

Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali
Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo Agricolo e Forestale

In collaborazione con:
International Union of Soil Sciences
Società Italiana della Scienza del Suolo
Commissione VI - Uso e Conservazione del Suolo

BRAGATO, G., GARDIN, L., LULLI, L., RAGLIONE, M., 2006. *Tartufi eduli*. In: Costantini, E.A.C. (Ed.), *Metodi di valutazione dei suoli e delle terre*, Cantagalli, Siena, pp. 922.

Collana dei metodi analitici per l'agricoltura diretta da Paolo Sequi, vol. 7

CRA - Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura
Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo, Firenze

20. Tartufi eduli

*Gilberto Bragato*¹, *Lorenzo Gardin*², *Luciano Lulli*³, *Marcello Raglione*⁴

20.1. Premessa.....	2
20.2. Tuber magnatum Pico. Tartufo bianco	3
20.3. Tuber melanosporum Vittad. Tartufo nero pregiato	7
20.4. Tuber aestivum Vittad.....	11
20.5. Tuber brumale Vittad.....	13
20.6. Tuber Borchii Vittad.....	13
20.7. Considerazioni generali.....	16
Bibliografia di riferimento.....	18

20.1. Premessa⁵

I funghi possono essere definiti organismi eucarioti non piante e non animali che si sviluppano a partire da spore. Il nucleo cellulare è composto da una singola serie di cromosomi. Sono eterotrofi obbligati. I funghi fanno parte di un regno a se, del quale si conosce poco. Tra tutte le migliaia di specie di funghi, quelle del genere *Tuber* si sviluppano nel terreno e si riproducono per spore contenute in particolari involucri detti aschi. Il loro corpo fruttifero, il carpoforo, è quello che comunemente chiamiamo tartufo. Le ife hanno cellule separate da setti che consentono lo scorrimento di strutture e sostanze intracellulari.

¹ CRA - Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante, Gorizia

² Libero professionista, Firenze

³ Già CRA - Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo, Firenze

⁴ CRA - Istituto Sperimentale per la Difesa del Suolo, Rieti

⁵ Sono stati determinanti per le considerazioni che saranno espone i contributi del professor Mattia Bencivenga, e delle dottoresse Gabriella Di Massimo e Domizia Donnini dell'Università di Perugia, che ci hanno assistiti per tutto ciò che concerne l'aspetto bio-ecologico del problema tartufi. La successione dei nomi degli estensori della scheda segue l'ordine alfabetico, in quanto ogni singola tessera del mosaico ha permesso di affrontare questo problema ancora molto oscuro.

Le brevi e schematiche notizie appena espresse ci dicono che i tartufi sono degli allegri sconosciuti. Le ricerche sui tartufi sono poche, dato lo scarso interesse economico e sociale per la conoscenza dei funghi che non siano connessi alla salute dell'uomo o ai processi di fermentazione.

La scheda che proponiamo cerca di dare informazioni utili per la conoscenza degli *habitat* dei quattro tartufi eduli principali che, se poco conosciuti per la loro fisiologia, cioè come sviluppano la loro simbiosi con le radici delle piante, tuttavia hanno degli ambienti di fruttificazioni ben definiti per ogni specie; aspetto che cercheremo di dimostrare. Non si tratta in questo caso di una relazione tra qualità del suolo e qualità della pianta, ma di riconoscere i luoghi di fruttificazione, i siti cioè dove il fungo riesce a riprodursi. Per una tale impostazione è necessario prima di tutto che le ife possano diffondersi ovunque esistono piante simbionti e poi che le condizioni suolo vengano raggiunte. Per evitare enigmi è bene esprimere il concetto in altri termini: il fungo si estende ovunque incontra piante simbionti, ma si riproduce se e solo se si creano le condizioni suolo adatte alla fruttificazione. Accettato questo assunto, possiamo affrontare il tema della collocazione ambientale e spaziale dei singoli tartufi.

Infine, ricordiamo che i tartufi riportati nella scheda sono quelli che hanno avuto degli studi ambientali che si sono preoccupati di individuare i caratteri pedogeografici che potessero in qualche modo indicare le caratteristiche degli ambienti di crescita dei carpori.

20.2. *Tuber magnatum* Pico. Tartufo bianco

Detto anche tartufo di Alba, si rinviene in quasi tutte le Regioni d'Italia, dal Piemonte alla Basilicata, nelle aree balcaniche adriatiche e nel medio bacino del Danubio. Il corpo fruttifero ha dimensioni variabili da quella di un pisello a quella di una grossa arancia e raramente è ancora più grande (sono stati raccolti carpori di eccezionale grandezza e del peso di oltre 2 kg). Il peridio è liscio, di colore variabile dall'ocra pallido al giallo chiaro al verde tenue e talora con sfumature rossastre. Anche la gleba è di colore variabile dall'ocra chiaro al nocciola più o meno intenso ed è solcata da numerose vene bianche e sottili che scompaiono con la cottura. Gli aschi sono globosi od obovati, sub-pedunculati, contengono 1-4 spore e misurano in media 60-70 x 40-65 µm. Le spore sono di tipo alveolato, rotonde o lievemente ellittiche, il diametro è mediamente di 21-30 µm e gli alveoli sono grandi (10-20 µm di diametro), all'osservazione microscopica se ne contano 3-4. Si raccoglie da ottobre a dicembre sotto diverse specie arboree come le querce (*Quercus pubescens* Willd., *Quercus robur* L., *Quercus cerris* L.), i pioppi (*Populus sp.pl.*), i salici (*Salix sp.pl.*), i carpini (*Carpinus betulus* L., *Ostrya carpiniifolia* L.), il nocciolo (*Corylus avellana* L.), i tigli (*Tilia sp. pl.*), i pini (*Pinus pinea* L.), ecc. nei terreni non molto evoluti, generalmente poveri di scheletro, ma permeabili, a reazione

prevalentemente sub-alcaina (figura 20.1), ricchi di carbonato di calcio (figura 20.2), e dotati di un sufficiente grado di umidità durante tutte le stagioni. Inoltre, gli orizzonti che li ospitano sono molto soffici (densità apparente 1-1,1). Il terreno è ricco di macropori interconnessi e quindi ben aerato. Le zone di raccolta si rinvergono sotto copertura vegetale, soprattutto nei fondovalle, lungo i corsi d'acqua, e sui pendii collinari sottoposti a dinamica di versante; ovunque i processi morfologici, siano essi dovuti a fenomeni fluviali o di versante, attuano un disordine continuo delle particelle del suolo, sia attraverso deposizione continua di materiale alluvionale e colluviale, sia per fenomeni franosi, e dove persiste un sufficiente grado di umidità. In particolari, pedoambienti caratterizzati da roccia madre costituita da affioramenti rocciosi di marne tenere (areale di Acqualagna) in prossimità di piante isolate. Nelle tartufaie naturali produttive si rilevano sempre microclimi ben definiti ed uniformi, caratterizzati da limitate temperature estive, poco pronunciate escursioni termiche giornaliere e stagionali, elevata umidità dell'aria. Al contrario di quanto accade per il tartufo nero (*Tuber melanosporum* Vittad.), la sua presenza non viene segnalata da alterazioni della vegetazione (pianello).

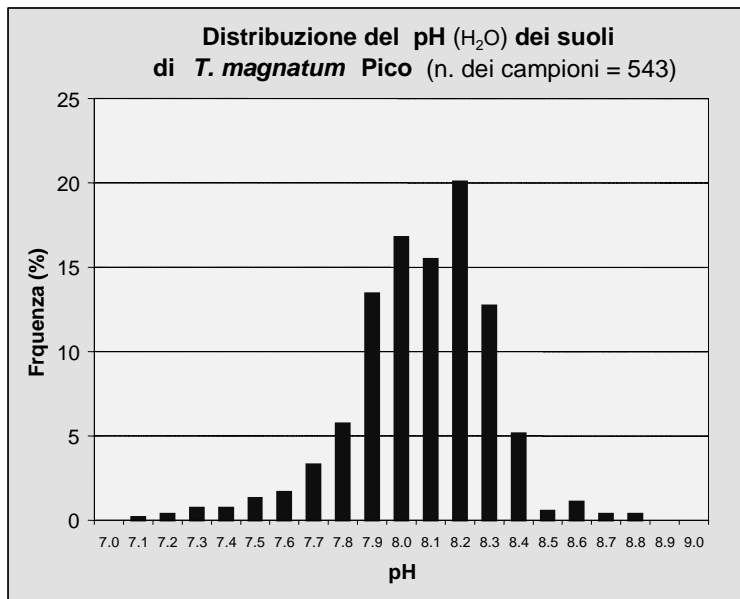


Figura 20.1. La concentrazione idrogenionica dei suoli che ospitano *T. magnatum* si addensa intorno a pH 8,1, dimostrando una predisposizione del prodotto tartufo decisamente subalcaina.

In un areale produttivo, solo i suoli che hanno particolari caratteristiche possono consentire la fruttificazione dei carpofori, tanto è vero che, come è riportato in tabella 20.1 e ripreso in figura 20.3, alcuni suoli, sebbene simili dal

punto di vista evolutivo, generalmente non producono, a meno che condizioni climatiche estreme per quell'ambiente, come una continua siccità estiva o una annata particolarmente umida, non creino altrove le condizioni idonee di fruttificazione. Si sono verificate annate particolarmente umide nelle quali si sono avute fruttificazioni anche intense lungo i versanti di aree solitamente produttive nei fondovalle, con scarse o nulle produzioni lungo il corso del fiume. La profondità di raccolta varia da pochi centimetri (2-5 cm) fino a oltre mezzo metro; di norma la maggior parte di tartufi bianchi si trova a profondità comprese tra 5 e 20 cm.

Tabella 20.1. Caratteristiche morfopedologiche dei suoli più rappresentativi del medio bacino del fiume Mirna, Istria.

ORIZZONTE		Settore 1	Settore 5	Settore 3	Settore 6
		Fondovalle produttivo	Fondovalle periodicamente produttivo	Fondovalle non produttivo	Versante non produttivo
OF	Profondità (cm)			1,5 – 0	
	Colore (Munsell)			2.5YR 2/1	
A	Profondità (cm)	0 - 15	0 – 10	0 – 15	0 - 8
	Colore (Munsell)	2.5YR 4/2	2.5YR 4/2	2.5YR 4/1	10YR 3/3
	Screziature ocra			2 mm, 10%	
	Grado di strutturazione	debole	debole	debole	moderato
AC	Profondità (cm)		10 - 33		
	Colore (Munsell)		2.5YR 4/3		
	Grado di strutturazione		debole		
BC/Bw	Profondità (cm)				8 – 39
	Colore (Munsell)				10YR 4/4
	Grado di strutturazione				evidente
C	Profondità (cm)	15 - 100+	33 - 100+	15 – 100+	39 – 65
	Colore (Munsell)	2.5YR 5/4	2.5YR 5/4	2.5YR 5/5	10YR 4/6
	Screziature ocra	3 mm, 15%		4 mm, 30%	
	Grado di strutturazione			debole	debole

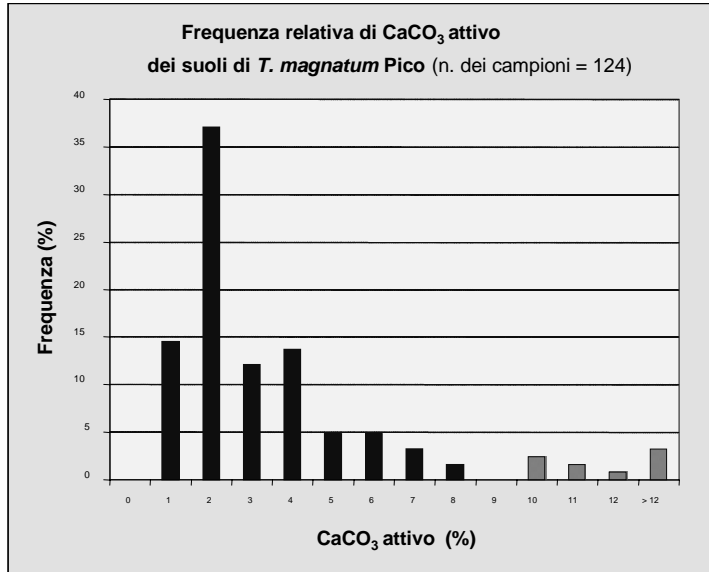


Figura 20.2. Il calcare è quasi sempre presente e quello attivo, che presenta un picco sul 2%, può raggiungere anche valori elevati, specie nei terreni marnosi.

T. magnatum può essere scambiato con il tartufo bianchetto (*Tuber borchii* Vittad.) che ha caratteristiche morfologiche simili; quest'ultimo si differenzia per il diverso periodo di raccolta, perché di solito è più piccolo, ha un peridio di colore non omogeneo che passa dal grigio al fulvo al marrone e non è mai giallo come il tartufo bianco, che invece ha un colore omogeneo e solo in qualche caso presenta sfumature rossastre. Altri elementi diagnostici sono le vene della gleba, che sono sottili e ravvicinate nel tartufo bianco e distanziate e più ampie nel bianchetto; il profumo è penetrante e gradevole nel tartufo bianco e agliaceo e sgradevole nel bianchetto. A livello microscopico, le spore del bianco si presentano con alveoli molto grandi ed irregolari, mentre quelle del bianchetto sono provviste di numerosissimi alveoli molto piccoli e disposti a nido d'ape. Solo alcune delle piantagioni realizzate da una quindicina d'anni, e dove sussistono le condizioni microambientali idonee al tartufo bianco per fruttificare (elevato ombreggiamento, arricchimento superficiale del terreno di materia organica, ecc.), sono entrate in produzione. A tale proposito va rilevato che analisi enzimatiche e biomolecolari condotte su piante micorrizzate con le spore di questa specie hanno rilevato la presenza di micorrize ascrivibili esclusivamente a tartufi del gruppo del bianchetto. È per tale motivo che da oltre 10 anni non vengono più impiantate tartufaie di tartufo bianco e gli istituti di ricerca non rilasciano più certificati di micorrizzazione delle piante inoculate con tale specie. Allo stato attuale, l'incremento della produzione può essere realizzato effettuando, nelle tartufaie naturali, interventi

capaci di creare e mantenere le condizioni ecologiche idonee al tartufo per fruttificare.

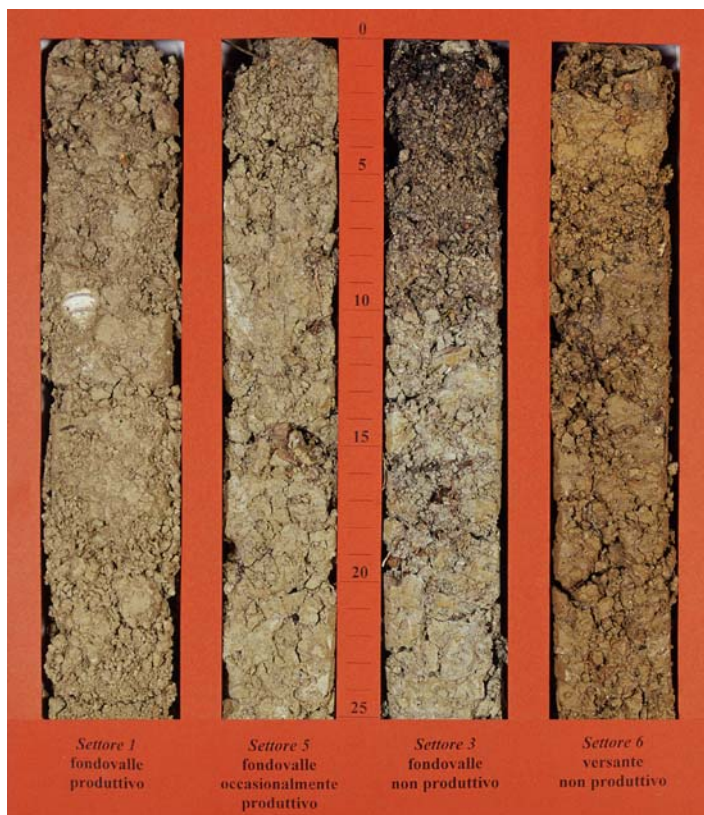


Figura 20.3. Monoliti di quattro suoli prelevati da Gilberto Bragato nella valle del f. Mirna in Istria che rappresentano altrettanti suoli di possibile produzione di *T. magnatum*.

*Si nota come i suoli non produttivi abbiano o ristagno di acqua in qualche periodo dell'anno o abbiano sviluppato ed organizzato aggregazioni di parti di suolo tali da modificare la distribuzione dei pori e forse il grado di ossigenazione del sistema. Per cui in questo ambiente sono idonei alla fruttificazione quei terreni alluvionali attuali nei quali si conserva la distribuzione caotica delle particelle elementari del suolo. In altre parole dove, nelle annate normali, il corso d'acqua esonda è più probabile la produzione di carpori di *T. magnatum*.*

20.3. *Tuber melanosporum* Vittad. Tartufo nero pregiato

Chiamato anche tartufo nero di Norcia o di Spoleto, tartufo nero dolce, trifola nera, si raccoglie in Italia da dicembre a marzo in tutto l'Appennino centro-

settentrionale sotto le piante di roverella (*Quercus pubescens*), di leccio (*Quercus ilex*), di nocciolo (*Corylus avellana*), di carpino (*Ostrya carpinifolia* e *Carpinus sp.pl.*), di pino domestico (*Pinus pinea*), di cisto (*Cistus incanus*), ecc. Le regioni più produttive sono l'Umbria, le Marche, l'Abruzzo e il Lazio. Rispetto al tartufo bianco, *Tuber melanosporum* ha un areale più ampio comprendente buona parte del bacino del Mediterraneo (Spagna, Portogallo, Francia, Italia, ex-Jugoslavia e Grecia). In particolare, in Francia è molto diffusa la sua raccolta e coltivazione e, con il nome di "Tartufo del Perigord" viene esportato in ogni parte del mondo.

Il corpo fruttifero ha una grandezza variabile da quella di un pisello a quella di una mela: normalmente raggiunge dimensioni inferiori rispetto al tartufo bianco (difficilmente si raccolgono tartufi del peso di 1 kg). Il peridio è verrucoso di colore nero fuliginoso con tonalità rossastre più evidenti alla base delle verruche; queste sono poligonali, generalmente depresse all'apice, piccole, conferendogli un aspetto meno rugoso rispetto a quello del tartufo estivo (*Tuber aestivum*). La gleba o polpa è nero-violacea a maturità, con venature bianche, fini, più o meno anomosotate tra loro e che virano verso il colore rosso dopo il taglio. Quando il tartufo è immaturo, il peridio è di colore rosso e la gleba è bianca. Le spore sono di tipo echinulato, ovali, di colore bruno scuro, riunite in aschi nel numero di 1-4; l'asse maggiore è di 25-35 µm, quello minore di 20-30 µm. Emanava un profumo delicato e molto gradevole.

Le esigenze pedoambientali del tartufo nero sono, per alcuni aspetti, molto simili a quelle del tartufo bianco, ed in particolare i suoli devono essere calcarei, ben aerati e drenanti, ma, al contrario di quest'ultimo, mai eccessivamente umidi per lunghi periodi.

Le aree dove cresce il tartufo nero sono ben riconoscibili in quanto si presentano prive o molto povere di vegetazione erbacea; si formano, cioè, piccole superfici generalmente circolari, con vegetazione diradata, chiamate cave o pianelli. La ragione della formazione dei pianelli non è ancora perfettamente nota: alcune prove di laboratorio hanno dimostrato che estratti di tartufo nero ostacolano lo sviluppo delle radici dei semi in via di germinazione; stessi risultati sono stati ottenuti facendo germinare i semi in ambienti molto ricchi di aroma di tartufo.

Il tartufo nero pregiato è un fungo che predilige ambienti caratterizzati da condizioni fisiche per lo più stabili, che gli garantiscono il permanere di una situazione a lui favorevole. Questa è la ragione per cui i due funghi, pur avendo esigenze molto simili, raramente si trovano negli stessi ambienti naturali.

L'esigenza di stabilità del sistema suolo può essere soddisfatta se si verificano tre diverse condizioni: la prima è che il suolo abbia una certa inerzia alle modificazioni (questa condizione è raggiunta attraverso la stabilità degli aggregati per azione del ferro, dell'alluminio e della materia organica che, in ambiente calcareo, funge da cementante, e in qualche caso per effetto dei materiali vetrosi vulcanici inclusi); la seconda condizione è che il versante sia stabile, come avviene sui calcari fessurati nei quali la circolazione dell'acqua è

soprattutto sotterranea (circolazione endoreica) oppure che si sia in presenza di superfici pianeggianti o sub-pianeggianti (come, ad esempio, gli alti morfologici, non interessati da apporti di materiali); la terza condizione, non sempre necessaria, è la presenza dell'azione ricorrente del gelo e del disgelo, che aumenta la porosità del sistema e nello stesso tempo stabilizza il suolo ed il pianello. Queste condizioni si riscontrano di preferenza sui versanti degli affioramenti di calcare intensamente fessurati e frammentati dalla tettonica e dai processi erosivi, comuni in molte parti dell'Appennino.

Un elemento aggiuntivo di stabilità è la presenza abbondante di scheletro, dentro e soprattutto sopra il suolo (ciottoli, ghiaie o detriti), ma sempre in condizioni morfologiche di relativa stabilità o in cui i processi erosivi sono prevalenti su quelli deposizionali, come nelle conoidi e nei detriti di falda inattivi, nei versanti non più soggetti a soliflussione. Lo scheletro in superficie, che spesso forma un vero e proprio strato, ha un effetto pacciamante, riflettendo la radiazione solare, riducendo la perdita di umidità del suolo per evaporazione, proteggendo le particelle più fini dall'erosione idrica e limitando l'effetto disgregatore della pioggia battente.

Dal punto di vista granulometrico il suolo tende ad essere da franco a franco argilloso, contiene sempre quantità discrete di carbonati ed il suo pH in acqua è subalcalino.

Se analizziamo i dati riportati in tabella 20.2, relativi a siti naturali localizzati in ambito appenninico (Marche, Umbria, Lazio ed Abruzzo), possiamo individuare le principali caratteristiche fisico-chimiche che consentono al tartufo nero pregiato di trovare il suo ambiente ideale.

In conclusione, il tartufo nero pregiato riesce a fruttificare solo se si verificano alcune condizioni ben precise, che sono: un ambiente fisiografico essenzialmente stabile che consenta la formazione del pianello, un suolo aerato, saturo di carbonati e scarsamente dinamico ed un clima che sia in grado di favorire la sofficità del suolo con le gelate invernali e che in estate sembra provochi uno stress necessario alla maturazione dei carpofori. È questo un ambiente che si ritrova con più facilità in regioni appenniniche, sui rilievi calcarei ed a quote tendenzialmente montane. Anche il clima preferito dal tartufo nero è simile a quello del bianco e ciò è dimostrato dalla presenza delle tartufaie delle due specie in aree molto vicine tra loro. Il microclima, però, è fortemente diverso: le temperature dell'aria e del terreno nelle cave del tartufo nero hanno, durante l'estate, valori medi più elevati (4-5°C) rispetto alle cave di tartufo bianco, mentre il contrario si verifica durante l'inverno. Anche la quantità di acqua a disposizione delle piante durante l'estate è inferiore nelle cave di tartufo nero rispetto a quelle del tartufo bianco.

Tabella 20.2. Principali caratteristiche chimico-fisiche dei suoli che ospitano tartufo nero pregiato in ambito appenninico (da: Raglione e Owczarek, 2005).

VARIABILE	MEDIA	DEV. STD.	MIN	MAX	CV %
Argilla %	20,1	12,5	1,2	46,2	62,2
Limo %	51,4	16,6	4,9	83,3	32,4
Sabbia %	28,4	12,1	10,7	62,3	42,6
Indice struttura	80,8	13,5	46,5	97,5	16,8
pH-KCl	7,3	0,1	7,1	7,7	1,8
pH-H ₂ O	7,9	0,2	7,5	8,4	2,4
CaCO ₃ tot. %	34,9	22,0	1,0	76,0	63,0
C %	3,2	1,9	0,6	9,8	59,2
Fe (mg kg ⁻¹)	148,5	90,3	31,7	323,3	60,8
Mn (mg kg ⁻¹)	237,7	132,5	53,3	534,1	55,7
Zn (mg kg ⁻¹)	9,0	7,7	1,1	38,7	84,7
Cu (mg kg ⁻¹)	17,9	17,8	1,1	88,9	99,4

Il tartufo nero evidenzia la propria presenza con la formazione del pianello e ciò comporta che esso possa essere raccolto zappando l'intera superficie di crescita. Questo metodo, che è stato vietato da tutte le leggi nazionali e regionali, è deprecabile perché provoca danni spesso irreversibili alle tartufaie. Altra causa di danneggiamento delle tartufaie naturali è imputabile all'infoltimento dei boschi in seguito all'esodo delle popolazioni agricole dalle colline e montagne e alla diminuzione del bestiame allevato allo stato brado.

Il tartufo nero si può confondere con diverse altre specie di tartufi a peridio nero che hanno la stessa epoca di raccolta come *Tuber brumale*, *Tuber brumale* forma *moschatum*, *Tuber aestivum* var. *uncinatum*, *Tuber mesentericum*, ecc. Si può distinguere da questi perché ha le verruche poco pronunciate, depresse all'estremità e provviste di striature rossastre alla base, il peridio di colore nero opaco con riflessi rossastri e la gleba di colore nero-violaceo. Altro mezzo di riconoscimento, riservato però agli esperti, è l'analisi delle spore che sono ellittiche, brune e di tipo echinulato.

Sin dai tempi antichi il tartufo nero è stato oggetto di prove di coltivazione che, in questi ultimi decenni, hanno fornito risultati produttivi economicamente validi. Si dispone, infatti, di piante tartufigene ben micorrizzate e certificate, si conoscono con sufficiente approssimazione le caratteristiche che debbono avere i siti idonei alla sua coltivazione. Con queste conoscenze può essere garantito il successo produttivo di una tartufaia coltivata di tartufo nero pregiato con il 90% di probabilità. Rimangono ancora alcuni punti da chiarire soprattutto nella scelta delle agrotecniche da utilizzare (potatura, spalcatura, soccorso irriguo, pacciamatura, lavorazioni del terreno prima e dopo l'impianto), che non possono essere univoche, ma che vanno di volta in volta

adeguate alle necessità, e non sono inoltre ancora noti i fattori biologici del suolo e del micelio che portano alla formazione dei carpofori.

20.4. *Tuber aestivum* Vittad

Chiamato volgarmente tartufo d'estate o scorzone, è un tartufo nero molto diffuso in tutta la penisola e nelle maggiori isole italiane. Si raccoglie ad altitudini diverse (100-1500 m s.l.m.) sotto le *Cistaceae*, le *Pinaceae* e tutte le altre specie simbionti citate per i tartufi precedenti e in terreni alquanto variabili.

Il corpo fruttifero ha dimensioni simili al tartufo nero e si riconosce per il perizio con verruche grossolane, piramidali, con le facce striate trasversalmente, di colore nerolucido dopo il lavaggio, e gleba di colore variabile dal marmoreo al nocciola più o meno intenso, con venature chiare, numerose e più o meno ramificate. Le spore sono irregolarmente alveolate, ellittico-rottondate, riunite in numero di 1-3 per asco. Matura da maggio-giugno ad agosto-settembre.

È certamente il tartufo più diffuso in Italia e quello che si sviluppa nelle più varie condizioni pedoclimatiche. La grande variabilità ambientale ha fatto supporre l'esistenza di ecotipi diversi adattati a differenti situazioni ambientali: ecotipi oggi riconosciuti a livello biomolecolare. Preferisce i terreni calcarei, pur essendo possibile raccoglierlo anche in terreni decalcificati, purché sia presente dello scheletro calcareo. Origina pianelli più o meno evidenti e si rinviene anche nei boschi di latifoglie ed in pinete abbastanza fitti. A differenza del tartufo nero pregiato, non sempre produce il "pianello", in particolare in presenza di densa vegetazione arborea e di pascolo. Fondamentale sembra essere il ruolo svolto da quest'ultimo nel contenimento della vegetazione erbacea ed arbustiva; nelle aree non più frequentate dagli animali si assiste ad un progressivo decremento di produzione. Non sono state rilevate particolari preferenze nei riguardi dell'esposizione, del grado di copertura della vegetazione e del clima.

Il tartufo scorzone, pur trovandosi frequentemente in suoli a reazione debolmente (pH 7,4 – 7,8) e moderatamente alcalina (pH 7,9 – 8,4), rispetto ai tartufi più pregiati è anche in grado di fruttificare in condizioni di neutralità (pH 6,6 – 7,3). In tabella 20.3 sono riportati i risultati delle analisi fisico-chimiche condotte su campioni di suolo provenienti da siti di produzione naturale rinvenuti nell'Italia centrale. È un tartufo che tendenzialmente si sviluppa piuttosto in superficie, mediamente nei primi 5-10 cm di suolo; talvolta è visibile direttamente sul terreno, ma si può rinvenire anche a 30 cm di profondità.

Tabella 20.3. Principali caratteristiche chimico-fisiche dei suoli che ospitano tartufo scorzone in Italia centrale (da: Raglione e Owczarek, 2005).

VARIABILE	MEDIA	DEV. STD.	MIN.	MAX.	CV %
Argilla %	33	13,7	2	78	41,5
Limo %	42	12,1	7	78	28,8
Sabbia %	24	10,4	12	65	43,3
Indice struttura	80,9	14,8	42,8	97,9	18,3
pH-KCl	7	0,5	4,9	7,4	7,1
pH-H ₂ O	7,8	0,4	6,3	8,5	5,1
CaCO ₃ tot. %	35,7	23,4	0	75	65,5
C %	3,4	3,6	0,3	23,2	105,9
Fe (mg kg ⁻¹)	253,9	191,7	41,5	677,3	75,5
Mn (mg kg ⁻¹)	267	495,7	72,9	2183,8	185,7
Zn (mg kg ⁻¹)	12,1	6,1	4,8	22,2	50,4
Cu (mg kg ⁻¹)	61,1	41,2	7	163	67,4

Unitamente alle osservazioni di campagna circa la generale maggior compattezza dei suoli del *T. aestivum* rispetto a quelli del *T. melanosporum*, quanto sopra suggerisce l'ipotesi che questo tartufo cerchi negli strati del terreno che sono a contatto con l'atmosfera, un'areazione maggiore di quella presente negli orizzonti più profondi. È un tartufo sottovalutato in quanto pur avendo un buon sapore ed aroma, nel mercato spunta prezzi nettamente inferiori a quelli delle specie più pregiate (1/4, 1/5 rispetto a *Tuber melanosporum*).

Specie dotata di notevole plasticità ambientale, può essere coltivata in quasi tutti i terreni, purché abbiano reazione da neutra a sub-alcina e non siano fortemente compatti.

Abbondanti produzioni di scorzoni sono state ottenute in alcuni rimboschimenti eseguiti nell'Italia centrale utilizzando piantine non micorrizzate di latifoglie e di conifere, sia in purezza, sia consociate tra loro. In molti casi sono stati ottenuti tartufi estivi in tartufaie coltivate realizzate con piante micorrizzate con tartufi di altre specie.

Queste osservazioni confortano coloro che intendono coltivare *Tuber aestivum* perché, se allo stato si ha produzione in situazioni estreme come quelle accennate, a maggior ragione verranno prodotti tartufi negli impianti eseguiti seguendo scrupolosamente le moderne tecniche di coltivazione. Si deve far rilevare che, in base alla elevata variabilità intraspecifica, si deve consigliare di impiantare le tartufaie utilizzando piantine micorrizzate con tartufi raccolti in loco.

20.5. Tuber brumale Vittad

È il meno ricercato ed apprezzato tra i cosiddetti tartufi “neri”, in particolare nella sua varietà moschatum De Ferry che emana un forte aroma di muschio ed ha un sapore piccante. Il peridio è bruno-nerastro, con verruche piccole e simili a quelle del *T. melanosporum*, la gleba è grigio-bruna con grosse venature bianche, la grandezza è quasi sempre inferiore a quella di un uovo di gallina. Le spore sono aculeate, di colore giallo-bruno, in numero massimo di cinque per asco, matura da gennaio a marzo. Si rinviene sia negli areali di sviluppo del *T. magnatum*, che in quelli del *T. melanosporum*, in simbiosi con le stesse specie arboree, fatta eccezione per le più xerofile (ad esempio, leccio); preferisce le zone morfologicamente depresse o, comunque, quelle in cui minore è il drenaggio e maggiore l'umidità del suolo. La sua presenza non dà luogo al pianello ed il suo rinvenimento in tartufaie naturali o artificiali di specie più pregiate è indice di peggioramento delle condizioni ecologiche e di declino delle produzioni di queste. Esso costituisce un grosso problema per la tartuficoltura francese in quanto in moltissimi impianti artificiali si va sostituendo al tartufo nero pregiato, con netta perdita del valore economico delle produzioni. Le cause di ciò potrebbero essere ricercate nell'eccessivo uso di irrigazione e nella compattazione del suolo. L'irrigazione viene interpretata come normale prassi colturale e non come soccorso irriguo in periodi di siccità prolungata, per cui si creano condizioni di eccesso di acqua nel suolo, in particolare nelle situazioni di scarso drenaggio, negative per lo sviluppo del tartufo nero pregiato, ma ininfluenti per quello del Brumale. La compattazione del suolo è una conseguenza dell'eccesso irriguo, del passaggio delle macchine agricole per le lavorazioni del terreno post impianto, della tendenza naturale del suolo a ricostituire nel tempo le originarie condizioni di porosità, obliterando la macroporosità creata con le lavorazioni pre impianto (scasso). Per quanto riguarda i siti in cui si rinviene questa specie, gli elementi di campagna fondamentali sono: la loro collocazione sempre in condizioni di basso morfologico o al piede dei versanti, ove si ha presenza di maggiore umidità del suolo, lo scheletro è quasi sempre assente o se presente lo è in quantità minime, gli aggregati di suolo sono di dimensioni medio-grandi e da mediamente resistenti a resistenti alla compressione, si ha quasi sempre la presenza di figure pedologiche da scarso drenaggio.

20.6. Tuber Borchii Vittad

Ha peridio, o scorza, liscia e di colore biancastro tendente al fulvo e gleba, o polpa, chiara tendente al fulvo, fino al violaceo-bruno, con venature numerose e ramosse. Ha spore leggermente ellittiche regolarmente alveolate o reticolate a piccole maglie riunite in aschi fino a 4. Emana un profumo tendente un po' all'odore dell'aglio. Matura da metà gennaio a metà aprile. Le dimensioni dei

carpofori sono ridotte rispetto a quelle delle altre specie di tartufi, generalmente come quelle di una nocciola o poco più, raramente raggiungono la grandezza di un uovo di gallina.

Si tratta di una specie dotata di notevole plasticità ambientale, potendo svilupparsi dal livello del mare fino ai 1000 metri di quota, su svariate tipologie di terreni, da quelli più sciolti e sabbiosi come sono quelli delle pinete costiere, a quelli collinari argillosi. Si hanno anche segnalazioni di ritrovamenti di carpofori su terreni a reazione acida.

Per quanto riguarda gli *habitat*, generalmente il tartufo Bianchetto preferisce i boschi ad alto fusto di conifere, principalmente della specie *Pinus* (*Pinus domestica in primis*, *Pinus nigra* e *Pinus maritima*) e quindi le pinete costiere, i rimboschimenti delle zone interne e i boschi cedui coniferati; seguono i boschi cedui di specie quercine quali roverella e leccio, specialmente ai margini di questi con i coltivi, nelle chiare, lungo i sentieri nel bosco, nelle zone di nuova colonizzazione da parte delle piante arboree. Non mancano i siti legati ad ambienti antropici quali i filari di piante lungo le strade. Per tutti questi ambienti c'è una certa variabilità nella copertura arborea, anche se si può affermare che la preferenza è quella di avere una scarsa copertura di chiome. Molto spesso la produzione di Bianchetto si sposta sul margine di un bosco, mentre diminuisce nettamente col progredire della chiusura dello stesso. Inoltre, sembra esservi un'importante relazione fra la produzione di Bianchetto e il taglio del ceduo; la quantità di carpofori e la loro pezzatura si eleva notevolmente nei 2-3 anni successivi al taglio, per poi riprendere gradualmente i valori normali.

Carpofori della specie Bianchetto sono stati rinvenuti anche in molti impianti effettuati con piantine micorrizzate con tartufo bianco. Tali ritrovamenti, unitamente alla constatazione che giovani piante in tartufaie naturali di *T. magnatum* risultano micorrizzate con tartufi della famiglia dei bianchetti, danno corpo all'ipotesi che il tartufo bianco, prima di insediarsi, abbia necessità di una preparazione, soprattutto biologica, del suolo da parte di altri funghi ectomicorrizici.

Le indagini sinora eseguite, soprattutto in Toscana, permettono di definire con precisione alcune caratteristiche degli *habitat* del Bianchetto.

La distribuzione dei siti rilevati nei confronti dei tipi climatici mostra che il Bianchetto cresce e fruttifica un po' in tutti i tipi climatici, fatta eccezione per il tipo "perumido" montano. Il Bianchetto sembra pertanto non temere né climi caldi e siccitosi, né climi rigidi e piovosi, con, tuttavia, una certa preferenza per i climi più caldi. Da un punto di vista microclimatico preferisce le posizioni di alto morfologico, ben assolate e illuminate, suoli molto drenanti per tessitura o presenza di scheletro, rifugge zone con inversione termica e con nebbie. Il periodo di fruttificazione è anticipato nelle zone a clima mediterraneo (gennaio-febbraio) e posticipato in collina (febbraio-marzo) e ancora di più in montagna (marzo-aprile).

Le sabbie delle dune costiere sono il litotipo preferito dal Bianchetto, ma, in vari ambienti sia collinari che sub montani, significativa è anche la sua frequenza in formazioni marnose o flyschoidi con strati lapidei fortemente scagliosi; rinvenimenti sono stati effettuati anche in rocce ultrabasiche, che non ospitano altri tipi di tartufi.

Per quanto riguarda la morfologia dei siti occorre sottolineare che il Bianchetto, ad esclusione delle dune costiere, nelle zone più interne si localizza quasi esclusivamente nelle parti alte e medio alte dei versanti, in particolare sulle creste, in zone sommitali, prevalentemente di forma convessa e lineare, generalmente poco pendenti (0-15%). L'esigenza sembra quella di posizionarsi in zone dove massime sono la perdita di acqua dal sistema, l'insolazione e l'esposizione ai venti. È amante, come detto, dei cordoni dunali costieri, con preferenza al loro interno delle parti rilevate convesse, debolmente pendenti (0-8%). Quasi assente nei fondovalle di origine recente, un po' più presente in quelli terrazzati, con substrato sabbioso e sabbioso ghiaioso. Per quanto riguarda le caratteristiche dei suoli, il Bianchetto, è un tartufo poco esigente dal punto di vista nutrizionale o comunque meno esigente delle altre specie di tartufo.

I risultati delle analisi condotte sui campioni di suolo prelevati nei siti studiati mostrano valori di pH da ricondurre ad una reazione subalcalina. Molto importante sembra essere anche il contenuto in calcare totale; esistono siti in cui il Bianchetto sembra poterne fare a meno, ma la presenza di calcare è in linea generale una sicurezza di maggior produzione e di migliore pezzatura.

Un altro carattere da non sottovalutare è costituito dalla tessitura del suolo; seppur con una certa variabilità, il tartufo bianchetto preferisce terreni tendenzialmente sciolti (franco sabbiosi, sabbioso franchi e sabbiosi). Nei terreni più fini (franco argillosi e franco limosi) è spesso presente dello scheletro di tipo ghiaioso oppure un buon grado di aggregazione strutturale, che facilitano il drenaggio delle acque e l'aerazione del terreno. Misurazioni della densità apparente del suolo confermano la tendenza del Bianchetto a preferire orizzonti soffici e poco compattati; la densità apparente del suolo sembra essere inversamente collegata con la pezzatura dei carpofori (alti valori danno pezzature più piccole e viceversa). È molto frequente rilevare una pezzatura maggiore in orizzonti anche solo saltuariamente interessati da lavorazioni agricole, o più in generale in situazioni ove sono presenti dei movimenti di terreno sia di origine naturale che antropica. In tabella 20.4 sono riportate alcune informazioni circa le caratteristiche dei suoli predisponenti o limitanti la coltivazione del Bianchetto.

Riassumendo si può dire che dal punto di vista chimico-fisico il *T. borchii* rifugge i suoli poco drenanti a tessitura fine, a reazione debolmente acida o fortemente alcalina, privi di calcare.

Tabella 20.4. Principali caratteristiche chimico-fisiche dei suoli ai fini della coltivazione del tartufo bianchetto (da: Gardin, 2005, modificato).

PARAMETRI	FAVOREVOLI	SFAVOREVOLI
Tessitura	S ÷ FLA	L ÷ A
Reazione (pH)	6,5 ÷ 8,5	< 6,5; > 8,5
Calcare (%)	0 ÷ 10	0

20.7. Considerazioni generali

Dalle informazioni sinora disponibili circa le esigenze ecologiche delle varie specie di tartufi eduli emerge come solo per il tartufo Nero pregiato sia possibile identificare con sicurezza i suoli idonei alla sua crescita. Emergono, però, alcune caratteristiche comuni a tutti i funghi studiati, che possono individuare le esigenze ambientali dei tartufi in generale e delle singole specie in particolare.

In generale, i suoli che consentono ai tartufi di fruttificare sono subalcalini e con un certo tenore di calcare attivo. Il calcare attivo sembra favorire insieme ad una densità apparente intorno all'unità (intorno al 25% di vuoti di grosse dimensioni) una buona aerazione del sistema nonché una certa ossigenazione del suolo, causa la sottrazione di CO₂ per precipitazione sotto forma di ossalato di calcio. Questa condizione sembra soddisfare gran parte dei casi studiati anche se necessitano ulteriori indagini in quanto sia per il Bianco che per lo Scorzone, il Brumale ed il Bianchetto si sono verificati dei casi, meno dell'1%, di suoli produttivi tendenzialmente neutri e con assenza di carbonati nella terra fine. Statisticamente, quindi, si può dire che tendenzialmente tutti i tartufi eduli descritti preferiscono suoli soffici, con buona aerazione e con presenza di calcare attivo. Queste condizioni possono realizzarsi in ambienti molto diversi fra di loro ed allora è il meccanismo di formazione dei siti che diventa determinante per la presenza delle varie specie.

Per quanto riguarda il *T. magnatum*, esso si insedia in tutte quelle situazioni in cui le condizioni di forte aerazione del suolo sono realizzate da una notevole dinamica ambientale quale cospicua erosione dei versanti frane, esondazioni, turbative da lavorazione o da animali (ad esempio, attività di lombrichi) e viene mantenuta costantemente una certa umidità del suolo. Esso rifugge, però, il ristagno idrico ed anche in condizioni di estrema vicinanza a corsi d'acqua perenni il suolo è sempre ben drenato ed aerato.

Il *T. melanosporum* sembra essere, tra i tartufi eduli, quello che ha un più lungo tempo tra la sua nascita (fine primavera) e la sua maturazione (inverno); esso deve superare in fase saprofitica tutto il periodo estivo e per la sopravvivenza dei carpofori abbisogna che nel terreno sia continuamente

presente una minima umidità. A tale scopo questo tartufo, attraverso l'emissione di tossine, elimina tutte le concorrenti erbacee formando intorno alla pianta simbiote un'area priva di vegetazione detta pianello o bruciata. Di estrema importanza ai fini della conservazione dell'umidità del suolo e della sua difesa dall'erosione è anche la presenza di notevoli quantità di scheletro, che espleta inoltre la funzione di contrastarne la compattazione e, quindi, di rendere più soffice, areato e drenante l'ambiente suolo. I siti preferiti da questo tartufo sono caratterizzati da scarsa dinamicità ambientale e spesso sono costituiti da suoli che hanno subito processi di parziale decarbonatazione e successiva ricarbonatazione.

Il diverso meccanismo di formazione dei siti idonei ai due tartufi suddetti fa sì che essi si rinvengano sempre in porzioni di territorio fra di loro ben differenziate e differenziabili, mentre le altre specie eduli considerate convivono indifferentemente con l'una o con l'altra, nell'uno o nell'altro ambiente. Solo il *T. borchii* può essere l'unico presente in specifici contesti, quali le dune e le piane costiere a tessitura sabbiosa. In associazione con gli altri, esso preferisce crinali e versanti esposti, posizioni di alto morfologico, superfici convesse o lineari, suoli sottili, soggetti alla dinamica di versante, o molto scheletrici, a tessitura grossolana, a debole aggregazione. La produzione di carpori viene molto limitata dalla chiusura del bosco ed è favorita dal pascolo. Fenomeno questo che si verifica anche per *T. aestivum*.

Siti con caratteristiche completamente opposte a quelli del Bianchetto sono quelli propri del *T. brumale*. In associazione sia con il *T. magnatum* che con il *T. melanosporum*, esso si rinviene sempre in posizione morfologica depressa, ove maggiore è la presenza di acqua nel suolo e può esservi ristagno idrico; le particelle hanno una forte aggregazione, strutturazione media e medio-grande, possono essere presenti un certo dinamismo, una bassa porosità ed una scarsa aerazione.

Il *T. aestivum*, unitamente alla sua varietà *uncinatum*, è molto variabile dal punto di vista genetico e questa sua dinamicità interna fa sì che esso si adatti a molte situazioni pedoambientali. A seconda del genotipo può fruttificare in superficie come alla profondità di 20-30 cm, può sopportare climi più caldi e più freddi, più secchi o più umidi rispetto al tartufo Nero, più umidi rispetto al tartufo Bianco. In tutte le situazioni, però, il suolo deve avere una sufficiente aerazione ed un drenaggio che non consenta il ristagno idrico; si sostituisce al *T. melanosporum* ove l'erosione riduce sensibilmente la profondità del suolo, può dar luogo a pianelli più o meno evidenti a seconda della densità del bosco, nell'arco dell'anno può fruttificare per un periodo di tempo molto lungo, da giugno a dicembre.

Le strategie cambiano, ma le principali esigenze rimangono le stesse, tutti i tartufi necessitano di avere suoli umidi e drenanti, ben aerati e saturati in cationi, subalcalini, con presenza di carbonati, ma alcuni di essi, o meglio alcuni loro genotipi, tollerano anche suoli prossimi alla neutralità e privi di carbonati.

Bibliografia di riferimento

- BACIARELLI, FALINI, L., BENCIVENGA, M., 2002. *Valutazione e tecniche di miglioramento di alcune tartufaie coltivate nello spoletino*. Micologia Italiana, 31,3, 29-43.
- BAGLIONI, F., GARDIN, L., 1998. *Carta della vocazione naturale del territorio toscano alla produzione di tartufo scorzone*. In: I tartufi in Toscana. Compagnia delle Foreste, Arezzo, pagina 184.
- BENCIVENGA, M., 2001. *La tartuficoltura in Italia: problematiche e prospettive*. Atti del Vème Congres International Science et Culture de la Truffe, 4-6 marzo 1999, Aix-en-Provence, France, 27-29.
- BENCIVENGA, M., VENTURELLA, G., 2001. *Contribution to the knowledge of the genus Tuber in Sicily*. Bocconea, 13, 301-304.
- BENCIVENGA, M., 2004. *Stato attuale della tartuficoltura italiana. Seminario sullo stato attuale della tartuficoltura italiana, Spoleto - Norcia*. 21-22 febbraio 2004, (in corso di pubblicazione).
- BONI, C., PUXEDDU, M., TOCCI, A., 1993. *Ecologia e possibilità di coltivazione di Tuber borchii Vitt. (Tuber albidum Pico) in Sardegna*. Linea Ecologica - Economia Montana, 25,3, 44-46.
- BRAGATO, G., GARDIN, L., LULLI, L., PANINI, T., PRIMAVERA, F., 1992. *I suoli delle tartufaie naturali della zona di San Miniato (Pisa)*. Monti e Boschi, 43,2, 17-24.
- BRAGATO, G., PANINI, T., PAGLIAI, M., 1992. *Soil porosity and structural conditions in soils involved in white truffle production in the "Crete Senesi" area (Tuscany)*. Agricoltura Mediterranea, 122, 180-188.
- CASTRIGNANO, A., GOOVAERTS, P., LULLI, L., BRAGATO, G., 2000. *A geostatistical approach to estimate the probability of occurrence of T. melanosporum in relation to some soil properties*. Geoderma, 98:95-113.
- DE SIMONE, C., LORENZONI, P., RAGLIONE, M., 1993. *Il manganese nei suoli di produzione di Tuber melanosporum e Tuber aestivum*. Ann. Fac. Agr. Univ. Sassari (I), 35, 415-418.
- DI MASSIMO, G., 2004. *Coltivazione delle piante tartufigene e risultati conseguiti. Seminario sullo stato attuale della tartuficoltura italiana, Spoleto - Norcia*. 21-22 febbraio 2004, (in corso di pubblicazione).
- DONNINI, D., BACIARELLI FALINI, L., BENCIVENGA, M., 2003. *Indagine preliminare sulla affinità di Quercus pubescens Willd. e Ostrya carpinifolia Scop. nei confronti di Tuber melanosporum Vittad. Tuber aestivum Vittad. e Tuber brumale Vittad.*. Micologia Italiana, 23, 1, 29-35.
- DONNINI, D., BACIARELLI FALINI, L., BENCIVENGA, M., 2001. *Analisi della micorrizzazione in tartufaie coltivate di Tuber melanosporum Vittad. impiantate da oltre 12 anni in ambienti pedoclimatici diversi*. Atti Vème Congres International Science et Culture de la Truffe, 4-6 marzo 1999, Aix-en-Provence (France), 437-440.
- DONNINI, D., 2004. *Controllo morfologico e certificazione delle piante micorrizzate*. Seminario sullo stato attuale della tartuficoltura italiana, Spoleto - Norcia, 21/22 febbraio 2004, (in corso di pubblicazione).
- DONNINI, D., BACIARELLI FALINI, L., 2004. *Tartufaie naturali di Tuber aestivum Vittad. su Castanea sativa Miller in Umbria*. Micologia Italiana, (in corso di pubblicazione).

- DONNINI, D., BACIARELLI FALINI, L., DI MASSIMO, G., BENCIVENGA, M., 2004. *Éssais expérimentales de cultivation des truffières en Umbria (Italie du Centre)*. Iè re Symposium sur les Champignons Hypogés du Bassin Méditerranéen, Rabat (Maroc). 6-8 aprile (in corso di pubblicazione).
- GARDIN, L., 2005. *I tartufi minori in Toscana. Gli ambienti di crescita dei tartufi maruolo e scorzone*. Quaderno ARSIA, 1/2005, Firenze.
- GARDIN, L., BAGLIONI, F., LULLI, L., RISI, B., 1997. *Indagine ecologica sul tartufo scorzone (Tuber Aestivum Vitt.) in Toscana*. Monti e Boschi, 48, 5, 13-18.
- GREGORI, E., LULLI, L., MELI, C., SANI, A., 1997. *TIMAGNUM, un prototipo di sistema esperto per la valutazione dell'attitudine della stazione all'impianto di tartufaie artificiali di tartufo bianco (Tuber magnatum Pico)*. Genio Rurale, 40, 12, 49-60.
- GREGORI, E., MELI, C., SANI, L., 1998. *Attitudine della stazione all'impianto di tartufaie di Tuber magnatum Pico: un esempio di valutazione basato sulle tecnologie dell'Intelligenza Artificiale*. In: I tartufi in Toscana. Compagnia delle Foreste, Arezzo, pagina, 184.
- GREGORI, E., MELI, C., SANI, L., 1998. *La valutazione delle condizioni favorevoli alla fruttificazione del tartufo bianco pregiato (Tuber magnatum Pico)*. Sherwood, 8, 35-41.
- GREGORI, G., TOCCI, A., BONI, C., PUXEDDU, M., 1995. *Il Tuber aestivum Vitt in Sardegna: ecologia e prospettive culturali*. Linea Ecologica – Economia Montana, 27, 4, 41-47.
- LANZA, B., OWCZAREK, M., DE MARCO, A., RAGLIONE, M., 2004. *Evaluation of phytotoxicity and genotoxicity of substances produced by Tuber aestivum and distributed in the soil using Vicia faba root micronucleus test*. FEB, 12, 1410-1414.
- LORENZONI, P., DE SIMONE, C., RAGLIONE, M., 1995. *Valutazione di alcuni parametri pedologici nella caratterizzazione dei suoli idonei alla produzione di tartufo nero pregiato*. Agricoltura e Ricerca n.160.
- LULLI, L., 1998. *Gli aspetti pedoambientali relativi al tartufo bianco ed al tartufo neri pregiati*. In: I tartufi in Toscana. Compagnia delle Foreste, Arezzo, pagina, 184.
- LULLI, L., BRAGATO, G., 1992. *Quali caratteri devono avere i terreni naturali per produrre il tartufo bianco pregiato*. L'Informatore Agrario, 48, 47, 69-72.
- LULLI, L., BRAGATO, G., GARDIN, L., 1999. *Occurrence of Tuber melanosporum in relation to soil surface layer properties and soil differentiation*. Plant and Soil, 214, 85-92.
- LULLI, L., BRAGATO, G., GARDIN, L., PANINI, T., PRIMAVERA, F., 1992. *I suoli delle tartufaie naturali della bassa valle del Santerno (Mugello - Toscana)*. L'Italia Forestale e Montana, 47, 251-267.
- LULLI, L., PAGLIAI, M., BRAGATO, G., PRIMAVERA, F., 1993. *La combinazione dei caratteri che determinano il pedoambiente favorevole alla crescita di Tuber magnatum Pico nei suoli dei depositi marnosi dello Shlier in Acqualagna (Marche)*. Quaderni di Scienza del Suolo, 5, 143-159.
- LULLI, L., PANINI, T., BRAGATO, G., GARDIN, L., PRIMAVERA, F., 1991. *I suoli delle tartufaie naturali delle Crete Senesi*. Monti e Boschi, 42, 5, 31-39.
- MIRABELLA, A., 1983. *Indagine preliminare sui suoli di alcune tartufaie di Tuber Magnatum Pico (tartufo bianco pregiato) nella valli del Metauro, Foglia, Marecchia e Savio nelle Marche*. Annali Istituto Sperimentale Selvicoltura, 14, 389-407.
- MIRABELLA, A., PRIMAVERA, F., GARDIN, L., 1992. *Formation dynamics and characterization of clay minerals in a natural truffle bed of Tuber magnatum Pico on Pliocene sediments in Tuscany*. Agricoltura Mediterranea, 4, 433-444.

- PANINI, T., BRAGATO, G., GARDIN, L., LULLI, L., PRIMAVERA, F., 1991. *Suoli e siti tartufigeni di un versante tipico della zona di S. Miniato in Toscana*. L'Italia Forestale e Montana, 46, 373-393.
- PANINI, T., LULLI, L., BRAGATO, G., PAGLIAI, M., PRIMAVERA, F., 1993. *Suoli e siti del Tuber melanosporum Vitt. sulla Scaglia rossa di Volperino (PG)*. Monti e Boschi, 44, 2, 28-34.
- PRIMAVERA, F., LULLI, L., 1992. *I siti e i suoli naturali del tartufo bianco pregiato nella collina toscana (Crete Senesi e San Miniato)*. Atti Congresso Micologia e vegetazione mediterranea. L'Aquila, Vol. VII, n.2, 225-231.
- RAGLIONE, M., LORENZONI, P., DE SIMONE, C., MONACO, R., ANGIUS, A., 1992. *Osservazioni sulle caratteristiche pedologiche di alcuni siti di tartufo nero pregiato (Tuber melanosporum Vitt) in provincia di Rieti*. Micologia e Vegetazione mediterranea, 7, 211-224.
- RAGLIONE, M., 1993. *L'ambiente e i suoli del tartufo nero pregiato*. Tuber, 1, 9-12.
- RAGLIONE, M., DE SIMONE, C., LORENZONI, P., 1997. *La qualità del suolo in relazione ad un uso agricolo sostenibile del territorio. Un'applicazione alla tartuficoltura*. Conv. SISS, Roma, 3-5 giugno.
- RAGLIONE, M., OWCZAREK, M., 2005. *The soils of natural environments for growth of truffles in Italy*. Mycologia Balcanica, 2, 209-216.
- TANFULLI, M., DONNINI, D., BENCIVENGA, M., 2001. *Problematiche relative alla conservazione delle tartufaie naturali*. Seminario "Gestione delle Risorse Agro-Forestali in Aree Protette", Ancona, 19-21 febbraio. Informatore Botanico Italiano, 33,1, 184-187.
- TANFULLI, M., GIOVAGNOTTI, E., DONNINI, D., BACIARELLI FALINI, L., 2001. *Analisi della micorrizzazione in tartufaie coltivate di Tuber aestivum Vittad. e Tuber borchii Vittad. impiantate da oltre 12 anni in ambienti pedoclimatici diversi*. Atti Vè me Congres International Science et Culture de la Truffe, 4-6 marzo 1999, Aix-en-Provence (France), 480-486.
- TOCCI, A., VERACINI, A., 1992. *Sistema di monitoraggio climatico per un'ipotesi di modello previsionale di produttività di aree tartufigene*. Linea Ecologica - Economia Montana, 24, 1, 29-31.
- TOCCI, A., VERACINI, A., ZAZZI, A., 1995. *Indagini preliminari sulla ecologia del tartufo bianco (Tuber magnatum) in Molise*. Micologia Italiana, 24, 2, 64-69.