiche potenzialmente affini

In Europa sono presenti specie selvatiche (non formanti tuberi) appartenenti al genere *Solanum*. Con alcune di queste (*S. nigrum* e *S. dulcamara*), che sono native (Stace, 1997) e diffuse ampiamente nel territorio europeo, sono stati effettuati esperimenti per verificare e valutare la potenzialità di ibridazione con la patata coltivata e l'eventualità di trasferimento del transgene. Da esperimenti condotti in campo (McPartlan e Dale, 1994) su piante GM tolleranti agli erbicidi è stata valutata l'eventualità di un trasferimento del gene per la tolleranza agli erbicidi dalla specie GM alle due sopra riportate. Nei semi delle due specie selvatiche di *Solanum* raccolti non è stata riscontrata in alcun caso la presenza del transgene.

Inoltre attraverso esperimenti di laboratorio con tecniche di allevamento *in vitro* degli embrioni, dall'incrocio tra patata GM e *S. nigrum* (utilizzata come specie ricevente polline) sono stati ottenuti ibridi, i quali però erano tutti sterili (Eijlander e Stiekema, 1994).

Quindi, il problema dell'ibridazione tra la patata coltivata e queste specie selvatiche affini è trascurabile, in quanto non avviene nelle normali condizioni di campo e, nell'eventualità si verificasse, darebbe luogo a ibridi sterili.

La patata può dare ibridi fertili solamente con specie formanti tuberi (Canadian Food Inspection Agency, 1996) che, come ribadito più volte, sono presenti solamente nell'America centro-meridionale.

4. TECNICHE AGRONOMICHE

La coltivazione della patata, in Italia, è basata essenzialmente sull'utilizzo di varietà selezionate in altri paesi che non si adattano perfettamente alle nostre condizioni pedoclimatiche e alle tipologie produttive più richieste dal mercato (AA.VV., 2003). Il Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali ha quindi intrapreso nel 1997 un'importante iniziativa finanziando il progetto "Miglioramento genetico della patata" (tuttora in corso) che ha visto la collaborazione di vari gruppi di ricerca. Sono stati ottenuti risultati interessanti, rappresentati principalmente dalla costituzione di nuove varietà con migliorate caratteristiche negli aspetti qualitativi, nell'adattabilità agli ambienti mediterranei, nella destinazione d'impiego (mercato fresco, industria), nella tolleranza a stress abiotici e biotici (dorifora, tignola, marciumi fungini e batterici, nematodi, PVYntn). Dopo 5 anni di test sono stati iscritti al registro varietale 8 nuove cultivar italiane, che vanno ad occupare diversi segmenti di produzione (AA.VV., 2003).

Attualmente sono iscritte al registro varietale nazionale oltre 110 varietà di patata (fonte Banca Dati MiPAF, 2003).

4.1 Cicli colturali

Periodo di piantamento:

patata precoce	→	novembre-febbraio
patata comune	→	marzo-maggio
patata bisestile	→	agosto-settembre

Periodo di raccolta:

patata precoce	→	febbraio-giugno
patata comune	→	giugno-settembre
patata bisestile	→	novembre-febbraio

4.2 Tecniche colturali

4.2.1 Avvicendamento

Per evitare i problemi dovuti alle patologie (da nematodi e da funghi) si evita la successione della coltura o un ritorno troppo frequente nello stesso terreno. La patata è una coltura da rinnovo che può essere inserita in rotazioni con colture cerealicole e leguminose da prato. Essa costituisce per i cereali un'ottima pianta miglioratrice visto il suo potere rinettante⁵, la concimazione che riceve e i residui colturali che lascia (che sono facilmente mineralizzati).

⁵ rinettante: capacità di ripulitura di un terreno dalle infestanti.

4.2.2 Preparazione del terreno e concimazione

La patata richiede delle lavorazioni profonde necessarie per garantire le condizioni migliori per la tuberificazione. Se si esegue la semina meccanica successivamente il terreno può essere livellato; se viene effettuata la semina a mano si può effettuare una assolcatura. Contemporaneamente ai lavori preparatori viene eseguita la disinfestazione del terreno con prodotti insetticidi utili contro le larve di insetti terricoli (Elateridi) e la concimazione di fondo distribuendo fosforo, potassio e azoto. L'azoto viene distribuito in parte prima della semina (40-50%) sotto forma di urea o solfato ammonico e il resto in copertura, per evitare il prolungamento della fase vegetativa e il ritardo della produzione. La carenza di questo elemento determina una vegetazione stentata e la formazione di tuberi piccoli non commerciabili, mentre un eccesso forma dei tuberi qualitativamente inferiori con una minore quantità di amido. Le esigenze di azoto per la coltura aumentano durante la levata raggiungendo il valore massimo prima dell'antesi. Il fabbisogno medio di azoto, fosforo e potassio per una resa di 100 q/ha è rispettivamente il seguente:

- N: 50 Kg/ha (circa);
- P₂O₅: 25 kg/ha;
- K₂O: 75 kg/ha.

4.2.3 Scelte varietali e piantamento

I parametri da tenere in considerazione nella scelta delle varietà sono: il ciclo di coltivazione (precoce, normale, bisestile), la destinazione del prodotto (per il consumo diretto o per l'industria di trasformazione), l'ambiente pedoclimatico, le esigenze di mercato.

La nota capacità di adattamento a varie condizioni climatiche della patata e il particolare contesto climatico riscontrabile in alcune zone dell'Italia meridionale e insulare permettono di realizzare due cicli di coltivazione extrastagionali: uno vernino-primaverile e l'altro estivo-autunnale. Dal primo si ottiene la produzione precoce, detta anche primaticcia o novella, realizzata tra marzo e giugno; dal ciclo estivo-autunnale si ottiene la produzione di secondo raccolto o bisestile, realizzata tra luglio e novembre-dicembre. Oltre a queste due c'è la produzione primaverile-estiva della patata comune, che può essere commercializzata fresca subito dopo la raccolta o immagazzinata e conservata per essere immessa sul mercato in periodi successivi.

Il periodo per il piantamento della patata comune è solitamente marzo-aprile in pianura oppure aprile-maggio in montagna. Il periodo per la patata novella è novembre-febbraio, mentre per la patata bisestile è agosto-settembre.

È importante l'utilizzo per la semina di tuberi-seme certificati, cioè con garanzie di sanità e vigore germinativo fondamentali per la buona riuscita della coltura e con apposito cartellino rilasciato dall'ente certificatore. I tuberi per la semina vengono utilizzati interi o frazionati. In questo secondo caso, frequente nella coltura precoce visto l'elevato costo del seme, il tubero viene sezionato longitudinalmente, in modo che ogni frazione presenti almeno 1-2 occhi (foto 7): questo processo viene effettuato qualche giorno prima del piantamento in modo che le superfici si suberifichino e si evitino così marciumi.

Una pratica di un certo interesse agronomico è la pre-germogliazione (foto 8), che consente di abbreviare il ciclo colturale di 10-15 giorni ed effettuare un primo controllo sull'idoneità del materiale scartando i tuberi con germogli anomali. Il quantitativo di tuberi che normalmente si impiega per il piantamento è intorno alle 2 t/ha.

La semina può essere fatta a mano o con macchine pianta-tuberi automatiche. Le distanze che vengono in genere rispettate sono:

- distanza tra le file: 75-90 cm;
- distanza sulla fila: 30 cm;
- profondità di semina: 5-8 cm.



*Foto 7 - Tuberi tagliati pronti per la semina
Foto per gentile concessione dell'Istituto
Sperimentale per le Colture Industriali*



*Foto 8 - Patata pregermogliata
Foto per gentile concessione dell'Istituto
Sperimentale per le Colture Industriali*

4.2.4 Cure colturali

*Sarchiatura*⁶

Ha un ruolo di supporto alla lotta chimica contro le infestanti.

*Rincalzatura*⁷

Viene effettuata varie volte durante il ciclo colturale. Facilita sia la radicazione della coltura sia la sua tuberificazione.

Diserbo

La coltura può essere infestata da molte specie di malerbe, sia di fine inverno (Poligonacee, Crucifere), sia tardo-primaverili (Chenopodio, Amaranto, Solano, etc.). L'epoca di impiego dei principi attivi va dal trattamento in pre-semina fino a quello fondamentale di pre-emergenza, ed eventualmente al trattamento di post-emergenza. I trattamenti di pre-semina, effettuati per favorire la pulizia del letto di semina, utilizzano prodotti come il glifosate (devitalizzante fogliare) o il glufosinate-ammonio (disseccante fogliare). Il trattamento più importante per questa coltura rimane l'intervento in pre-emergenza, eseguito subito dopo l'ultima rincalzatura. I

⁶ sarchiatura: consiste nello smuovere e rompere il terreno in superficie, sminuzzandone le zolle con sarchiatori o altri strumenti adatti, per ripulirlo dalle erbacce.

⁷ rincalzatura: accumulare terra attorno allo stelo di una pianta.

prodotti che si utilizzano in questa fase sono ad azione residuale, attivi sull'apparato radicale delle infestanti. Queste ultime, tra l'altro, possono veicolare affezioni patologiche alla coltura: la *Phytophthora infestans* nel caso di alcune Solanacee mentre alcune specie di Amarantacee, Chenopodiacee e Crucifere ospitano virus che per mezzo di vettori tipo Afidi e Nematodi possono essere trasmessi alla pianta.

Irrigazione

La coltura necessita di apporti idrici costanti ed elevati. Le fasi fenologiche⁸ critiche sono situate tra la stolonizzazione e la tuberizzazione. I volumi di adacquamento⁹ sono dell'ordine di 250-350 m³, quando gli interventi avvengono con una certa frequenza.

I sistemi più usati per l'irrigazione sono l'aspersione e l'infiltrazione da solchi laterali.

4.2.5 Raccolta e conservazione

L'epoca di raccolta varia ovviamente a seconda del tipo di prodotto. Nelle patate novelle viene determinata valutando la consistenza del periderma e le dimensioni dei tuberi. Le patate comuni vengono raccolte a completa maturazione e il primo parametro da considerare è il contenuto di sostanza secca: per le patate destinate al mercato per il consumo fresco questo valore deve essere \geq al 18%; per le patate destinate all'industria di trasformazione deve essere \geq al 20%.

Un presupposto importante per una buona raccolta è anche il grado di umidità del terreno, che deve essere in tempera¹⁰ in modo da facilitare la raccolta dei tuberi ed evitare di raccogliere anche la terra.

La raccolta può essere preceduta dal disseccamento artificiale della chioma con l'utilizzo di prodotti chimici: tale operazione nelle colture da seme riduce i pericoli di infezioni tardive da virus, mentre nelle colture destinate al consumo facilita la raccolta meccanica.

La raccolta meccanica può essere effettuata con l'utilizzo di macchine scava-allineatrici (scavano i tuberi, li portano in superficie e li riuniscono in andane) (foto 9) o macchine scava-raccogliatrici (dotate di bunker di 25-50 quintali e di nastri-cernita per favorire la selezione del prodotto e l'eliminazione degli scarti).

Una volta avvenuta la raccolta i tuberi sono trasportati in magazzino, sottoposti ad eventuale cernita e calibratura¹¹.

È una pratica consolidata, dopo la raccolta, sottoporre le patate ad un periodo di cicatrizzazione delle ferite ad una temperatura di 10-15°C e umidità di 85-90%.



Foto 9 - Scava allineatrici
Foto per gentile concessione dell'Istituto Sperimentale per le Colture Industriali

⁸ fenologico: relativo ai fenomeni periodici della vita di un organismo vegetale, connessi alle variazioni stagionali (fioritura, dispersione del polline, fruttificazione, etc.).

⁹ volume di adacquamento: quantitativo di acqua distribuito per ogni intervento irriguo.

¹⁰ tempera: tenore ottimale di umidità di un terreno.

¹¹ divisione in varie classi di grandezza.

Successivamente i tuberi vengono avviati alla conservazione in appositi ambienti (celle frigo-magazzini), con diverse modalità a seconda della destinazione del prodotto.

Da 1 ha di coltura in Italia mediamente si producono 250 quintali di tuberi.

4.2.6 Residui colturali

La patata lascia residui colturali come foglie, bacche, tuberi marcescenti, radici etc. (500 Kg/ha) (Costantini, 1995).

La presenza di residui colturali è un argomento che suscita grande dibattito per quanto riguarda le Piante Geneticamente Modificate. Infatti, come previsto dalla Direttiva 2001/18/CE sull'emissione deliberata nell'ambiente di organismi geneticamente modificati, ai fini della valutazione del rischio ambientale delle PGM vanno considerati anche gli effetti a livello biogeochimico (Allegato II, C.2), in particolare sul riciclaggio del carbonio e dell'azoto, che possono verificarsi in seguito a cambiamenti nella decomposizione di sostanza organica nel suolo.

Pertanto, particolarmente nella fase post-rilascio, dovrebbero essere adottate misure volte a ridurre il potenziale impatto sul suolo, in considerazione delle sue funzioni ecosistemiche e della diversità delle comunità biotiche che esso ospita. Il Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, di concerto con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, prevede la stesura di protocolli tecnici operativi¹² per la gestione del rischio relativo all'emissione in campo aperto di piante geneticamente modificate a scopo di ricerca e sperimentazione (saranno contenuti in un apposito decreto di prossima emanazione). Nel protocollo tecnico relativo alla coltura della patata si prescrive che, al termine delle prove sperimentali, i residui vegetali siano raccolti ed inceneriti e che il suolo sia sottoposto a bromurazione, al fine di devitalizzare eventuali semi fuoriusciti dalle bacche. Nel caso della patata, l'eliminazione di radici e tuberi a fine coltura si presenta meno problematica rispetto ad altre colture, essendo previsto il loro dissotterramento a scopo di raccolta. Inoltre, la moltiplicazione di piante transgeniche attraverso tuberi e semi rimasti nel suolo può essere controllata abbastanza agevolmente.

¹² protocolli tecnici operativi: schede che individuano le caratteristiche della specie considerata, le modalità operative e le misure da adottare all'atto dell'emissione deliberata di OGM, volte alla tutela dell'agrobiodiversità, dei sistemi agrari e della filiera agroalimentare, come da definizione nell'art. 2, comma 1a, del D.M. 19 gennaio 2005.

5. AGENTI PATOGENI E PARASSITI

5.1 Insetti fitofagi

5.1.1 Dorifora (*Leptinotarsa decemlineata* Say)

La Dorifora è un coleottero, fitofago polifago, originario del Colorado (foto 10). L'insetto compie il suo ciclo su diverse Solanacee, sia spontanee che coltivate, ma il suo ospite principale è la patata. Il ciclo biologico consiste mediamente in due generazioni, ma può variare a seconda della temperatura e del fotoperiodo. In genere, la forma adulta sverna nel terreno a circa 20 cm di profondità, raggiunge le piante di patata in primavera e si accoppia, deponendo le uova sulla pagina inferiore della foglia (una femmina può deporre più di 2000 uova); in estate si giunge alla seconda generazione. I danni maggiori sono causati dalle larve, che si nutrono principalmente delle foglie.

Per difendere la coltura dall'attacco di questo insetto si può fare ricorso a prodotti contenenti *Bacillus thuringiensis*, utilizzati anche in lotta biologica; a questi possono essere abbinati prodotti piretroidi efficaci anche contro le nottue, oppure prodotti chimici.



Foto 10 - Dorifora della patata
Archivio APAT-Autore Alessandro Savi

5.1.2 Tignola (*Phthorimaea operculella* Zell.)

Lepidottero di piccole dimensioni, è uno dei principali fitofagi della patata. La tignola compie diverse generazioni all'anno a seconda delle condizioni ambientali e può avere come ospiti tutte le Solanacee, coltivate e spontanee. L'insetto compie le sue prime generazioni in campo per poi continuare nei magazzini di conservazione. La tignola sverna come larva nei tuberi infestati, come crisalide negli imballaggi o nei magazzini di conservazione. Gli adulti di primo volo compaiono in primavera, quando la temperatura media è tra i 10 e i 13°C, e depongono le uova preferenzialmente in prossimità degli occhi dei tuberi. Le larve dell'insetto danneggiano le foglie (dove scavano mine), gli steli e i tuberi (dove scavano gallerie nel parenchima amilifero, causando un deprezzamento commerciale del prodotto e favorendo l'attacco da parte di altri patogeni). Le larve, raggiunta la maturità, escono all'esterno e si incrisalidano per trasformarsi in adulti.

La difesa nei confronti di questo insetto, in agricoltura convenzionale, viene attuata con l'utilizzo di trappole a feromone, sia in campo che in magazzino. Un accorgimento che viene applicato nei magazzini è mantenere la temperatura al di sotto dei 10°C: in questo modo si limita lo sviluppo del patogeno. Altri interventi difensivi possono essere ad esempio: rotazioni colturali con specie diverse dalle Solanacee; sarchiature frequenti del terreno; asportazione o interrimento dei tuberi sani ed eliminazione dei tuberi colpiti; disinfestazione dei depositi.

5.1.3 Elateridi (*Agriotes spp.*)

Coleotteri fitofagi, comprendenti varie specie del genere *Agriotes*, le cui larve vivono nel terreno e si nutrono dei tuberi, scavando gallerie fino al parenchima amilifero (con conseguente deprezzamento commerciale del prodotto).

Le infestazioni si verificano in primavera e autunno, soprattutto nei suoli ricchi di sostanza organica e con un elevato livello di umidità. Le larve hanno uno sviluppo completo molto lungo, di circa quattro anni.

Alcuni interventi agronomici di difesa sono: rotazioni colturali; lavorazioni superficiali, per mantenere il terreno asciutto nei periodi in cui c'è la nascita delle larve (sono molto sensibili e se il terreno non è sufficientemente umido muoiono); lotta chimica tramite l'utilizzo di geoinsetticidi microgranulari, localizzati lungo i solchi in bande di 10-12 cm sotto i tuberi-seme (per fare da barriera alla risalita delle larve).

5.2 Nematodi fitofagi

5.2.1 Nematode dorato della patata (*Globodera rostochiensis* Wollenweber)

È il nematode più pericoloso per la patata, e colpisce anche altre Solanacee coltivate e spontanee.

Forma delle cisti di colore biancastro o giallo sulle radici, che contengono diverse centinaia di uova, la cui vitalità si conserva anche per parecchi anni; si schiudono solo in presenza della pianta ospite, in seguito alla produzione di essudati da parte delle radici. Mediamente compie 1-2 generazioni all'anno. In campo la presenza del nematode è evidenziata da zone con accrescimento stentato; a livello di singola pianta, i sintomi sono rappresentati da foglie piccole e ingiallite, tuberi di piccole dimensioni, apparato radicale ridotto.

La difesa nei confronti di questo nematode è attuata sia con mezzi agronomici che chimici. Tra i primi possiamo ricordare: la sospensione della coltivazione della patata sullo stesso terreno per almeno 4-5 anni; l'inserimento nella rotazione di colture che non vengono attaccate dal nematode e che quindi ne riducono l'infestazione nel terreno; l'utilizzo di varietà resistenti; l'impiego di tuberi-seme sani. Nella lotta chimica si può fare ricorso all'impiego di nematocidi, il cui utilizzo va comunque abbinato ai mezzi agronomici per avere una diminuzione dell'infestazione fino a livelli economicamente accettabili.

5.3 Patologie da crittogame

5.3.1 *Peronospora (Phytophthora infestans-Mont. de Bary)*

La peronospora, tra le malattie crittogamiche, è sicuramente la più dannosa, ed è una delle malattie più gravi in assoluto.

È causata da un fungo ficomicete, che attacca tutti gli organi della pianta eccetto le radici. Il primo attacco avviene sulle foglie basali; successivamente la malattia viene trasferita ai tuberi tramite zoosporangi (caduti a terra dalle foglie o dalle

parti aeree infette). I tuberi colpiti presentano lesioni leggermente depresse, di colore dal grigio-bluastro al bruno e di consistenza spugnosa, che si prestano all'insediamento di altri funghi e batteri e che provocano il disfacimento del tubero. L'infezione primaria prende avvio da eventuali tuberi infetti presenti nella coltura precedente, rimasti nel terreno. La diffusione della malattia in forma epidemica avviene con il ripetersi delle condizioni favorevoli al patogeno: elevata umidità relativa, repentini abbassamenti termici e successivi periodi caldo-umidi, temperature tra i 10°C e i 25°C.

Gli interventi agronomici di difesa contro la peronospora sono ad esempio: la scelta di tuberi-seme sani, l'eliminazione dei tuberi infetti, il ricorso ad ampie rotazioni e a buone rincalzature per ridurre la probabilità di infezione. Oltre a ciò sono necessari interventi di lotta chimica, che rivestono principalmente un carattere preventivo: il primo trattamento viene effettuato quando si presume che le condizioni ambientali siano favorevoli all'infezione, mentre le applicazioni successive vengono effettuate a calendario.

5.3.2 Rizottoniosi (*Rhizoctonia Solani*)

Malattia provocata da un fungo polifago, che persiste sottoforma di sclerozi¹³ sulle parti sotterranee della pianta che rimangono nel terreno (soprattutto sui tuberi-seme – foto 11). Attacca prevalentemente le parti ipogee; sopra il suolo, può attaccare gli steli nelle parti basali, con un sintomo caratteristico noto come calzone bianco. Dai tuberi il patogeno si può trasferire alle gemme e ai germogli (tacche brune, irregolari e depresse) e in alcuni casi (sopravvivenza dell'organo infetto e clima piovoso) persino ai fusti fuori terra.

La prevenzione nei confronti della rizottoniosi si effettua tramite le seguenti pratiche agronomiche: impiego di tuberi-seme sani; sospensione della coltura sullo stesso terreno per 4-5 anni e ricorso ad ampie rotazioni (per esempio con i cereali); impiego di tuberi pre-germogliati o di semine poco profonde, per accelerare lo sviluppo della pianta nelle prime fasi di accrescimento.

5.3.3 Alternariosi (*Alternaria Solani*)

Malattia causata da un fungo che colpisce, oltre alla patata, anche altre Solanacee, sia spontanee che coltivate. È diffusa soprattutto nei climi caldi.

Il fungo danneggia soprattutto le foglie (con formazione di macchie necrotiche rotondeggianti), i fusti e i tuberi (macchie brune depresse). È in grado di sopravvi-



Foto 11 - Rizottoniosi
Foto per gentile concessione dell'Istituto
Sperimentale per la Patologia Vegetale

¹³ sclerozio: forma di conservazione del fungo, rappresentata dalle "croste nere", cioè placche nere o bruno-scure presenti nella parte superiore del tubero.

vere durante l'inverno, sotto forma di conidi o clamidospore, nei tuberi e nei residui della precedente coltura e si diffonde attraverso l'acqua di pioggia o di irrigazione. La lotta agronomica contro questo patogeno si effettua ricorrendo ad ampie rotazioni (in modo da ridurre notevolmente la sua presenza nel suolo), alla distruzione dei residui colturali infetti e all'impiego di tuberi-seme sani. I trattamenti chimici prevedono l'utilizzo di prodotti antiperonosporici, efficaci anche contro l'alternariosi.

5.4 Patologie da virus

I sintomi delle malattie da virus sono: un tipico accartocciamento fogliare; uno sviluppo minore della pianta; un portamento eretto; una produzione più bassa, a causa di tuberi di taglia più piccola e di peso inferiore. La trasmissione dei virus avviene tramite afidi e nematodi. La difesa da queste malattie si basa essenzialmente sull'utilizzo di tuberi-seme sani, sul ricorso a tecniche per il risanamento del materiale infetto, come ad esempio la termoterapia, oppure utilizzando varietà resistenti.

5.4.1 Virus dell'accartocciamento fogliare (PLRV)

È uno dei virus della coltura più diffusi e dannosi. In natura il PLRV infetta solo questa specie. Da un punto di vista sintomatologico si distinguono un accartocciamento primario e un accartocciamento secondario. Nel primo caso il virus è trasmesso da afidi e si manifesta con un caratteristico ripiegamento delle foglie verso l'alto (foglie a doccia), che in seguito assumono una consistenza spessa. Nel secondo caso il virus è trasmesso precocemente attraverso tuberi già infetti e si manifesta con uno sviluppo stentato dei germogli e l'accartocciamento fogliare. La diagnosi della malattia può essere effettuata con l'utilizzo del metodo ELISA¹⁴.

5.4.2 Virus del mosaico nervale (PVY)

Virosi piuttosto diffusa e grave. La sua trasmissione avviene attraverso gli afidi o il contatto con piante malate o residui infetti rimasti nel suolo. I sintomi più frequenti si presentano sulle foglie e sono costituiti da mosaici, bollosità, arricciamenti, necrosi delle nervature. Notevoli anche i danni ai tuberi (foto 12). È un virus non molto persistente e caratterizzato da vari ceppi, classificati in tre gruppi (Y^o, Yⁿ, Y^c) con virulenza differente.



Foto 12 - PVY

Foto per gentile concessione dell'Istituto Sperimentale per la Patologia Vegetale

¹⁴ ELISA (*enzyme linked immunosorbent assay*): è un rapido test immunoenzimatico che coinvolge un enzima e anche un anticorpo o un antigene. È usato per individuare sostanze che hanno proprietà antigeniche, in special modo proteine: alcune di queste includono ormoni, antigeni batterici e anticorpi.

5.4.3 Virus del mosaico leggero (PVX)

È un virus che infetta, oltre alla patata, anche altre Solanacee, sia spontanee che coltivate. Sulla patata provoca sintomi lievi o assenti, che diventano più gravi se associati ad altri virus. Ad esempio, l'infezione contemporanea di PVX e PVY provoca un'alterazione nota come mosaico rugoso e caratterizzata da mosaicature apicali, nanismo, rugosità della lamina, etc.. Analogamente, l'infezione contemporanea di PVX e PVA (virus del mosaico latente) provoca l'arricciamento, caratterizzato da bollosità internervali, rugosità delle lamine, mosaico, etc.. La sua trasmissione avviene per contatto con piante malate o residui infetti rimasti nel suolo. La difesa contro questo virus è rappresentata dall'utilizzo di materiale sano, dall'eliminazione dei possibili ospiti secondari del virus (altre Solanacee e specie infestanti), da rotazioni colturali ampie.

5.4.4 Virus del mosaico latente (PVA)

Virus abbastanza frequente in Italia, anche se meno diffuso del PVX. Oltre alla patata infetta anche altre Solanacee. Spesso l'infezione avviene senza che si manifestino sintomi evidenti; se presenti, però, i sintomi sono visibili sulle foglie (mosaico, ondulazione dei margini). La trasmissione avviene in modo non persistente tramite afidi e contatto con materiale infetto.

Anche in questo caso, per difendere la coltura dalla malattia, è consigliabile l'uso di tuberi-seme sani oppure di varietà resistenti (se esistono).

6. MIGLIORAMENTO GENETICO DELLA PATATA

Per il miglioramento genetico delle varietà di patata si ricorre all'utilizzo di specie selvatiche del genere *Solanum*, nelle quali è possibile trovare caratteri di interesse agronomico e fonti di resistenza a stress abiotici e biotici. La patata rappresenta uno degli esempi più efficienti di uso delle specie selvatiche per il miglioramento genetico: circa l'80% delle cultivar europee e il 35% di quelle americane hanno nel loro pedigree le specie selvatiche. Un problema legato all'utilizzo di queste specie è il loro corredo cromosomico, che nella maggior parte dei casi è diploide ($2n=2x=24$), mentre la patata coltivata (*S. tuberosum* spp. *tuberosum*) è tetraploide ($2n=4x=48$). Dal punto di vista genetico, la patata coltivata presenta quindi un'eredità molto complessa (tetrasomica), che rende il lavoro di miglioramento molto lento, complicato anche dalla presenza di fenomeni di autoincompatibilità, sterilità, mancanza di fioritura o allegagione¹⁵.

Le tecniche tradizionali, essenzialmente basate sul *breeding* (miglioramento) a livello tetraploide, richiedono popolazioni di partenza molto numerose e tempi di ottenimento delle cultivar piuttosto lunghi.

Le tecniche più moderne si basano sul *breeding* a livello diploide, tramite l'utilizzo di aploidi ($n=2x=24$), e presentano una maggiore efficienza in quanto permettono di lavorare con popolazioni più ridotte e consentono una facile ibridazione con le specie selvatiche diploidi. Le linee ottenute per mezzo del *breeding* a livello diploide possono poi essere ricondotte allo stato tetraploide tramite raddoppiamento cromosomico mitotico, mediante l'uso della colchicina oppure tramite coltura *in vitro* di tessuti (Sonnino, 1992).

Le metodologie più innovative si basano sull'utilizzo di tecniche di biologia cellulare e molecolare come l'ibridazione somatica e l'ingegneria genetica.

L'ibridazione somatica consiste nella fusione di protoplasti di due specie diverse e nella conseguente rigenerazione *in vitro* di ibridi somatici. Questa tecnica è utilizzata sia a livello interspecifico che intraspecifico; nel primo caso permette di superare le barriere sessuali tra specie di *Solanum* e di unire genomi nucleari senza segregazione meiotica; nel secondo caso la tecnica è utilizzata per superare le barriere di incompatibilità fra aploidi di *S. tuberosum* ed alcune specie selvatiche diploidi.

Le tecniche di biologia molecolare (ingegneria genetica) permettono di inserire nel genoma della patata un carattere desiderato (resistenza ad insetti, virus, stress idrici, freddo), codificato da uno o più geni che possono anche non appartenere al genere *Solanum* o addirittura al regno vegetale. I transgeni, per potersi esprimere nelle piante trasformate, sono dotati di: un promotore, posto a monte del gene, costituito da una sequenza di DNA che funziona come un interruttore e regola l'attività trascrizionale; un terminatore, posto a valle del gene, che ne segnala la fine ad uno specifico complesso enzimatico. Sono presenti inoltre sequenze geniche necessarie per selezionare le cellule vegetali trasformate (*geni marker*) da quelle non trasformate: nella maggior parte delle piante attualmente in sperimentazione si tratta di geni che conferiscono resistenza ad un antibiotico e sono costituiti anch'essi da un promotore ed un terminatore.

I metodi di trasformazione variano a seconda delle caratteristiche della specie vegetale. Nella coltura della patata le tecniche utilizzate sono essenzialmente due: il metodo dell'*Agrobacterium tumefaciens* e quello biolistico (Ercolano *et al.*, 2003).

¹⁵ allegagione: stadio iniziale della formazione del frutto.

Metodo dell'*Agrobacterium tumefaciens*: sfrutta le caratteristiche di tale batterio del suolo che ha sviluppato un sistema naturale di ingegnerizzazione delle cellule. In natura l'*Agrobacterium* stimola nelle piante un'elevata proliferazione cellulare, detta tumore, dovuta alla presenza, all'interno del batterio, del plasmide Ti (*tumor inducing*) che si inserisce nel genoma della cellula della pianta. Nelle tecniche di trasformazione vengono utilizzati, ovviamente, plasmidi privati dell'informazione che causa la formazione del tumore. Il plasmide è quindi utilizzato come vettore di trasferimento di geni estranei in una cellula ospite. Questo metodo è il più utilizzato per la trasformazione di patate e l'ottenimento di piante geneticamente modificate.

Metodo Biolistico: tale metodo è attualmente il più utilizzato nella trasformazione delle monocotiledoni. Piccole microsferi di oro o tungsteno (\emptyset di circa $1 \mu\text{m}$) vengono ricoperte con il DNA esogeno e sparate ad alta velocità sui campioni da trasformare. Le cellule situate nella traiettoria di tiro vengono uccise, ma nelle zone adiacenti penetrano senza provocare danni. Il metodo presenta il vantaggio di trasformare cellule vegetali integre (colture di cellule embrionali, foglie e semi) (APAT, 2004).

6.1 Biotecnologie applicate al miglioramento genetico della patata

Le applicazioni più rilevanti nel campo dell'ingegneria genetica applicata alla patata riguardano l'induzione della resistenza ad insetti e a malattie (causate da virus, funghi, etc.) e le modificazioni inerenti le caratteristiche composizionali (qualità dell'amido del tubero per scopi industriali, metabolismo dei carboidrati, etc.). Recentemente sono stati pubblicati studi su patate transgeniche da utilizzare come "biofabbriche" per la produzione di sostanze utili a scopi farmaceutici e salutistici. Le prime cultivar ingegnerizzate per la difesa contro la dorifora della patata (e autorizzate al commercio) risalgono al 1995 e sono state sviluppate dalla Monsanto: l'obiettivo era quello di ridurre i costi di produzione e l'uso eccessivo di pesticidi. Successivamente sono state prodotte cultivar per la resistenza al virus dell'accartocciamento fogliare e al virus Y.

Patata Bt resistente alla dorifora

Questa pianta è stata sviluppata introducendo il gene *cryIIIa*, isolato dal batterio del suolo *Bacillus thuringiensis* (spp. *Tenebrionis*), mediante trasformazione con il metodo dell'*Agrobacterium tumefaciens*. Il gene *cryIIIa* produce una δ -endotossina omonima, che agisce in maniera selettiva legandosi a siti specifici sull'epitelio intestinale degli insetti suscettibili, provocandone la morte per paralisi. La *cryIIIa* esplica la sua attività insetticida quando viene mangiata dalle larve di insetti coleotteri, in questo caso la Dorifora della Patata (*Leptinotarsa decemlineata*).

Patata Bt resistente alla dorifora e al virus Y (PVY)

Le linee di patata transgeniche sono state ottenute (partendo dalle varietà convenzionali Shepody e Russet Burbank) attraverso due eventi di trasformazione separati, mediati dall'*Agrobacterium tumefaciens*, nei quali il DNA da trasferire (T-DNA) conteneva i geni codificanti per la δ -endotossina *cryIIIa* proveniente da *Bacillus thuringiensis* (spp. *Tenebrionis*) e per la proteina di rivestimento di un ceppo ordinario di PVY.

Patata Bt resistente alla dorifora e al virus dell'accartocciamento fogliare (PLRV)

La cultivar Russet Burbank è stata ingegnerizzata attraverso l'introduzione del gene codificante per la δ -endotossina cryIIIa e di sequenze geniche (1 proteasi e 1 elicasi) provenienti dal virus PLRV, conferenti resistenza all'infezione stessa. Il meccanismo di resistenza all'infezione, il cui processo non è stato chiarito completamente, è chiamato "resistenza mediata dalla replicasi" e può comportare il silenziamento della traduzione del gene virale.

Le modificazioni riguardanti le caratteristiche composizionali, in particolare relative alla qualità dell'amido, rappresentano una parte rilevante per quanto concerne l'Unione Europea (soprattutto a livello sperimentale) e non solo. Qui di seguito si riporta una breve descrizione della notifica C/SE/96/3501 svedese, riguardante una varietà commerciale trasformata tramite *Agrobacterium tumefaciens*, di cui è stata richiesta l'autorizzazione alla commercializzazione (vedi cap.7).

Patata con contenuto di amido modificato

Nel costrutto genico è stato inserito il gene *gbss* (orientato in senso inverso rispetto al suo promotore), la cui trascrizione porta alla produzione di tuberi di patata con un contenuto di amido modificato (amilopectine 98% - amilosio 2%) rispetto alla normale varietà isogenica (amilopectine 85% - amilosio 15%). Nel costrutto genico, per selezionare le cellule batteriche trasformate, è stato inserito anche il gene *nptII*, che conferisce resistenza alla kanamicina e più in generale agli antibiotici aminoglicosidici.

L'amido, una delle più importanti materie prime nelle piante, è utilizzato sia come alimento che per applicazioni industriali. Nella patata è costituito per circa il 20-30% da amilosio e per il 70-80% da amilopectina. Il rapporto tra le due frazioni ha grande influenza sulle proprietà chimico-fisiche dell'amido stesso. Molto del lavoro per modificare la qualità dell'amido è stato condotto sulle patate; attraverso l'ingegneria genetica è possibile incrementare il livello dell'amilopectina (l'amido estratto dalla patata con valori di amilosio bassi è più adatto ai processi di lavorazione industriale), intervenendo sull'enzima responsabile della sintesi dell'amilosio (GBSS), ottenendo patate con una percentuale più bassa o senza amilosio. Vi sono anche applicazioni, riguardanti sempre la qualità, rivolte all'ottenimento di piante con alti livelli di amilosio.

Patate transgeniche come "biofabbriche" per la produzione di proteine ricombinanti

Un'applicazione interessante è la trasformazione di patate transgeniche per la produzione di quantità relativamente alte di proteine sintetiche, con un'omologia superiore al 90% (Scheller *et al.*, 2001) a quelle che in natura sono prodotte dalle ghiandole specializzate di una specie di ragno (*Nephila clavipes*). In natura queste proteine non vengono prodotte dai ragni in quantità rilevanti, mentre le piante si prestano ottimamente ad una elevata e stabile produzione di proteine funzionali. Questo tipo di proteine è caratterizzato da una notevole resistenza (comparabile al kevlar) unita ad un'elevata elasticità che la rendono interessante per scopi medici ed industriali (vedi snif¹⁶ B/DE/04/160 e B/DE/02/146).

¹⁶ snif (summary notification information format): sintesi della richiesta di autorizzazione (notifica) per il rilascio deliberato nell'ambiente di OGM, in base a quanto previsto dalla Dir. 2001/18/CE.

7. RASSEGNA SULLO STATO DELLE SPERIMENTAZIONI E DELLA COMMERCIALIZZAZIONE A LIVELLO EUROPEO E MONDIALE

La Direttiva n. 2001/18/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 12 marzo 2001 (recepita in Italia con il D.lgs 224/2003), regola l'emissione deliberata nell'ambiente di Organismi Geneticamente Modificati sia per scopi sperimentali (parte B) sia per l'immissione in commercio (parte C) e ha contemporaneamente abrogato la Direttiva n. 90/220/CEE.

Nell'ambito dell'Unione Europea sono stati effettuati, dal 1991 fino al 20/01/2005, 233 rilasci sperimentali di patate geneticamente modificate, di cui circa il 50% in Germania e Olanda. In Italia sono stati effettuati 7 rilasci sperimentali, di cui 5 sono varietà con espressione del gene Bt (azienda notificante Metapontum Agrobios), 1 con contenuto di amido modificato (Saka-ragis Pflanzenzucht GbR), 1 con sintesi di fruttani modificata e resistente a stress idrico (Istituto per l'Agrometeorologia e l'Analisi Ambientale applicata all'Agricoltura) (fonte dati JRC).

Nella tabella 2 sono elencate le richieste di autorizzazione al rilascio deliberato nell'ambiente, presentate ai sensi della sopra citata direttiva, entrata in vigore il 17/04/2001.

A livello mondiale, la superficie interessata dalle coltivazioni di patata biotech a scopo commerciale era inferiore, nel 2001, ai 100.000 ettari (James, 2001).

Per quanto concerne le autorizzazioni commerciali di patate geneticamente modificate, nell'Unione Europea attualmente è presente una sola notifica (C/SE/96/3501), presentata dall'Amilogene HB all'Autorità competente svedese (ai sensi della direttiva 2001/18/CE) e concernente la richiesta per la coltivazione e l'immissione sul mercato europeo di piante di patata geneticamente modificate per la produzione di amido con un maggior contenuto di amilopectine destinato ad uso industriale. La notifica, dopo la pubblicazione sul sito del JRC (*Joint Research Center*) della relazione di valutazione dell'Autorità Competente svedese, è ancora al vaglio della Commissione Europea.

Le autorizzazioni commerciali a livello mondiale (la UE non ha concesso finora nessuna autorizzazione) appartenengono tutte alla multinazionale Monsanto (tabella 3).

Tabella 2. Elenco rilasci sperimentali di patata GM nell'UE ai sensi della Dir. 2001/18/CE (fonte dei dati JRC - febbraio 2005, elab. APAT)

Codice notifica	Varietà o linea modificata	Oggetto della sperimentazione
B/SE/05/450 Svezia	Impala	Patate con una maggiore resistenza alla <i>Phytophthora infestans</i>
B/DE/04/162 Germania	Non indicata	Patate con metabolismo dell'amido modificato (incremento del contenuto di amilopectina)
B/DE/04/160 Germania	Albatros	Valutazione delle patate transgeniche come bioreattori per la produzione di proteine ricombinanti (<i>spider silk protein</i>) in condizioni di campo
B/DE/04/159 Germania	Désirée	Modificazione della densità degli stomi: effetti conseguenti sulla coltivazione e sulla produzione nell'ambiente agrario di patate geneticamente modificate
B/DE/04/157 Germania	Désirée	Effetto dell'attività dell'apirasi sulla produzione di tuberì in patate transgeniche
B/SE/04/7945 Svezia	P763, P800, P817	Patate con metabolismo dell'amido modificato (incremento del contenuto di amilosio e miglioramento della biosintesi dell'amido)
B/SE/04/7944 Svezia	P763	Patate con metabolismo dell'amido modificato (incremento del contenuto di amilosio)
B/SE/04/7943 Svezia	P800	Patate con metabolismo dell'amido modificato (incremento del contenuto di amilopectina)
B/SE/04/7942 Svezia	P107	Patate con metabolismo dell'amido modificato (incremento del contenuto di amilopectina)
B/SE/04/1101 Svezia	P763 e P800	Patate con metabolismo dell'amido modificato (incremento del contenuto di amilosio)
B/DE/03/154 Germania	Seresta, Kuras, Dinamo	Patate con metabolismo dell'amido modificato (incremento del contenuto di amilopectina e amilosio)
B/DE/03/153 Germania	Prevalent	Patate con metabolismo dell'amido modificato (incremento del contenuto di amilopectina)
B/DE/03/150 Germania	Désirée	Effetto del gene per la Leghemoglobina sul metabolismo dei carboidrati nelle patate transgeniche
B/NL/03/11 Olanda	Dinamo	Patate con metabolismo dell'amido modificato (incremento del contenuto di amilosio)
B/NL/03/10 Olanda	Seresta, Kuras	Patate con metabolismo dell'amido modificato (incremento del contenuto di amilopectina)
B/NL/03/09 Olanda	Prevalent	Patate con metabolismo dell'amido modificato (incremento del contenuto di amilopectina)
B/ES/03/34 Spagna	Désirée	Patate transgeniche resistenti ai batteri patogeni <i>Ralstonia solanacearum</i> e <i>Erwinia spp.</i>
B/SE/03/1946 Svezia	P107, P708, P86, AM99-2003 (linea gm)	Patate con metabolismo dell'amido modificato (incremento del contenuto di amilosio)
B/DE/02/146 Germania	Solara	Patate transgeniche utilizzate come bioreattori per la sintesi di proteine ricombinanti (<i>spider silk protein</i>) in condizioni di campo
B/DE/02/142 Germania	Aveka, Festien	Patate con metabolismo modificato dei carboidrati e tolleranza al glufosinato
B/GB/02/R04/12 Regno Unito	Hermes e Prairie	Patate con metabolismo modificato del contenuto di zuccheri e amido

Tabella 3. Autorizzazioni commerciali a livello mondiale (fonte dati OECD)

Gene inserito	Varietà ingegnerizzate	Eventi di trasformazione	Tipo di autorizzazioni, paese e anno
1) <i>cryIIIa</i> 2) <i>nptII</i>	1) Atlantic 2) Superior	ATBT04-6, ATBT04-27, ATBT04-30, ATBT04-31, ATBT04-36, SPBT02-5, SPBT02-7	Rilascio nell'ambiente USA 96; Canada 1997 Alimentazione umana USA (1996); Canada (1996); Giappone (1997); Australia e Nuova Zelanda (2001) Alimentazione animale USA (1996); Canada (1997)
	3) Russet Burbank	BT6, BT10, BT12, BT16, BT17, BT18, BT23	Rilascio nell'ambiente USA (1995); Canada (1995) Alimentazione umana USA (1995); Canada (1995); Giappone (1996); Australia e Nuova Zelanda (2001) per Bt6 Alimentazione animale USA (1995); Canada (1996)
1) <i>cryIIIa</i> 2) gene codificante per le proteine di rivestimento del virus Y (PVY) 3) <i>nptIII</i>	1) Shepody 2) Russet Burbank	RBMT15-101, SEMT15-02, SEMT15-15	Rilascio nell'ambiente Usa (1999); Canada (1999) Alimentazione umana USA (FDA 1998, EPA 1995, 1997); Canada (1999); Australia e Nuova Zelanda (2001); Giappone (2003 per RBMT15-101 e SEMT15-15, 2003 per SEMT15-02); Messico (2001) Alimentazione animale USA (FDA 1998, EPA 1995, 1997); Canada (1999)
1) <i>cryIIIa</i> 2) ORF 1 e 2 della replicasi del virus dell'accartocciamento fogliare (PLRV) 3) <i>nptII</i>	Russet Burbank	RBMT21-129, RBMT21-350	Rilascio nell'ambiente Usa (1998); Canada (1999) Alimentazione umana USA (1998); Canada (1999); Australia e Nuova Zelanda (2001); Giappone (2001); Messico (2001) Alimentazione animale USA (1998); Canada (1999)
		RBMT22-082	Rilascio nell'ambiente Canada (1999); USA (2000) Alimentazione umana USA (1998); Canada (1999); Australia e Nuova Zelanda (2001); Giappone (2001); Messico (2001) Alimentazione animale USA (1998); Canada (1999)

BIBLIOGRAFIA

- AA. VV.**, 2003. "Il Divulgatore, Giugno 2003 - Patata dalla genetica al marketing le innovazioni in corso".
- Alexopoulos C.J., Mims C.W. e Blackwell M.**, 1996. "Introductory Mycology", pp. 717-723. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- APAT**, 2004. "Piante Geneticamente Modificate e Ambiente". Rapporto APAT 44/2004.
- Bianco V.V. e Pimpini F.** (coordinatori), 1990. "Orticoltura". Pàtron Editore, Bologna.
- Bonciarelli F.**, 1998. "Coltivazioni erbacee da pieno campo". Edagricole.
- Burton W.G.**, 1989. "The potato". Longman Group UK Limited, 742 pp.
- Canadian Food Inspection Agency**, 1996. "Regulatory Directive T-1-09-96: the biology of *Solanum tuberosum* (L) potato". Plant Biotechnology Office, Plant Health and Production Division.
- Casarini B. e Ranalli P.**, 1996. "La coltura della Patata". Edagricole, Bologna.
- Clarkson L.A.**, 1989. "Conclusion: Famine and Irish history", pp. 220-236. In E. Margaret Crawford (ed.), "Famine: the Irish experience 900-1900", John Donald Publishers Ltd., Edinburgh.
- Conner A.J. e Dale P.J.**, 1996. "Reconsideration of pollen dispersal data from field trials of transgenic potatoes". *Theor. Appl. Genet.* 92, pp. 505-508.
- Conner A.J., Reader J.K., Jacobs J.M., Davidson M. e O'Callaghan M.**, 2004. "Ecological impact of GM potatoes". *Grower* (January/February) pp. 20, 22-23. Publisher: Vegetable Producers Publishing Co, Wellington, New Zealand.
- Correl D.S.**, 1962. "The potato and it's wild relatives", p. 606. Texas res. foundation, Texas.
- Costantini E.**, 1995. "Sostanza organica: conti e bilanci". *Agricoltura biologica*, Supplemento al *Notiziario ERSA* N. 5 (IX-X).
- D'Antonio V.L. e McHale N.A.**, 1988. "Effect of storage temperature and extraction methods on dormancy and germination of true potato seed". *American Potato Journal* N. 65, pp. 573-581.
- Eijlander R. e Stiekema W.J.**, 1994. "Biological containment of potato (*Solanum tuberosum*): outcrossing to the related wild species black nightshade (*Solanum nigrum*) and bittersweet (*Solanum dulcamara*)". *Sex Plant Reprod.* 7, pp. 29-40.
- Ercolano M.R., Carputo D. e Frusciante L.**, 2003. In "Gazzettino della Patata", pp. 20-26. Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e dell'Ambiente Università degli studi di Napoli Federico II.
- EUROSTAT**, 2004. "Agricultural statistics Quarterly bulletin".
- Glendinning D.R.**, 1976. "Neo-Tuberosum: new potato breeding material 4. The breeding system of Neo-Tuberosum, and the structure and composition of the Neo-Tuberosum gene pool". *Potato Research* 19, pp. 27-36.
- Hawkes J.G.**, 1988. "The evolution of cultivated potatoes and their tuber-bearing wild relatives". *Kulturpflanze* 36, pp. 189-208.
- Hawkes J.G.**, 1990. "The potato: Evolution, biodiversity and genetic resources", 259 pp, Belhaven Press, London.
- Hoopes R.W. e Plaisted R.L.**, 1987. "Potato". In Fehr W.R., Fehr E.L., Jessen

- H.J. (eds), "Principles of cultivar development, Volume 2: Crop species", pp 385-436, Macmillan Publishing Company, N.Y..
- Horton D.**, 1990. "Potatoes: truly a world crop". In Speedy A. (ed.), "Developing world agriculture", pp. 49-53, Grosvenor Press International, London.
- James C.**, 2001. "Global review of commercialized transgenic crops: 2001". *ISAAA Briefs* N. 24, Ithaca, N.Y..
- ISMEA**, 2003. "L'industria di trasformazione della patata". *Quaderni di filiera* N. 7.
- Lawson H.M.**, 1983. "True potato seeds as arable weeds". *Potato research* 26, pp 237-246.
- McPartlan H.C. e Dale P.J.**, 1994. "An assessment of gene transfer by pollen from field grown transgenic potatoes to non transgenic potatoes and related species". *Transgenic Research* 3, pp 216-225.
- Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio (Direzione per la salvaguardia ambientale) - Università La Sapienza di Roma (Dipartimento di biologia ambientale)**, 2004. "PSGM potenziali in Italia".
- OECD**, 1997. "Consensus document on the biology of *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum* (Potato)". *Series on Harmonization of Regulatory Oversight in Biotechnology* N. 8.
- Pallais N., Fong N., Garcia R. e Santos-Rojas J.**, 1990. "Factors affecting seedling vigor in potatoes. II. Genotype, dormancy, and pre-sowing treatments". *American Potato Journal* N. 67, pp. 109-119.
- Pignatti S.**, 1982. "Flora d'Italia". Edagricole.
- Plaisted R.L.**, 1980. "Potato". In Fehr W.R. e Hadley H.H. (eds), "Hybridisation of crop plants", pp 483-494, American Society of Agronomy, Madison.
- Pollini A., Ponti I., Laffi F.**, 1989. Fitofagi delle piante ortive. Schede Fitopatologiche. Edizioni l'Informatore Agrario.
- Ross H.**, 1986. "Potato breeding – Problems and perspectives". *Advances in Plant breeding*, Supplement 13 to the *Journal of Plant Breeding*, 132 pp.
- Sanford J.C. e Hanneman R.E.**, 1981. "The use of bees for the purpose of inter-mating in potato". *American Potato Journal* 58, pp 481-485.
- Scheller J., Guhrs KH., Grosse F. e Conrad U.**, 2001. Production of spider silk proteins in tobacco and potato. *Nature Biotechnology* N.19.
- Sonnino A.**, 1992. "Il miglioramento della patata (obiettivi, tecniche e programmi)". Collana l'Italia Agricola.
- Spooner D.M. e Hijmans R.**, 2001. "Potato systematics and germplasm collecting, 1989-2000". *Amer J. Potato Res.* 78, pp 237-268, 395.
- Stace C.A.**, 1997. "New flora of the British Isles. Second Edition". Cambridge.
- Treu R. e Emberlin J.**, 2000. "Pollen dispersal in the crops Maize (*Zea mays*), Oil seed rape (*Brassica napus* ssp *oleifera*), Potatoes (*Solanum tuberosum*), Sugar beet (*Beta vulgaris* ssp *vulgaris*) and wheat (*Triticum aestivum*)". Soil Association.
- Tweddle J.C., Turner R.M. e Dickie J.B.**, 2003. Seed Information Database (release 5.0, July 2003), <http://www.rbgekew.org.uk/data/sid>.
- Tynan J.L., Williams M.K. e Conner A.J.**, 1990. "Low frequency of pollen dispersal from a field trial of transgenic potatoes". *Journal of Genetics and Breeding* 44, pp 303-306.
- Vezzosi C.**, 2001. "Coltivazioni agrarie". Calderini, Edagricole.

PRINCIPALI SITI INTERNET DI RIFERIMENTO

Agenzia per la Protezione dell’Ambiente e per i Servizi Tecnici

<http://www.apat.gov.it/>

European Food Safety Authority

<http://www.efsa.eu.int/>

Food and Agriculture Organization of the United Nations – Banca Dati

<http://faostat.fao.org/>

International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications

<http://www.isaaa.org/>

Istituto Nazionale di Statistica – Banca Dati su Agricoltura e Zootecnia

<http://www.istat.it/agricoltura/datiagri/>

Istituto di Servizi per il Mercato Agricolo Alimentare

<http://www.ismea.it/>

ITALPATATE

<http://www.ouverture.it/italpatate/>

Joint Research Centre – Biotechnology & GMOs

<http://gmoinfo.jrc.it/>

Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

<http://www.minambiente.it/>

Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali – Banca Dati

<http://www.politicheagricole.it/mipaf/banchedati>

Organisation for Economic Co-Operation and Development

<http://www.oecd.org/>

Sistema Informativo Statistiche Agricole (DATIMA)

<http://213.213.94.39/datima/kcalwj03.asp>

Unione Nazionale tra le associazioni dei produttori di patate

<http://www.unapa.it/>

