

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA TUSCIA DI
VITERBO

*Dipartimento di Produzione Vegetale
Sezione Ortofloroarboricoltura*



Tesi di Dottorato di Ricerca

in “ORTOFLOROFRUTTICOLTURA” – XVIII Ciclo

Settore Scientifico-Disciplinare AGR 03

FATTORI DI QUALITÀ DELLA NOCCIOLA

DOTTORANDO:
Dott. **Valerio CRISTOFORI**

TUTOR:
Prof.ssa **Cristina BIGNAMI**

COORDINATORE:
Prof. **Francesco SACCARDO**

Anno Accademico 2003-2005

INDICE

1	INTRODUZIONE	
1.1	ASPETTI DI MERCATO	Pag. 5
1.1.1	Dimensione produttiva internazionale del nocciolo	Pag. 5
1.1.2	Dimensione produttiva italiana	Pag. 6
1.2	CARATTERISTICHE BOTANICHE E CICLO DI FRUTTIFICAZIONE DEL NOCCIOLO	Pag. 8
1.2.1	Caratteristiche botaniche	Pag. 8
1.2.2	Ciclo di fruttificazione	Pag. 8
1.2.3	Processi fisiologici connessi con la maturazione della nocciola	Pag. 11
1.3	QUALITA' DELLA NOCCIOLA E FATTORI COINVOLTI	Pag. 17
1.4	RISORSE GENETICHE E MIGLIORAMENTO VARIETALE DEL NOCCIOLO	Pag. 18
1.4.1	Panorama varietale	Pag. 18
1.4.2	Miglioramento genetico del nocciolo	Pag. 19
1.4.3	Conservazione del germoplasma	Pag. 22
1.5	ASPETTI COMMERCIALI E NUTRIZIONALI DELLA NOCCIOLA	Pag. 24
1.5.1	Parametri di qualità e idoneità all'utilizzazione industriale	Pag. 24
1.5.2	Caratteristiche compositive e valore nutrizionale della nocciola	Pag. 26
1.5.3	Analisi sensoriale e qualità delle nocciole	Pag. 33
1.6	TECNICA COLTURALE E VALORIZZAZIONE DELLE RISORSE	Pag. 37
1.6.1	Tecniche agronomiche e gestione del corileto	Pag. 37
1.6.1	Esigenze idriche e valorizzazione dell'irrigazione del nocciolo	Pag. 41
2	SCOPO DELLA RICERCA	Pag. 45
3	MATERIALI E METODI	Pag. 47
3.1	PRIMO LAVORO: DINAMICA DELLA COMPOSIZIONE DEL FRUTTO DURANTE LO SVILUPPO	Pag. 47

3.2	SECONDO LAVORO: CRESCITA E MATURAZIONE DELLE NOCCIOLE IN FUNZIONE DEL FATTORE COLTURALE IRRIGAZIONE	Pag. 47
3.3	TERZO LAVORO: CARATTERIZZAZIONE DI CULTIVAR DI NOCCIOLO DI INTERESSE NAZIONALE ED INTERNAZIONALE	Pag. 47
3.4	Caratteristiche degli impianti	Pag. 51
3.4.1	Noccioleto presso l'azienda Valentini a Caprarola	Pag. 51
3.4.2	Noccioleto presso l'azienda Cristofori a Caprarola	Pag. 52
3.4.3	Campo collezione presso l'ARSIAL (Vico Matrino)	Pag. 54
3.5	DATI CLIMATICI	Pag. 55
3.5.1	Caprarola (VT): Aziende Valentini e Cristofori	Pag. 55
3.5.2	Vico Matrino (VT): Campo collezione ARSIAL	Pag. 56
3.6	RILIEVI	Pag. 59
3.6.1	Caratterizzazione carpologica	Pag. 59
3.6.2	Analisi della composizione chimica	Pag. 59
4	RISULTATI E DISCUSSIONI	Pag. 67
4.1	PRIMO LAVORO: DINAMICA DELLA COMPOSIZIONE DEL FRUTTO DURANTE LO SVILUPPO	Pag. 67
4.1.1	Caratteristiche tecnologiche di frutti e semi	Pag. 67
4.1.2	Contenuto di umidità e accumulo di sostanza secca nei semi	Pag. 69
4.1.3	Contenuto di sostanza grassa nei semi	Pag. 70
4.1.4	Profilo acidico dell'olio durante la crescita della nocciola	Pag. 72
4.1.5	Contenuto di azoto totale nei semi	Pag. 77
4.1.6	Contenuto di zuccheri solubili, polialcoli e acidi organici nei semi	Pag. 79
4.1.7	Contenuto di amido nei semi	Pag. 88
4.1.8	Contenuto di polifenoli totali nei semi	Pag. 90
4.1.9	Contenuto di umidità e di polifenoli totali nel perisperma	Pag. 92
4.1.10	Potere antiossidante del seme e del perisperma	Pag. 95
4.2	SECONDO LAVORO: CRESCITA E MATURAZIONE	Pag. 97

	DELLE NOCCIOLE IN FUNZIONE DEL FATTORE COLTURALE IRRIGAZIONE	
4.2.1	Caratteristiche tecnologiche di frutti e semi	Pag. 97
4.2.2	Contenuto di umidità e accumulo di sostanza secca nei semi	Pag. 98
4.2.3	Contenuto di sostanza grassa nei semi	Pag. 99
4.2.4	Profilo acidico dell'olio durante la crescita	Pag. 100
4.2.5	Contenuto di azoto totale nei semi	Pag. 104
4.2.6	Contenuto di zuccheri solubili, polialcoli e acidi organici nei semi	Pag. 106
4.2.7	Contenuto di amido nei semi	Pag. 114
4.2.8	Contenuto di polifenoli totali nei semi	Pag. 116
4.2.9	Contenuto di umidità e di polifenoli totali nel perisperma	Pag. 118
4.2.10	Potere antiossidante del seme e del perisperma in funzione del fattore irrigazione	Pag. 120
4.3	TERZO LAVORO: CARATTERIZZAZIONE DI CULTIVAR DI NOCCIOLO DI INTERESSE NAZIONALE ED INTERNAZIONALE	Pag. 123
4.3.1	Caratteristiche carpologiche di frutti e semi	Pag. 123
4.3.2	Caratteri qualitativi fisici di frutti e semi	Pag. 127
4.3.3	Contenuto di sostanza grassa nei semi	Pag. 130
4.3.4	Composizione acidica dell'olio	Pag. 131
4.3.5	Contenuto di zuccheri solubili, polialcoli e acidi organici nei semi	Pag. 135
4.3.6	Contenuto di amido nei semi	Pag. 138
4.3.7	Contenuto di polifenoli totali nei semi	Pag. 140
4.3.8	Potere antiossidante del seme	Pag. 142
4.3.9	Analisi sensoriale	Pag. 144
5	CONCLUSIONI	Pag. 150
6	BIBLIOGRAFIA	Pag. 153

1. - INTRODUZIONE

1.1 – ASPETTI DI MERCATO.

1.1.1 – Dimensione produttiva internazionale del nocciolo.

Il nocciolo (*Corylus avellana* L.), originario dell'area del Mediterraneo e dei Balcani, si è diffuso in coltura in Europa e nel Nord America, raggiungendo tra la frutta in guscio una importanza a livello mondiale che per produzione è seconda solo a quella del mandorlo e del noce (dati FAO). Più recentemente si stanno orientando verso questa coltura anche alcuni Paesi dell'Est asiatico e dell'emisfero meridionale.

Secondo la Food and Agriculture Organization (dati FAO 2005), la superficie coltivata a nocciolo ha fatto registrare una progressiva crescita, passando da 299.000 ettari rilevati per il 1961 ad un massimo di 537.600 ettari raggiunti nel 2005. Nello stesso periodo l'incremento della produzione è passato da 182.000 tonnellate raccolte nel 1961 a 880.000 tonnellate nel 2001. Nel corso degli ultimi 40 anni, la produzione corilicola turca è cresciuta del 728%, mentre quella italiana è aumentata del 126%.

Le più estese coltivazioni corilicole sono localizzate in Turchia, Italia e Spagna, rispettivamente con 379.000, 68.348 e 22.600 ettari nel 2005; tali superfici costituiscono complessivamente oltre l'85% dei nocciolieti mondiali. Analizzando le rese unitarie medie per ettaro, si osserva che gli USA detengono il primato con 3,78 tonnellate pari ad oltre il doppio della media europea; ciò è dovuto principalmente alla massiccia meccanizzazione della corilicoltura americana e all'elevato utilizzo di prodotti fertilizzanti e fitosanitari. Francia e Georgia hanno ottenuto rese di 2 tonnellate, seguite da Turchia e Italia rispettivamente con 1,88 e 1,74 tonnellate. Sempre in base ai dati FAO relativi al 2005, Spagna e, fra le ex repubbliche sovietiche, Azerbaijan hanno prodotto rispettivamente 22.500 e 20.000 tonnellate di nocciole (tab. 1.1.1). Nel continente asiatico, oltre che in Azerbaijan, Georgia, Uzbekistan, e parte della Turchia, la nocciolicoltura è presente in Iran e Cina con dimensioni produttive di 11.000 tonnellate ciascuna.

Relativamente al mercato internazionale, l'Italia è seconda dopo la Turchia per l'esportazione di nocciole sgusciate, forma in cui avviene principalmente la

commercializzazione. Nel biennio 1995-96 solo il 2,4% della produzione mondiale è stato esportato in guscio.

Tabella 1.1.1. Produzione mondiale di nocciole in guscio nei principali Paesi produttori (dati FAO).

Paese	Produzione (000 t)					
	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Turchia	470	625	600	480	350	500
Italia	98,5	119,5	119,5	83,2	143,3	129,2
USA	20,4	44,9	17,6	34,4	34,2	25,4
Spagna	25,2	26,7	26,5	12,5	25,7	22,5
Azerbaijan	13,3	15,9	16,1	19,9	5,5	20
Georgia	14,2	11,3	13,9	14,8	8,8	4
Cina	9	11	12	13	13	13,5
Francia	5,1	3,9	5,4	3,7	5,7	6,5
Bielorussia	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Russia	2	2	2	2,5	3	3,5
Uzbekistan	1,2	1,2	1,1	1	1	1
Grecia	2,4	2,7	2,5	2,5	2,2	2,1
Croazia	0,4	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5
Portogallo	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4
Ucraina	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
MONDO	679,1	882,8	834,9	686,7	612,7	747,5

1.1.2 – Dimensione produttiva italiana.

In Italia la coltivazione del nocciolo ha subito una notevole evoluzione negli ultimi 60 anni, passando dai circa 31.000 ettari degli anni '50 agli attuali 70.000 ettari in coltura specializzata. Nello stesso periodo la produzione è passata da 23.800 ad oltre 100.000 tonnellate, con oscillazioni annuali in funzione degli andamenti climatici. Secondo i dati rilevati dall'ISTAT nell'ambito delle statistiche agricole (ISTAT, 2002), la superficie complessiva investita a nocciolo risulta attualmente pari a 69.323

ettari; di questi, 41.887 (pari al 60,4%) sono ubicati nel Mezzogiorno e 27.436 (pari al 39,6%) nel Centro-Nord.

I principali areali corilicoli italiani sono situati in Campania, Lazio, Sicilia e Piemonte rispettivamente con 24.900, 18.900, 15.400 e 8.000 ettari, che nel loro insieme forniscono oltre il 93% dell'intera produzione nazionale. Superfici e produzioni sono sostanzialmente stabili in Campania e Lazio, in leggero incremento in Piemonte ed in forte diminuzione in Sicilia (Spina, 1996). Tra le regioni di nuova corilicoltura, in progressiva ascesa, un posto interessante è occupato dalla Calabria. L'esame dei dati regionali e provinciali relativi al 2002 evidenzia come la coltivazione sia ancor più localizzata in talune aree elettive per la corilicoltura; le provincie più interessate sono le seguenti:

- in Campania, Avellino, Napoli, Caserta e Salerno, dove i nocciuleti rivestono una superficie rispettivamente di 12.500, 6.800, 3.200 e 2.300 ettari, per una produzione complessiva di 54.000 tonnellate;
- nel Lazio, Viterbo e Roma, che raggiungono rispettivamente 17.500 e 1.200 ettari, per una produzione di 35.100 tonnellate di cui 33.400 solo a Viterbo;
- in Sicilia, Messina, Catania ed Enna, che possiedono 12.500, 1.500 e 1.100 ettari a nocciuleti, con 18.000 tonnellate di nocciole prodotte;
- in Piemonte, nelle provincie di Cuneo ed Asti si trovano rispettivamente 6.600 e 1.200 ettari, con produzioni di circa 15.500 tonnellate.

In centro Italia, come è noto, la coltivazione del nocciolo riveste una notevole importanza economica per la provincia di Viterbo, dove è concentrata la quasi totalità della produzione laziale, pari a circa il 30% di quella nazionale. Nel Viterbese, e più precisamente in 30 comuni della provincia, è investita a nocciolo una superficie che rappresenta oltre il 90% della corilicoltura regionale. Le restanti 4 provincie concorrono per una parte irrilevante della produzione, ed hanno rese più basse rispetto al Viterbese, in particolare nel Reatino, dove la corilicoltura assume attualmente spazi marginali (fonte DEAR, Università degli Studi della Tuscia, 2002).

1.2 – CARATTERISTICHE BOTANICHE E CICLO DI FRUTTIFICAZIONE DEL NOCCIOLO

1.2.1 – Caratteristiche botaniche.

Il nocciolo appartiene all'ordine delle *Fagales*, alla famiglia delle *Corylaceae*, al genere *Corylus*, che comprende 25 specie. Le più importanti sono *C. avellana* (il nocciolo comune), *C. maxima* (il nocciolo gigante), *C. colurna* (il nocciolo turco) e *C. pontica*.

Il nocciolo allo stato naturale assume aspetto cespuglioso per i numerosi polloni che emergono dalla ceppaia. Il tronco presenta una corteccia liscia e compatta; il legno è leggero; i rami sono provvisti di numerose lenticelle; le foglie, semplici ed alterne, di colore verde-cupo, sono ovoidali, con margine seghettato e pagina inferiore pubescente.

All'ascella delle foglie si formano le gemme a legno e le gemme miste, le quali si differenziano dalle prime per la presenza nella porzione apicale di un ciuffo di stili rosso-scuri che emergono dalle perule in dicembre-febbraio. Sempre all'ascella delle foglie si accrescono gli amenti, riuniti in gruppi da 1 a 5, che emergono in giugno e raggiungono il pieno sviluppo in dicembre-febbraio, quando si ha l'emissione del polline. Il frutto è una nucula globoso-ovoide, con seme edule ricco in olio.

L'apparato radicale si estende oltre la proiezione della chioma e si sviluppa in profondità, in prevalenza nei primi 50 cm, in funzione della natura del terreno e delle tecniche di coltivazione utilizzate (Tombesi, 1985).

1.2.2 – Ciclo di fruttificazione.

Il nocciolo è una specie monoica e diclina, che porta cioè sulla stessa pianta fiori femminili e maschili, i quali hanno periodi di maturazione e di sviluppo differenti.

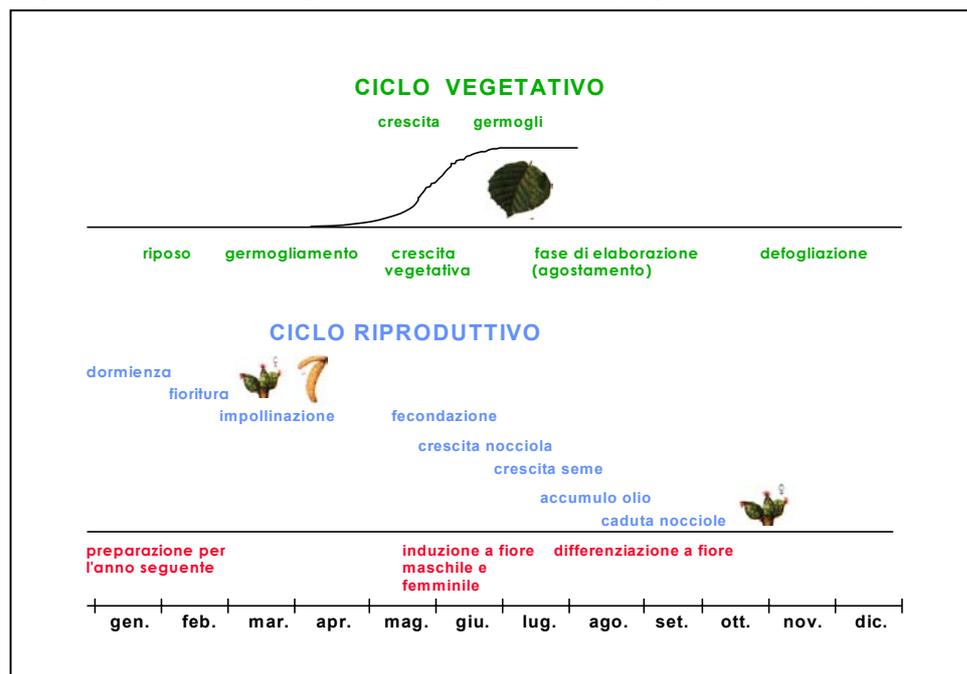
Il ciclo di fruttificazione del nocciolo inizia con l'induzione a fiore e la differenziazione degli organi fiorali. Questi processi si avviano nei mesi di maggio e giugno, prima per le infiorescenze maschili ed in seguito per le gemme miste contenenti i fiori femminili. Dopo l'induzione, le gemme a fiore differenziano gli organi fiorali (fig. 1.2.1).

Nel corso dell'estate si ha la differenziazione degli amenti, con il progressivo allungamento e la formazione di stami ed antere, nel cui interno si formano i granuli pollinici. Questi ultimi vengono portati per via anemofila sulle superfici stilari dei fiori femminili, costituiti da pistilli i cui stili emergono in inverno dalla sommità delle gemme. Quasi tutte le cultivar di nocciolo sono autosterili.

Con la fecondazione si ha la formazione dell'embrione e dei cotiledoni, che costituiscono la parte edule del frutto. Da giugno le nocciole si accrescono rapidamente e si avvia all'interno lo sviluppo del seme, a scapito del tessuto midollare dell'ovario, che si riduce ad un sottile strato rossiccio (perisperma) fra seme e guscio. Quest'ultimo deriva dalla parte esterna dell'ovario e subisce una lignificazione delle porzioni periferiche a quelle di collegamento con il rametto.

Intorno all'ovario si accrescono le stipole di aspetto cartilagineo, che formano gli involucri del frutto. Questi nel *Corylus avellana* L. avvolgono parzialmente la nocula, che a maturità si libera e cade naturalmente.

Figura 1.2.1. Ciclo biologico annuale del nocciolo (Bignami *et al.*, 1999).



Appena dopo la fecondazione i frutti cominciano un attivo sviluppo, raggiungendo in un mese le dimensioni definitive; i tessuti sono però molto ricchi di acqua ed hanno uno scarso contenuto in sostanza secca. Infatti, considerando il peso secco dei frutti nel loro complesso, si constata che essi incrementano il loro peso a partire dalla fine

di giugno fino alla raccolta in maniera continua e costante. Il seme, invece, aumenta il proprio peso più tardivamente; l'incremento comincia ad essere consistente dalla fine di luglio alla raccolta.

Pertanto in un primo momento il frutto cresce in dimensioni, poi consolida la struttura e la consistenza del guscio, per ultimo provvede al completamento del seme. In particolare la nocciola mostra una curva sigmoideale e tre diversi periodi di sviluppo sia nei semi che nei frutti: un primo stadio a partire dalla fecondazione che dura circa 4-5 settimane; un secondo che va dalla 5^a alla 12^a settimana di sviluppo, e il terzo dalla 14^a settimana fino al completo sviluppo. A completa maturazione i frutti sono costituiti dal guscio nella proporzione del 50-60% e dal seme per il 40-50%, a seconda delle cultivar e delle condizioni colturali (Tombesi, 1985).

Le nocciole senza seme, isolate, cadono prima del periodo di maturazione con il loro involucro; la stessa cosa accade per le infruttescenze composte principalmente da vuoti. Nei casi più gravi le perdite possono raggiungere l'80-90% della produzione (Ribaldi, 1968). Le cause ipotizzate per spiegare questo fenomeno sono numerose: un'insufficiente impollinazione non può essere responsabile della produzione di frutti senza seme, poiché un fiore non impollinato non raggiunge mai le dimensioni di una nocciola vuota (Thompson, 1967). Tuttavia la percentuale di frutti senza seme dipende dal tipo di impollinatori (Zielinski e Thompson, 1966) ed è una caratteristica varietale (Painter, 1956). Dimoulas (1979) ha provato che, indipendentemente dai diversi tipi di placentazione, il numero d'ovuli fecondati per nocciola ha una grande influenza sulla formazione di alcuni tipi di frutti vuoti. Questo fenomeno dipende dall'attitudine o meno della varietà a dare frutti con seme doppio.

Alcune pratiche colturali sembrano influenzare la quantità di vuoti: gli alberi potati in modo deciso hanno un'incidenza minore del difetto di quelli non potati; allo stesso modo, un deficit idrico può essere legato ad un alto grado di vuoti. Inoltre, tale incidenza può essere influenzata dal tipo di suolo (Painter, 1960), e principalmente una buona disponibilità di potassio sembra ridurre il numero di vuoti (Painter e Hariman, 1958).

Ma oltre ai fattori genetici e colturali, anche i parametri climatici giocano un ruolo preponderante in questi fenomeni. Ribaldi (1968) ha osservato nell'area di Viterbo che le basse temperature e un'elevata piovosità durante la fecondazione erano legate ad un'alta percentuale di vuoti. L'ipotesi concernente l'effetto delle basse

temperature è stata sostenuta da Lagerstedt (1973). Alcuni Autori hanno dimostrato che la percentuale di vuoti era nettamente più elevata quando la media delle temperature massime settimanali nella seconda metà di giugno, cioè durante le due settimane seguenti la fecondazione, erano inferiori ai 21°C. Tuttavia, isolati abbassamenti delle temperature diurne giornaliere sotto queste soglie sembrano non avere effetto. (Latorse *et al.*, 1981)

1.2.3 - Processi fisiologici connessi con la maturazione della nocciola

Come descritto precedentemente, i frutti subito dopo la fecondazione avviano un attivo sviluppo, raggiungendo in un mese le dimensioni definitive ed i tessuti molto ricchi di acqua evidenziano un progressivo aumento del loro peso secco. Pertanto, ad una iniziale crescita delle dimensioni del frutto, succede il consolidamento della struttura e l'aumento della consistenza del guscio, a cui fa seguito il completamento del seme (Tombesi, 1985).

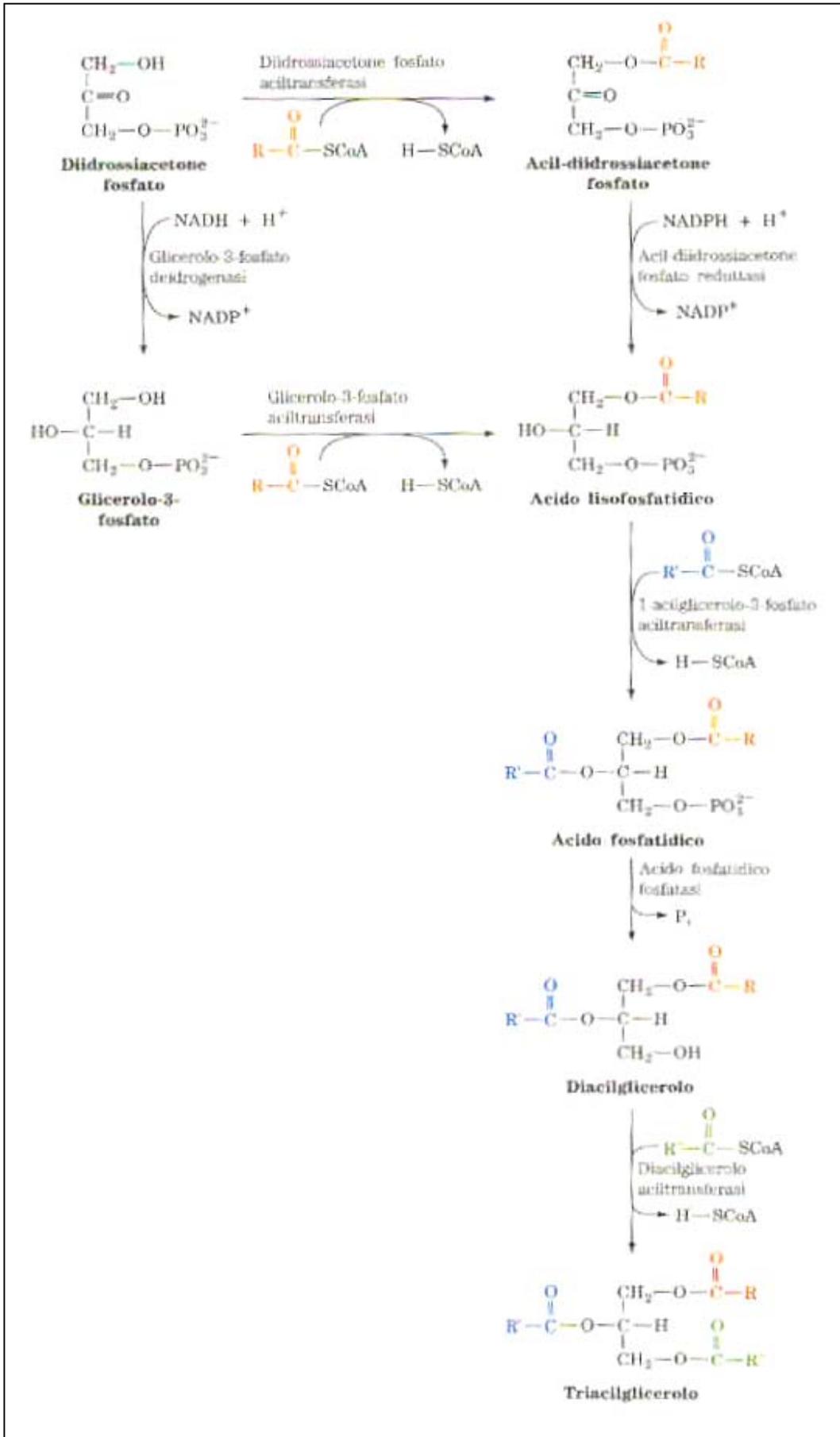
Dal punto di vista fisiologico di particolare rilevanza è il processo di formazione dei gliceridi nei semi, indagato da alcuni Autori durante la maturazione delle nocciole nella cultivar Tonda di Giffoni (Lotti *et al.*, 1985).

Il profilo lipidico subisce delle variazioni nel corso della crescita del seme:

- 1) nei primi stadi sono presenti alte percentuali di monogliceridi, sensibili quantità di digliceridi e piccole quantità di trigliceridi;
- 2) la composizione acidica percentuale dell'estratto totale e delle varie classi di gliceridi mostra variazioni notevolissime tra le classi stesse durante il corso della crescita del seme e della maturazione. In particolare la composizione acidica delle frazioni dei mono e digliceridi differisce sostanzialmente, dal punto di vista quantitativo, da quella dei trigliceridi. Durante la maturazione diminuiscono fortemente i contenuti in acido linoleico e linolenico, mentre aumenta continuamente quello in acido oleico, che rappresenta l'acido fondamentale dell'olio dei semi di nocciola.

L'andamento sembra indicare che la biosintesi dei trigliceridi è legata alla velocità di formazione dei monogliceridi, mentre i digliceridi rimarrebbero come termini di passaggio intermedi, scarsamente accumulabili. Ciò può indicare una esterificazione graduale della glicerina, man mano che gli acidi grassi si formano, avvalorata dal

fatto che la loro quantità come acidi liberi rimane sempre assai piccola durante l'intero corso della maturazione ed in parte può anche essere di origine idrolitica per azione delle lipasi presenti. E' da presumere quindi che nei semi di nocciolo, la via biosintetica per la formazione dei triacilgliceroli sia quella di Kennedy del glicerol-fosfato (figura 1.2.3 a).



(Figura 1.2.3 a) – Reazioni della biosintesi dei triacilgliceroli (Voet *et al.*, 2001).

Si deve tenere presente, da un punto di vista quantitativo, che, mentre negli ultimi stadi della maturazione predominano i trigliceridi, nei primi stadi predominano invece nel seme i fosfolipidi e i glucolipidi, che non compaiono nei valori della tabella 1.2.3 b. Inoltre è noto che, nel corso della formazione del seme, si verificano riarrangiamenti tra le varie classi di gliceridi (Lotti *et al.*, 1985).

(Tabella 1.2.3 b) – Composizione percentuale delle classi di acilgliceroli e acidi liberi negli estratti dei semi di *Corylus avellana* L. durante la crescita del frutto (da Lotti *et al.*, 1985).

Rilievi	Trigliceridi	Digliceridi	Monogliceridi	Acidi liberi
2 giugno	5,23	18,15	71,14	5,48
10 giugno	12,64	17,23	64,89	5,24
15 giugno	19,44	14,73	60,71	5,12
21 giugno	65,07	12,00	18,95	3,98
12 luglio	79,50	8,24	10,24	2,02
7 settembre	90,80	2,08	5,80	1,32

Anche i processi biosintetici che regolano la formazione dei polifenoli rappresentano un elemento di grande importanza, in particolare se correlati ad alcuni fattori agronomici e alla loro influenza sull'accumulo nei semi (Fregoni *et al.*, 1998). I fenoli vegetali sono biosintetizzati seguendo diverse vie, rappresentando così, da un punto di vista metabolico, un gruppo eterogeneo. Due vie biosintetiche di base sono coinvolte: la via dell'acido scichimico (figura 1.2.3 c) e la via dell'acido malonico. La prima partecipa alla biosintesi della maggior parte dei fenoli vegetali, mentre la seconda riveste nelle piante superiori un significato minore.

Dalla via dell'acido scichimico vengono sintetizzati i tre amminoacidi aromatici fenilalanina, tirosina e triptofano. La maggior parte delle classi di composti fenolici secondari vegetali deriva dalla fenilalanina e dalla tirosina. Nella maggior parte delle specie vegetali il passaggio chiave in queste sintesi è la conversione della fenilalanina in acido cinnamico per eliminazione di una molecola di ammoniaca.

Questa reazione è catalizzata dalla fenilalanina ammoniaca-liasi (PAL). L'attività di tale enzima regolatore nelle piante è sotto il controllo di diversi fattori esterni e

interni come gli ormoni, le quantità di elementi nutritivi, la luce, le infezioni fungine e le ferite (Salisbury, 1994).

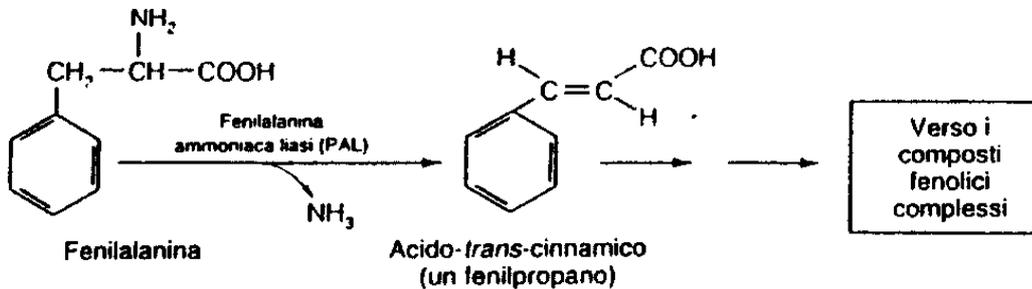


Figura 1.2.3 c: nella maggior parte delle specie vegetali un passaggio importante nella biosintesi dei fenoli è la deaminazione della fenilalanina da acido trans-cinnamico. L'acido trans-cinnamico, un fenilpropano, è un importante mattone per costruire composti fenolici complessi. Questa reazione è catalizzata dalla fenilalanina ammoniaca-liasi (PAL).

In linea generale è possibile affermare che la composizione del seme durante la crescita del frutto è caratterizzata da alcuni processi, quali l'accumulo dell'olio, la variazione del contenuto di zuccheri, la diminuzione dell'umidità. Si modificano anche il profilo degli acidi grassi e degli zuccheri. Il complesso di queste dinamiche determina il differente sapore della nocciola matura ed immatura ed conferma la necessità di una corretta epoca di raccolta evidenziando l'opportunità della applicazione dell'analisi sensoriale per la valutazione qualitativa (Bignami *et al.*, 2002). La composizione del seme e del perisperma varia con la cultivar in alcune fasi di crescita. La pellicola del seme presenta un elevato contenuto di polifenoli totali, probabilmente connessi con la stabilità della nocciola durante la conservazione (Yuritas *et al.*, 2000) e con il sapore della nocciola sia fresca sia tostata (Mehlenbacher, 1991).

Un momento cruciale nella definizione della composizione finale della nocciola può essere individuata nella prima metà di agosto, quando importanti processi fisiologici si sviluppano in stretta dipendenza delle condizioni ambientali e colturali. In particolare, si è osservato il picco di accumulo di olio nel seme, che può essere, a sua volta influenzato dalla produzione e disponibilità *in situ* di zuccheri. A causa dell'insolubilità in acqua e della difficoltà di trasporto per via floematica o

xilematica, i lipidi nei semi e nei frutti sono infatti sintetizzati soprattutto direttamente nei siti di riserva, utilizzando come substrato il saccarosio o altri zuccheri traslocati (Bignami *et al.*, 2002).

1.3 – QUALITA' DELLA NOCCIOLA E FATTORI COINVOLTI

La qualità delle nocciole ha origine in campo, nel nocciolo, e può perfezionarsi o deteriorarsi nelle fasi post-raccolta, di essiccamento, conservazione, sgusciatura e tostatura. In specifico, la qualità prende avvio nei noccioli ubicati in aree vocate, nei quali vengono condotte razionali ed adeguate cure colturali, quali potature, spollonature, concimazioni, irrigazioni, controllo delle erbe infestanti, difesa fitosanitaria, tali da consentire alle piante di esprimersi al meglio e di fornire la giusta quantità di prodotto con la migliore qualità.

Anche il panorama varietale della specie, caratterizzato da un patrimonio genetico di grande valore, ma non sempre di utilità agronomica e tecnologica, concorre pesantemente all'ottenimento di produzioni qualificate, in base alle esigenze dell'industria dolciaria, che non gradisce partite di nocciole eterogenee (Pilone *et al.*, 1995).

Pur non mettendo al riparo dalle alee dell'andamento climatico, che possono causare una variabilità di produzione negli anni, la scelta delle aree più vocate e delle cultivar più idonee alla coltivazione del nocciolo offre maggiori garanzie di poter ottenere un prodotto qualitativamente rispondente alle richieste del mercato e di potere gestire il processo produttivo con un limitato apporto energetico esterno. Nei terreni via via più marginali che sono stati interessati dall'espansione della coltura nei momenti favorevoli (anni '70), si sono manifestati invece gli effetti negativi di alcuni limiti climatici e pedologici, come la bassa disponibilità idrica e le fasi aride più prolungate nel periodo estivo, il limitato franco di coltivazione e la bassa capacità di ritenuta idrica dei suoli, la maggiore frequenza di piogge e gelate durante l'impollinazione e le fasi preparatorie alla fecondazione.

Nelle principali regioni produttrici (Campania, Lazio, Piemonte), riconosciuta l'importanza della utilizzazione di tecniche di produzione integrata per il nocciolo, si sono approntati in collaborazione con gli organismi pubblici, le Associazioni dei Produttori e le Istituzioni di ricerca, i "Disciplinari di Produzione Integrata" e le "Disposizioni operative per l'applicazione dei regolamenti CEE 1257/99 e 746/92", che tendono ad affermare il rispetto della vocazionalità e ad evidenziare soluzioni finalizzate alla migliore utilizzazione delle risorse naturali ed al minor apporto esterno di prodotti di sintesi per la difesa, la nutrizione e la lotta alle malerbe.

1.4 – RISORSE GENETICHE E MIGLIORAMENTO VARIETALE DEL NOCCIOLO.

1.4.1 – Panorama varietale.

Il panorama varietale del nocciolo comprende circa 400 cultivar derivate da un processo di selezione su popolazioni spontanee (Mehlenbacher, 1991), che rappresentano per questa specie un patrimonio genetico di grande valore. Ciò nonostante, la produzione mondiale è basata su circa 20 cultivar selezionate nelle aree di maggiore espansione della coltura. Esse sono adatte alle condizioni ambientali presenti nelle zone di coltivazione, caratterizzate prevalentemente da clima mite, con alta piovosità ed estati fresche (Chandler, 1957; Kavardzhikov, 1982; Hummer *et al.*, 1986).

La variabilità interna della specie, infatti, non è sempre apprezzata dal mercato che esige prodotti il più possibile uniformi, perché la presenza di cultivar con caratteristiche insoddisfacenti crea una eterogeneità del prodotto che ne penalizza la qualità, sia durante la conservazione, sia nella delicata fase della tostatura. Questo in virtù del fatto che la quasi totalità delle nocciole è destinata all'utilizzo industriale, che esige per facilità di lavorazione nocciole di uguale grandezza per ottenere un prodotto finale omogeneo (Tombesi *et al.*, 2002).

A questo proposito è bene ricordare che le nocciole appartenenti alle diverse cultivar presentano caratteristiche peculiari e tali da renderle più o meno idonee alle molteplici lavorazioni industriali. Le caratteristiche richieste dall'industria riguardano aspetti morfologici e tecnologici e fisico-chimici.

La forma che più si presta agli impieghi industriali è quella sferoidale e i calibri che meglio si adattano a questa utilizzazione sono quelli medio-piccoli.

Le principali cultivar utilizzate dall'industria dolciaria sono Tonda Gentile delle Langhe, Tonda Gentile Romana, Tonda di Giffoni, S. Giovanni, Mortarella, Riccia di Talanico, Tonda Bianca, Tonda Rossa, prodotte in Italia; Tombul, Sivri, Palaz, Fosa, Cakildak in Turchia; Negret, Pauetet prodotte in Spagna. La produzione dell'Oregon è stata finalizzata al consumo fresco e solo di recente si è indirizzata all'uso industriale (Tombesi *et al.*, 2002).

1.4.2 – Miglioramento genetico del nocciolo.

La pressochè esclusiva destinazione della nocciola all'industria dolciaria impone come prioritarie l'assenza di difetti e ben precise caratteristiche morfologiche e fisico-chimiche, nonché requisiti sanitari ed omogeneità delle partite (Rivella, 1984). Mentre l'incidenza di molti difetti è in buona parte dipendente dalla gestione del nocciolo per aspetti di tecnica colturale e difesa fitosanitaria, su alcuni caratteri qualitativi e morfologici incide pesantemente la matrice genetica. Dagli anni '60 in poi presso diversi Paesi come USA, Francia ed Italia sono stati avviati programmi di miglioramento genetico sul nocciolo. Le attività su questa specie sono volte essenzialmente ad ottenere appropriate caratteristiche sia della pianta che della nocciola. Relativamente al primo aspetto si ricerca una scarsa attività pollonifera, adattabilità alle diverse condizioni pedoclimatiche, tolleranza o resistenza alle principali avversità biotiche. Per quanto riguarda il frutto i caratteri ricercati sono elevata resa e caratteristiche pomologiche valide all'uso a cui è destinata la nocciola. I metodi sino ad oggi utilizzati sono per lo più di tipo tradizionale e basati su tecniche di incrocio intervarietale, selezione clonale, ibridazione interspecifica e mutagenesi.

Negli ultimi decenni alcuni Paesi emergenti nell'interesse alla coltivazione del nocciolo hanno avviato programmi di miglioramento genetico per ampliare l'adattabilità della specie ad ambienti non tipicamente vocati. Programmi di ibridazione interspecifica tra *Corylus heterophylla* Fisch. e *Corylus avellana* L. sono stati avviati nel 1979 presso l'Economic Forestry Research Institut of Liaoning nel nord della Cina, per l'ottenimento di varietà ad alta adattabilità alle condizioni climatiche, in particolare incrementando le caratteristiche di resistenza al freddo (Xie *et al.*, 2005). In Oregon, a partire dal 1994, sono in corso valutazioni di selezioni delle principali cultivar americane ritenute interessanti in particolare per le caratteristiche tecnologiche delle nucule (Melhenbacher *et al.*, 2005). Alcune attività di valutazione della performance di genotipi locali sono stati avviati in Australia (Baldwin *et al.*, 2005) ed in Cile (Grau *et al.*, 2005). Programmi di selezione ed ibridazione sono stati avviati in Olanda a partire dal 1990 su cloni di cultivar locali particolarmente resistenti alle malattie, adatti quindi alla coltivazione biologica (Schepers *et al.*, 2005). Da oltre venticinque anni in alcune aree della Romania sono in corso di valutazione alcune accessioni derivanti da ibridazione intraspecifica di

genotipi locali con le principali cultivar di nocciolo (Botu *et al.*, 2005). Inoltre, in varie Istituzioni nel mondo, sono in corso attività di caratterizzazione molecolare delle principali cultivar di nocciolo, nonché di alcune specie del genere *Corylus*, tassonomicamente vicine al nocciolo coltivato (Bacchetta *et al.*, 2005; Bassil *et al.*, 2005; Botta *et al.*, 2005; Mehlenbacher *et al.*, 2005; Gokirmark *et al.*, 2005).

Una sintesi dei risultati dell'attività di miglioramento genetico svolta in Italia è stata riportata in un recente contributo (Tombesi *et al.*, 1998). Le principali cultivar del panorama italiano, Tonda Gentile delle Langhe, Tonda Gentile Romana, Tonda di Giffoni sono da tempo oggetto di indagine. Inizialmente, l'attività su queste cultivar era volta principalmente alla selezione clonale; successivamente sono stati avviati vari programmi di incrocio. Presso il Dipartimento di Coltivazioni Arboree dell'Università di Torino 4 anni di valutazione di 80 cloni di Tonda Gentile delle Langhe hanno consentito di attribuire la variabilità riscontrata prevalentemente all'ambiente piuttosto che alla matrice genetica, portando a concludere che la varietà piemontese debba essere considerata non una popolazione, ma piuttosto una cultivar ben definita (Romisondo *et al.*, 1983). Per quanto riguarda l'attività di incrocio, gli obiettivi erano la riduzione all'emissione di polloni, il miglioramento delle caratteristiche di rotondità ed infine la riduzione della sensibilità all'eriofide (Romisondo, 1983a; 1983b). Nell'ambito della prima selezione sono stati distinti 7 cloni (101, 104E, 119, 3L, 123F, G/1, S1/3) insieme ad altri provenienti da incroci successivi: Tonda Gentile delle Langhe x Barcelona 36 e Tonda Gentile delle Langhe x Lansing, che avevano rese più elevate rispetto alla cultivar originale; Tonda Gentile delle Langhe x Lansing 35, adatta per il mercato in guscio (Bottazzi *et al.*, 1994); BB8 (Tonda Gentile delle Langhe x *Corylus maxima*), utilizzabile anche come impollinatore (Caramiello *et al.*, 1994). Nell'ambito di tale programma di miglioramento genetico è stata licenziata la cultivar Daria (104E = Tonda Gentile delle Langhe x Cosford), ad elevata resa (52%), forma del seme sferoidale e calibro 13 mm, ottima pelabilità (superiore al 85%), e con caratteristiche qualitative comparabili o superiori a quelle della Tonda Gentile delle Langhe. Più recentemente lavori di selezione clonale hanno portato alla ribalta i cloni AD17, MT4, BA8, GG5, MT5, PD6 per la loro alta resa, omogeneità di calibro superiore all'85%, eccellente rimozione della pellicola, pari a quasi il 100%, e per la bassa incidenza di vuoti e semi doppi (Valentini *et al.*, 1998).

Alcuni Autori (Alberghina *et al.*, 1979; Damigella *et al.*, 1983) hanno descritto dettagliatamente alcune popolazioni locali e varietà di origine siciliana. Nell'ambito di tale materiale coltivato a Piazza Armerina (CT) è stata selezionata una nuova cultivar, denominata "Armerina", avente caratteristiche di pregio e particolarmente adatta alle caratteristiche pedoclimatiche locali (Alberghina, 1983).

La selezione clonale della cv Tonda di Giffoni è stata effettuata dall'Istituto Sperimentale per la Frutticoltura di Caserta (Limongelli, 1980a), che nell'ambito di 64 cloni ha individuato un primo gruppo di 10 cloni con caratteristiche commerciali ed agronomiche superiori, a cui se ne sono aggiunti altri 24, provenienti da una successiva più ampia indagine nella zona di produzione campana. Lo studio comparato di queste selezioni ne ha poi evidenziate 5 con caratteri agronomici e tecnologici migliorativi (Limongelli e Consoli, 1996).

Relativamente alla cultivar Tonda Gentile Romana, il lavoro di selezione è stato avviato dall'Istituto di Coltivazioni Arboree di Perugia, che ha individuato 5 cloni migliorativi per resa in sgusciato, indice di rotondità della nucula e calibro del seme (Preziosi e Cartechini, 1979), oltre ad altri 15 di notevole interesse. Più recentemente l'Istituto Sperimentale per la Frutticoltura di Roma ha avviato un ulteriore programma di selezione tendente ad individuare cloni aventi migliori caratteristiche agronomiche della pianta (vigoria media, limitata produzione di polloni precocità e contemporaneità di maturazione) e della nocciola (dimensioni medio-piccole, elevata resa in sgusciato, forma rotonda, elevata pelabilità del seme). Per gli aspetti citati 5 cloni sono stati propagati e messi a dimora in un campo di comparazione al fine di escludere la variabilità fenotipica (Monastra *et al.*, 1997; De Salvador, 1998). Per quanto riguarda le cultivar Tonda Gentile Romana e Tonda di Giffoni, presso l'Istituto di Coltivazioni Arboree di Perugia sono stati messi a dimora circa 4.000 semenzali ottenuti da libera impollinazione delle due succitate cultivar, tra cui sono state individuate 8 selezioni con caratteristiche particolarmente pregevoli (resa del 50%, buona rotondità e pelabilità del seme, maturazione precoce, fogliazione tardiva) (Tombesi *et al.*, 1994).

Negli ultimi anni in alcuni ambienti corilicoli l'attenzione del miglioramento genetico si è focalizzata su una o poche cultivar; è il caso della corilicoltura laziale che ha incentrato i programmi di selezione per migliorare le caratteristiche e diminuire i difetti della sola Tonda Gentile Romana, senza badare troppo alle

problematiche connesse con una ristretta base genetica. Se da un lato la coltivazione di un'unica varietà garantisce l'uniformità del prodotto e ne assicura una sua migliore collocazione sul mercato, dall'altro lato porta il sistema colturale ad una facile vulnerabilità da parte dei fattori biotici e abiotici. Questo è ciò che si sta verificando nel comprensorio corilicolo viterbese con il diffondersi della moria, alla quale la cultivar Tonda Gentile Romana è sensibile (Aloj *et al.*, 1994; Scortichini *et al.*, 1994).

Recentemente, anche per il nocciolo è stata prospettata la possibilità di applicare tecniche di bioingegneria per conseguire un miglioramento della conservabilità della nocciola. Sono state infatti avviate ricerche per ottenere piante recanti un carattere transgenico che ne modifichi la composizione degli acidi grassi, riducendo il contenuto di quelli maggiormente preposti ai fenomeni ossidativi, come i polinsaturi linoleico e linolenico, disattivando, con tecniche dell'antisenso o della cosoppressione, l'enzima $\Delta 12$ -desaturasi, responsabile della trasformazione dell'acido oleico nei suddetti acidi polinsaturi (Cassani, 1996).

1.4.3 – Conservazione del germoplasma

Il miglioramento genetico nel corso del tempo ha permesso di ottenere incrementi delle rese esaltando tutta una serie di pregevoli caratteristiche che sono state ritenute tali da chi commercia e utilizza il prodotto. Parallelamente ha cercato di affievolire gli aspetti negativi della pianta e della produzione. Anche per il nocciolo, questo processo ha comportato una considerevole riduzione di variabilità genetica. Tuttavia, molteplici motivi, tra cui l'imprevedibilità e la non conoscenza delle situazioni future, spingono a considerare importanti gli interventi volti al mantenimento di un ampio germoplasma.

La conservazione del germoplasma delle piante agrarie può essere perseguita attraverso due distinti approcci metodologici, in funzione del tipo di materiale interessato: la conservazione *ex situ* e la conservazione *in situ*.

Per quanto riguarda il nocciolo più di 20 nazioni conservano cultivar di *Corylus Avellana* o specie selvatiche in collezioni di germoplasma (Bettencourt e Konopka, 1989).

La collezione più estesa è coltivata nella provincia di Giresun in Turchia, dove sono presenti e preservate circa 739 selezioni con più di 700 genotipi di *Corylus avellana* L. (Hummer, 1995; Thompson *et al.*, 1996). Negli Stati Uniti, e precisamente nello stato dell'Oregon, il "Department of Agriculture", "Agricultural Research Service" e "National Clonal Germplasm Repository in Corvallis", conservano un campo collezione che contiene più di 485 cultivar. La Spagna conserva a Villaviciosa circa 124 selezioni di *Corylus avellana* L..

Altre collezioni di nocciolo sono localizzate in Italia, precisamente a Torino, Perugia e Viterbo, in Francia a Bordeaux, nelle provincie di Sochi, Maykop, Krasnodar nella Federazione Russa, di Sukhumi in Abcazia, Yalta in Ucraina e in Cina a Dalion.

Queste sono collezioni di germoplasma, in cui le accessioni si presentano come piante *in vivo*. Il sesto d'impianto migliore prevede distanze lungo fila di 90 cm e di 3 m nell'interfila; questo permetterebbe una sufficiente esposizione luminosa, inoltre agevola il movimento dei mezzi all'interno del campo (Thompson, 1996). Un'altra modalità di conservazione del germoplasma di nocciolo avviene tramite refrigerazione del seme, questa però si presenta più difficoltosa perché dopo un periodo di tempo superiore all'anno il seme subisce una diminuzione di germinabilità (Mehlenbacher, 1991). La refrigerazione dei semi per la conservazione del germoplasma può essere usata per un medio termine. La conservazione di germoplasma di nocciolo si può compiere anche attraverso un immagazzinamento a freddo di colture *in vitro*, questa può avere buon esito dagli 8 mesi e non oltre i due anni e sette mesi (Reed e Chang, 1997).

1.5 – ASPETTI COMMERCIALI E NUTRIZIONALI DELLA NOCCIOLA

1.5.1 – Parametri di qualità e idoneità all'utilizzazione industriale.

Le nocciole, per essere impiegate nell'industria dolciaria, debbono possedere requisiti merceologici rispondenti alla loro utilizzazione e alle lavorazioni a cui sono sottoposte. I più importanti aspetti sono:

1. forma sferoidale della nucula, in particolare per nocciole utilizzate intere dall'industria dolciaria per la confezione di praline, di tavolette di cioccolato con nocciole e di baci, in quanto, oltre a dare al prodotto un aspetto migliore, garantiscono una calibratura e una sgusciatura più uniformi. Le nocciole a forma allungata vengono valutate meno e sono destinate al consumo diretto e alla frantumazione;
2. resa alla sgusciatura, definita come rapporto tra peso dei semi e peso delle nocciole intere, e utilizzata come parametro per la valutazione commerciale delle partite al conferimento, in quanto il loro prezzo è stabilito per "punto resa". Nelle cultivar diffuse in Italia, essa varia dal 38% al 50%;
3. contenuto in acqua che, per garantire una buona conservazione, non deve superare per i semi il 5-6%;
4. la selezione dello sgusciato viene effettuata per eliminare eventuali residui della sgusciatura ed altre sostanze estranee. Per l'ottenimento di calibri ben precisi, le nocciole vengono sottoposte ad ulteriore calibratura. Le classi di separazione sono: meno di 11 mm, 11-13 mm, 13-15 mm ed oltre 15 mm. I calibri 11-13 e 13-15 sono quelli preferiti dall'industria dolciaria, in quelli inferiori si riscontrano spesso semi scarsamente sviluppati, e raggrinziti. Le nocciole di calibro superiore a 15 mm sono destinate al consumo diretto;
5. la pelabilità della nocciola dopo tostatura deve essere buona. La tostatura è il trattamento in forno a 115°C per 30 minuti delle nocciole, che acquistano aroma e sapori pronunciati per parziale scomposizione dei grassi e di altri composti (Tombesi, 1985). Il perisperma, asciugandosi, diventa friabile e, a seguito della leggera abrasione a cui le nocciole vengono sottoposte, si distacca dal seme. E' necessario che questi tegumenti siano asportati completamente in quanto, essendo ricchi di tannino, conferiscono al prodotto un sapore amaro e astringente

e una certa granulosità alle paste, poiché la pellicola viene macinata con difficoltà e non si omogeneizza;

6. il contenuto di grassi è molto variabile, dal 50% a più del 70%. Un tenore medio del 62-65% assicura un'armonica espressione di aroma, profumo e consistenza della nocciola. Quantità superiori sono il presupposto per un più rapido irrancidimento e deterioramento del prodotto (Ozdemir *et al.*, 2001).

Generalmente, per orientare i produttori e per garantire gli acquirenti, la frutta immessa sul mercato deve rispondere alle norme di qualità. Queste, emanate in sede CEE per molti ortofrutticoli, mancano per le nocciole, per le quali si fa riferimento alle raccomandazioni definite all'ECE di Ginevra, che prevedono per le nocciole sgusciate: un'umidità non superiore al 6%; semi interi, con tolleranza di rotture fino ad $\frac{1}{4}$ del volume, assenza di macchie ed esenti da muffa, da marciume, da parassiti animali viventi, da rancidità e da sapori estranei. La classificazione prevede tre categorie: extra, I^a e II^a. La extra è riservata a nocciole di qualità superiore, calibrate, di forma corrispondente al tipo commerciale e alla varietà, con tolleranza dell'1% in peso di nocciole gemelle.

La I^a categoria è riservata a nocciole di buona qualità, calibrate, con tolleranza di leggeri difetti di forma e fino al 5% in peso di nocciole gemelle. La II^a a quelle di buona qualità senza calibratura e con nocciole gemelle inferiori all'8%.

La calibratura corrisponde al diametro equatoriale massimo, è richiesto per le categorie extra e I^a, nelle quali sono ammesse solo nocciole superiori a 9 mm.

Per le nocciole in guscio le norme prevedono un'umidità non superiore al 9%, guscio intero, pulito, con semi ben sviluppati, esenti da muffe, da parassiti, da rancidità e da altri sapori estranei.

Anche per le nocciole in guscio è vigente una classificazione basata su tre categorie: extra, I^a e II^a.

La calibratura prevede per i relativi diametri dei frutti i seguenti tipi: molto grosso (superiore a 18 mm), grosso (superiore a 16 mm), medio (13-16 mm), piccolo (inferiore a 13 mm). Appartengono alla categoria extra i tipi molto grossi e alla I^a categoria i tipi grossi e medi.

Al momento dell'acquisto di una partita commerciale, la quantità delle nocciole ai fini dell'utilizzazione nell'industria dolciaria viene valutata essenzialmente mediante due parametri: la cultivar di appartenenza e la difettosità del prodotto.

Per quanto riguarda questo ultimo aspetto, normalmente le nocciole crude vengono analizzate per i seguenti parametri: umidità, avariato visibile, avariato occulto, avariato totale, cimiciato visibile, cimiciato occulto, cimiciato totale, nocciole ingiallite, nocciole raggrinzite, nocciole deteriorate meccanicamente, semi doppi, rottame, sostanze estranee, gusci, calibratura, aflatossine, radioattività, infestazione da insetti ed esame organolettico (Rivella, 1984).

L'apporto in termini di sapori, aromi, croccantezza, in altre parole il plus che la nocciola può conferire al prodotto finito, è direttamente legato alla qualità della materia prima impiegata; da qui l'importanza della sua valutazione (Garrone *et al.*, 1994).

1.5.2 – Caratteristiche compositive e valore nutrizionale della nocciola

La valenza nutrizionale del consumo fresco di nocciole, ampiamente indagata ed accertata (Richardson *et al.*, 1997), dipende largamente dal contenuto di olio nel seme. I lipidi influenzano la qualità delle nocciole durante la conservazione, e dei prodotti dolciari da esse ottenuti (Garrone *et al.*, 1994). Il contenuto in grassi varia dal 62% al 70% sul peso secco del seme, con variazioni tra le cultivar. L'acido oleico è il principale acido grasso contenuto dalla frazione lipidica, seguito dall'acido linoleico, dall'acido palmitico e dall'acido stearico; questi quattro acidi grassi rappresentano complessivamente oltre il 95% dei lipidi totali (Soliva *et al.*, 1983; Arcoleo, 1991; Parcerisa *et al.*, 1999; Bignami *et al.*, 2005). Si trovano inoltre una serie di acidi presenti in piccolissime quantità come acido laurico, miristico, miristoleico, pentadecanoico, pentadecenoico, palmitoleico eptadecanoico, eptadecenoico, linolenico, arachico, eicosadienoico e eicosatrienoico, behenico e lignocerico (Lotti *et al.*, 1985; Contini *et al.*, 1994; Bignami *et al.*, 2002).

L'equilibrato contenuto in acidi grassi polinsaturi e la presenza di composti con proprietà antiossidanti conferiscono alle nocciole un ruolo importante nell'alimentazione umana. Infatti, alcune ricerche hanno dimostrato che le nocciole possiedono sostanze in grado di esercitare un forte effetto protettivo contro l'arterosclerosi, l'infarto coronarico, alcuni tipi di cancro e altre malattie vascolari (Arlorio *et al.*, 1996; Richardson, 1997). I composti lipidici che hanno dimostrato di avere benefici effetti sulla salute sono la vitamina E (α -tocoferolo) per le proprietà

antiossidanti, presente in quantità di 25-50 mg su 100 g di olio di nocciola estratto a freddo (Ozdemir *et al.*, 2000; Giusti *et al.*, 2002; Bignami *et al.*, 2005), la vitamina B₆ (Leklem, 1991), gli acidi grassi insaturi (principalmente acido oleico), e gli steroli, in particolare il β -sitosterolo, che è presente in quantità prossime a 150 μ g su g olio di nocciola (Savage *et al.*, 1999; Giusti *et al.*, 2002) ed è coinvolto nella riduzione del colesterolo nel sangue (Richardson, 1997). A tal proposito è stato dimostrato che il consumo di circa 25 g di nocciole consente l'assimilazione del 100% della razione giornaliera raccomandata (RDA) di vitamina E, nonché del 25% della RDA di vitamina B₆, con ripercussioni positive circa la possibilità di conservare un buono stato di salute (Koyuncu *et al.*, 1997; Salas-Salvadò *et al.*, 2005).

E' opportuno ricordare che un alto contenuto di acido linoleico nella frazione lipidica della nocciola è la principale causa dell'auto-ossidazione nel seme (Bonvehì *et al.*, 1993). Le cultivar con una bassa percentuale sul totale di acido linoleico risultano più idonee a lunghi periodi di conservazione ed immagazzinamento. In particolare, la comparsa di sapori indesiderati durante la conservazione è dovuta principalmente all'ossidazione dei lipidi (Fourie *et Basson*, 1989), che implica la rottura degli acidi grassi insaturi. Questa può essere ritardata dalla presenza di antiossidanti naturali nell'olio come i tocoferoli in grado di preservare i grassi dalla rancidità, garantendo la conservazione delle nocciole per diversi mesi (Ebrahim *et al.*, 1994). Ciò nonostante, proprio per la grande valenza nutrizionale, gli acidi grassi polinsaturi, facilmente digeribili e particolarmente validi nella riduzione del colesterolo nel sangue, possono essere assunti in maggior quantità attraverso il consumo fresco di nocciole di cultivar meno idonee a lunghi periodi di conservazione (Salas-Salvadò *et al.*, 2005).

Mentre vari lavori sono stati condotti a carico della frazione lipidica delle nocciole, pochi dati bibliografici sono attualmente reperibili circa i componenti minori, come ad esempio, gli zuccheri, gli acidi organici, e i minerali (Botta *et al.*, 1994; Bignami *et al.*, 2002). Il contenuto di zuccheri ha valori di circa il 4% del peso secco del seme. Gli zuccheri solubili presenti in maggior quantità sono il saccarosio, che rappresenta l'80% degli zuccheri totali, seguito da stachiosio e raffiniosio rispettivamente con il 6% e 3% (Botta *et al.*, 1997; Bignami *et al.*, 2005). Glucosio, fruttosio e inositolo sono presenti in basse quantità (50-400 μ g/g p.s.).

Il saccarosio presente nel seme contribuisce alla composizione della nocciola, e un alto contenuto può risultare elemento discriminante in prove di assaggio (Botta *et al.*, 1994; Richardson *et al.*, 1994). Stachiosio e raffiniosio, nei semi, vengono idrolizzati durante la germinazione a costituire saccarosio. La loro presenza, comunque, non sembra influenzare la dolcezza del seme (Botta *et al.*, 1994; Richardson *et al.*, 1994). Tra gli acidi organici, il più rappresentativo è l'acido malico, con contenuti che variano da 0,5 a 2 mg/g di peso secco. Vi sono inoltre tutta una serie di altri acidi, come il succinico, il galatturonico, il citrico, l'acetico, il butirrico e il levulinico, presenti in quantità infinitesimali (Botta *et al.*, 1994; Richardson *et al.*, 1994; Bignami *et al.*, 2005).

Tra i componenti minori risulta presente l'amido in ragione dell'1-2% del peso secco del seme di nocciola (Giusti *et al.*, 2002).

Per quanto riguarda il contenuto di protidi, che appartengono per la quasi totalità al gruppo delle globuline, il loro valore non si discosta dal 15% ad eccezione delle cultivar Tonda di Giffoni e San Giovanni, rispettivamente con il 12,5% e il 16,7% (Miuccio *et al.*, 1968). Per ciò che concerne gli aminoacidi, ne sono stati riscontrati 16. Fra di essi risultano presenti bassi contenuti di lisina e metionina, mentre si rinvenivano discrete quantità di arginina, acido glutammico e aspartico (Fang *et Butts*, 1950). Altri Autori (Serra Bonvehi *et al.*, 1995) hanno evidenziato un contenuto in protidi superiore in nocciole di cultivar spagnole condotte in irriguo, evidenziando tra l'altro una frazione proteica costituita per oltre l'85% da albumine e globuline.

La nocciola è inoltre una buona risorsa di minerali, come ferro, magnesio, calcio e zinco, e contiene buone quantità di potassio e un basso livello di sodio, che favorisce una regolare pressione sanguigna (Pala *et al.*, 1996). Inoltre metalli come rame, ferro e manganese giocano un ruolo importante nella biosintesi dell'acido linoleico (Marschner, 1986) (tab.1.5.1a).

(Tab.1.5.1a) - Composizione nutrizionale delle nocciole (100g di seme). Fonte: Mehelenbacher, 1990; Antoniazzi, 1996; Alphan *et al.*, 1997; Botta *et al.*, 1997; Richardson, 1997; Bignami *et al.* 2005.

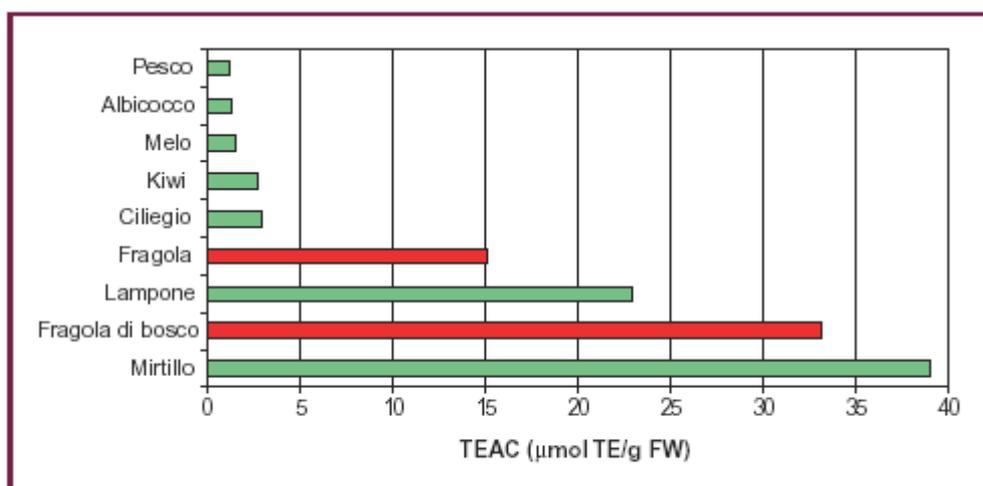
Componenti principali	g	Vitamine e minerali	mg
Calorie (kcal)	672	Vitamina B1	0,3-0,6
Lipidi	55-70	Vitamina B2	0,1
Proteine	12-18	Vitamina B6	0,2-0,6
Carboidrati	16	Vitamina C	6
Fibre	1,8-6,2	Vitamina E	19-28
Profilo acido			
	%	Calcio	188-195
		Ferro	3,39
Palmitico (16:0)	5,2-6,3	Magnesio	285-296
Palmitoleico (16:1)	0-0,5	Fosforo	312-323
Stearico (18:0)	1,7-2,6	Potassio	462-655
Oleico (18:1)	71,3-84,8	Manganese	6
Linoleico (18:2)	6,5-21,4	Selenio	4
Linolenico (18:3)	0,07-0,2	Zinco	2,4-3,0
Arachico (20:1)	0,1-0,2	Rame	2

Se vari studi riportano la composizione chimica dei semi delle nocciole, pochi riguardano invece la caratterizzazione della cuticola tegumentosa. Lo scarso interesse per questa parte del seme dipende dal fatto che essa viene generalmente considerata un prodotto di scarto, nonostante una piccola quantità entri spesso a far parte dei prodotti trasformati a base di nocciole, a causa della difficoltà del suo distacco dalla parte edibile. Ciò nonostante, alcuni studi hanno evidenziato la presenza di componenti chimiche che possono contribuire a determinare o conservare la qualità del seme. Nel perisperma della nocciola è stata rilevata infatti una elevata concentrazione di polifenoli (Andreoni, 1997).

I polifenoli, componenti chimiche derivate da metabolismo secondario della pianta, sono largamente distribuiti nel mondo vegetale e possono esercitare molteplici funzioni, in dipendenza del composto. E' possibile evidenziare che l'abitudine a consumare con regolarità alcuni alimenti e bevande, e tra questi i piccoli frutti rossi, le mele, il vino rosso, il tè, il caffè associati ad un uso variato di altra frutta e verdura,

gioca un ruolo essenziale per determinare la maggiore o minore quantità di antiossidanti polifenolici assunti con la dieta occidentale. Nell'alimentazione umana infatti è presente un vastissimo numero di sostanze di origine vegetale ad elevata bioattività, appartenenti alla classe chimica dei polifenoli, in quanto possiedono nella loro struttura uno o più gruppi fenolici. Tra le diverse proprietà chimiche potenzialmente interessanti in campo nutrizionale o farmacologico possedute dai polifenoli, è sulla loro azione antiossidante che si è posto in modo particolare l'accento negli ultimi anni (fig. 1.5.1 b). Infatti, sotto la spinta di una considerevole evidenza sperimentale, si è diffusa la consapevolezza dell'effetto deterioro per l'uomo del cosiddetto "stress ossidativo", quale filo conduttore comune nella patogenesi di diverse malattie del mondo moderno, a partire dalle patologie vascolari e dal cancro fino ai processi di invecchiamento (Kumpulainen e Salonen, 1996; Riboli *et al.*, 1996; Basu, *et al.*, 1999). Di conseguenza, si è posta grande attenzione sul ruolo degli antiossidanti, ossia di quei composti che, con meccanismi diversi e variabile efficacia, sono in grado di contrastare i fenomeni ossidativi. Accanto all'azione fondamentale svolta dagli enzimi ad attività antiossidante, quali la superossido-dismutasi e la glutazione-perossidasi, diversi composti sono in grado di interagire con le specie reattive dell'ossigeno e di svolgere un effetto regolatore: tra questi si possono ricordare in particolare le vitamine C ed E, l'acido urico, il selenio, l'acido α -lipoico, i carotenoidi ed i flavonoidi (Rice-Evans *et Parker*, 1997; Parker *et al.*, 1999).

Figura 1.5.1 b: potenziale antiossidante dei frutti nelle principali specie di interesse per la produzione frutticola italiana (Battino *et al.*, 2004).



Se da un lato gli antiossidanti noti da tempo (vitamina C, vitamina E) sono stati ampiamente studiati ed i loro meccanismi di azione in buona parte elucidati, lo stesso non si può dire per i polifenoli vegetali. Questo è dovuto in larga parte al fatto che i polifenoli vegetali rappresentano la classe di antiossidanti naturali più complessa e differenziata. Si tratta infatti di metaboliti secondari di origine vegetale, di cui sono state scoperte esistere in natura e classificate diverse decine di migliaia di forme chimiche differenti (Harborne, 1994). Ogni tipo di pianta sintetizza composti fenolici in quantità e tipo diverso, e spesso esistono differenze importanti anche tra le varietà appartenenti alla stessa specie. È estremamente utile, al fine di poter valutare il ruolo di questi composti e produrre consigli nutrizionali appropriati, mettere a punto delle dettagliate banche dati compositive degli alimenti, che permettano di stimare l'apporto nutrizionale di queste sostanze in funzione della dieta.

È molto difficile fare una stima della quantità media di polifenoli assunti con la dieta. In effetti, esistono due approcci fondamentalmente diversi. Alcuni Autori hanno focalizzato la loro attenzione su specifiche classi di composti, quali ad esempio le catechine monomere o i flavonoidi, producendo fondamentali tavole di comparazione tra le possibili fonti alimentari. In generale, questo tipo di approccio porta a sottostimare largamente l'apporto di polifenoli.

Una stima più verosimile dell'apporto medio di polifenoli nella dieta occidentale è stata proposta da Kuhnau (1976), che ha ipotizzato una assunzione pari ad 1 grammo al giorno, valore ritenuto affidabile anche da Scalbert e Williamson (2000).

Gli antiossidanti polifenolici presenti nella dieta possono essere in maggior parte ricondotti alle due classi rispettivamente dei flavonoidi e degli acidi fenolici. I flavonoidi costituiscono circa i 2/3 dell'apporto medio nella dieta occidentale, mentre gli acidi fenolici apportano il restante terzo.

Dal punto di vista qualitativo i flavonoidi sono costituiti in massima parte da due classi nettamente più importanti per quantità e diffusione, ossia gli antociani ed i flavonoli (catechine + proantocianidine oligomere). Sono presenti altre classi di flavonoidi anch'esse interessanti dal punto di vista biochimico, ma solitamente a concentrazioni decisamente minori e localizzati soprattutto nelle parti esterne del frutto, come i flavanoli glicosidi, oppure presenti solo in pochi alimenti, come ad esempio gli isoflavoni della soia. I flavonoidi sono presenti principalmente nella

frutta e nelle bevande di origine vegetale, nella cioccolata, ed in maniera minore nella verdura.

La classe di gran lunga maggioritaria tra gli acidi fenolici è costituita dagli acidi cinnamici, che sono dei composti presenti in un largo numero di alimenti e bevande di origine vegetale, in particolare nella frutta ed in alcune bevande quali il caffè ed il vino sia rosso che bianco. Sono infatti più ubiquitari rispetto ai flavonoidi. Sono presenti anche in alcuni vegetali (cavoli, lattuga, cicoria, pomodori, broccoli, ecc.), ma a concentrazioni inferiori rispetto agli alimenti precedentemente menzionati. Essendo alimenti consumati in quantità importante, il loro contributo alla dieta è comunque sensibile. La crusca di frumento e di mais è una importante fonte di cinnamati legati alle pareti cellulari.

Ciascun tipo di alimento di origine vegetale può inoltre contenere significative quantità di un largo numero di acidi fenolici minori, anch'essi candidati a svolgere una potenziale azione antiossidante.

La buona dotazione di composti fenolici nel seme della nocciola è stata accertata in alcune ricerche (Arlorio *et al.*, 1996; Yuritas *et al.*, 2000; Tombesi *et al.*, 2001; Paoletti *et al.*, 2005). La loro concentrazione è variabile a seconda della varietà e dell'origine geografica. Grazie alla loro elevata attività antiossidante, che esalta gli effetti benefici ritraibili dal consumo fresco di nocciole, i polifenoli possono contribuire, in sinergia con la vitamina E, a proteggere le LDL dai danni ossidativi. Inoltre essi ricoprono un ruolo prioritario nella conservazione e stabilità del prodotto (Giusti *et al.*, 2002).

A tal proposito va sottolineato che le nocciole generalmente si consumano essiccate e leggermente tostate per ottenere una più facile eliminazione della pellicola superficiale e per sviluppare maggiormente gli aromi in esse contenuti. Aroma, colore e consistenza vengono ad essere modificati in seguito a trattamento termico. In realtà, la tostatura, oltre ad avere effetti positivi sulle proprietà sensoriali delle nocciole, è utile anche perché con il trattamento a 130°C (la temperatura alla quale in genere viene sottoposta la nocciola) vengono inattivati i fattori antinutrizionali e distrutti i microrganismi indesiderati. Dal punto di vista nutrizionale il trattamento al calore influenza i macro e i micronutrienti; proteine, lipidi e vitamine possono andare incontro a modificazioni, quali distruzione di aminoacidi, perdita di alcune vitamine particolarmente sensibili al calore (vitamina E, tiamina, ecc.) e ossidazione degli

acidi grassi insaturi (processo di irrancidimento), con perdita di acidi grassi essenziali, ma soprattutto formazione di perossidi e di aldeidi, il cui effetto tossico e cancerogeno è stato dimostrato da molti studi. Senza alcun dubbio la presenza di acidi grassi polinsaturi, il contenuto in vitamina E e di alcuni minerali, soprattutto ferro, manganese e rame rappresentano tutti fattori coinvolti nella suscettibilità alla rancidità. D'altro canto la temperatura a cui viene condotta la tostatura delle nocciole riveste un'importanza fondamentale sia nel favorire lo sviluppo di aromi apprezzabili, ma anche, se non attentamente controllata, nello sviluppare la produzione di composti dannosi per la salute umana. Per concludere, da quanto esposto appare evidente quanto i macro e i micronutrienti siano importanti nella valutazione della qualità delle nocciole. Infatti gli stessi acidi grassi monoinsaturi, la frazione fenolica e il contenuto di vitamine e di sali minerali influenzano non solo le caratteristiche nutrizionali e salutistiche, ma anche quelle organolettiche, tecnologiche, così come la stabilità e la cosiddetta "shelf life" del prodotto (Giusti *et al.*, 2002).

1.5.3 – Analisi sensoriale e qualità delle nocciole.

Finora, la valutazione della qualità della nocciola ha riguardato esclusivamente le caratteristiche merceologiche e l'assenza di difetti, mentre scarsa attenzione è stata dedicata alle caratteristiche organolettiche. Come riferito in precedenza, la qualità desiderata dall'industria nei frutti di nocciolo viene valutata essenzialmente con i seguenti parametri: la forma, la calibratura, la resa alla sgusciatura, l'umidità e l'assenza di rancidità. Anche i ricercatori, infatti, utilizzano principalmente il numero di perossidi e l'acidità libera dell'olio come indicatori della qualità della nocciola e di altri frutti secchi (Forbus *et al.*, 1980).

L'impiego dell'analisi sensoriale nella valutazione della qualità può rivelarsi uno strumento utile per fornire maggiori informazioni sui criteri di qualità della nocciola, finora basati su indici chimico-fisici e morfologici (Zeppa *et al.*, 2003).

L'importanza di un panel test anche per la nocciola trova ragione nel fatto che il panorama produttivo si articola in innumerevoli tipologie di prodotti finiti, quali diversi tipi di cioccolatini, praline, torroni, ecc. Ne deriva che la degustazione può diventare un mezzo di valutazione estremamente efficace e fondamentale, anche se

non assoluto, poiché da questo nasce la scelta di indirizzare l'una o l'altra varietà di nocciole in un determinato processo o in una certa strategia produttiva, così da magnificare il prodotto finale.

L'aroma e il gusto dei frutti e dei semi commestibili sono dovuti alla concorrenza di diversi composti la cui presenza determina la qualità e il valore nutrizionale.

La qualità della nocciola dipende soprattutto dal contenuto in grasso; poche informazioni sono note riguardo ai componenti minori, come zuccheri ed acidi organici, la cui presenza senza dubbio contribuisce a migliorare il sapore e l'aroma sia nelle nocciole fresche che tostate (Gargano *et al.*, 1982; Soliva *et al.*, 1983; Arcoleo, 1991).

Quindi risulta di fondamentale importanza definire dei parametri organolettici che descrivano la nocciola, attraverso la stesura di appropriate schede edonistico-qualitative (panel test) da usare da parte degli assaggiatori (Badioni, 1999).

La procedura di valutazione organolettica della nocciola ha trovato di recente applicazione in prove sperimentali volte a determinare l'influenza della località di coltivazione sulle caratteristiche qualitative dei frutti, i cambiamenti qualitativi dei frutti durante la maturazione, e a compiere uno studio preliminare sulle diverse caratteristiche qualitative delle nocciole appartenenti alle principali cultivar (Farinelli, 1999; Zeppa *et al.*, 2003; Bignami *et al.*, 2005).

In un lavoro svolto di Farinelli (1999) tecniche di assaggio comparate sono state utilizzate per il controllo della qualità di nocciole tostate di diversa provenienza geografica: italiane (Tonda Gentile delle Langhe, Tonda Gentile Romana, Napoletane), turche e spagnole. L'impiego di semi tostati è derivato dal fatto che questi acquistano aromi e sapori pronunciati per la parziale scomposizione dei grassi e degli altri componenti. Dai risultati del test-descrittivo sono emerse significative differenze, che nel complesso permettono sia di descrivere abbastanza completamente l'aroma di una nocciola, sia di discriminare in modo soddisfacente la qualità.

Un'altra interessante applicazione dell'analisi sensoriale si riscontra nella caratterizzazione di nuove selezioni di nocciolo. Sono state sottoposte ad esame Tonda Gentile delle Langhe e cinque nuove selezioni ottenute nel 1983 dal Dipartimento di Colture Arboree dell'università di Torino (tab.1.5.3).

(Tab 1.5.3) – selezioni esaminate e relativi codici identificativi (Zeppa *et al.*, 2000).

Selezione	<i>Parentale</i> ♀	<i>Parentale</i> ♂	codice
Lansing 35	TGL	Lansing	L35
Carrello 10	TGL	Carrello	C10
Barcelona 6	TGL	Barcelona	B6
Barcelona 59	TGL	Barcelona	B59
Lansing 39	TGL	Lansing	L39

Dalle valutazioni dei frutti interi è emerso che la selezione L35, in virtù del calibro maggiore, del colore e della forma ritenuti più gradevoli, risulta la più apprezzata dagli assaggiatori.

Dalle valutazioni dei frutti sgusciati sono emersi, a livello di giudizio complessivo tre gruppi di preferenza. Al primo gruppo appartengono L35 e L39 entrambe molto gradite, al secondo C10, B6 e B59, ed al terzo Tonda Gentile delle Langhe. L35 ha evidenziato un sapore molto dolce, mentre L39 è risultata molto aromatica. Le selezioni inquadrare nel secondo gruppo sono state giudicate sensorialmente abbastanza anonime e prive di particolari caratteri sia di pregio che di deprezzamento. Tonda Gentile delle Langhe ha ottenuto uno scarso gradimento a causa dell'aroma molto tenue.

Dall'esame dei dati ottenuti dai semi tostati si è osservato un quasi completo capovolgimento dei risultati con la formazione di due gruppi di gradimento, l'uno formato da L35 e Tonda Gentile delle Langhe, e l'altro dalle restanti selezioni. Fra i fattori che hanno determinato questa suddivisione vi è sicuramente la pelabilità del seme. L35 e Tonda Gentile delle Langhe infatti si pelano quasi completamente e tale caratteristica influenza positivamente le proprietà organolettiche.

Dai risultati ottenuti sono emerse importanti informazioni sulle caratteristiche della cv Tonda Gentile delle Langhe e delle cinque selezioni a confronto e sul loro valore organolettico, indispensabili per il proseguimento e l'approfondimento delle indagini. È stato possibile confermare che Tonda Gentile delle Langhe è ottima per la produzione di semi tostati, mentre fra le nuove selezioni solo L35 ha mostrato una possibile attitudine alla tostatura.

Diverso è il caso in cui le nocciole siano destinate al consumo diretto. Tonda Gentile delle Langhe ha infatti dimostrato di non essere idonea per questo impiego a causa

delle caratteristiche morfologiche ed aromatiche del suo frutto. Maggiori possibilità potrebbero avere invece in questo nuovo e particolare settore, che dovrebbe essere ampliato in relazione ai benefici effetti sull'organismo umano del consumo regolare di nocciole, le selezioni L35 e L39 grazie soprattutto alle notevoli dimensioni dei frutti, al loro aspetto molto gradevole ed alle caratteristiche gusto-olfattive dei semi. Anche in questo caso sarà però necessaria una valutazione chimico-fisica e sensoriale della loro resistenza alla conservazione e quindi della loro shelf-life prima di poterne consigliare la produzione in larga scala (Valentini *et al.*, 2000; Zeppa *et al.*, 2003).

Da un recente contributo basato su tecniche d'assaggio di nocciole tostate delle principali cultivar di interesse industriale, è possibile trarre interessanti informazioni riguardo l'applicabilità del panel test per indagini qualitative. In particolare, è stato rilevato un elevato apprezzamento da parte dei panelisti per le cultivar Tonda Gentile delle Langhe e Tonda di Giffoni, mentre la cultivar Mortarella è risultata penalizzata presumibilmente a causa di un'elevata percezione dell'amaro riscontrata, in grado di nascondere le sensazioni di dolcezza emerse a carico delle altre cultivar testate (Bignami *et al.*, 2005).

1.6 - TECNICA COLTURALE E VALORIZZAZIONE DELLE RISORSE.

1.6.1 – Tecniche agronomiche e gestione del corileto.

La qualità delle nocciole ha origine in campo, nel nocciuolo, e può perfezionarsi o deteriorarsi nelle fasi post raccolta durante l'essiccamento, la conservazione e la sgusciatura.

Un ruolo essenziale per il perseguimento della qualità è svolto dalla vocazionalità delle aree corilicole, coadiuvato da una tecnica colturale adeguata. Nocciuoli ubicati in aree vocate, nei quali vengono condotte razionali cure colturali, consentono alle piante di esprimersi al meglio e di fornire la giusta quantità di prodotto con la migliore qualità.

Un fattore colturale di rilevante importanza è l'apporto di elementi fertilizzanti, che rappresenta oggi, più che nel passato, una pratica delicata nel ciclo colturale del nocciuolo, in considerazione dei risvolti produttivi, economici ed ambientali.

La razionalizzazione della fertilizzazione si basa prioritariamente sulla disponibilità di informazioni riguardanti le caratteristiche climatiche dell'areale di coltivazione, della fertilità fisica, chimica e biologica del terreno, nonché sulle conoscenze specifiche relative alla coltura (Nardi *et al.*, 2005). Ciò nonostante, i riferimenti bibliografici relativi ai criteri ed alle quantità di elementi fertilizzanti da somministrare sono spesso discordanti, anche perché in diverse ricerche non sono emerse sostanziali variazioni nelle produzioni al variare delle dosi di fertilizzante, anche nel caso di notevoli differenze nelle dotazioni di elementi minerali a livello fogliare.

Maggiore concordanza di pareri invece esiste nell'esame degli effetti dei diversi elementi sull'attività vegeto-produttiva della specie. L'azoto è l'elemento ad effetto più evidente, anche se il nocciuolo utilizza direttamente le quantità messe a disposizione con le concimazioni solo in maniera molto parziale, ricorrendo prioritariamente a quello immagazzinato negli organi di riserva (Olsen, 1997; Bignami *et al.*, 2002; Tous *et al.*, 2005).

Il fosforo agisce positivamente sulla fecondazione e sulla fruttificazione, anche se incrementi nella sua somministrazione hanno effetti minimi. Il potassio influenza la qualità delle produzioni, favorendo l'assimilazione dell'azoto nelle foglie e lo

sviluppo del seme; perciò la sua disponibilità per la pianta assume maggiore importanza rispetto al precedente elemento. Il calcio favorisce l'assimilazione e la traslocazione degli altri elementi soprattutto nei terreni acidi, mentre un suo eccesso nel suolo determina la manifestazione della clorosi per l'immobilizzazione del ferro. L'unico elemento che ha fornito risposte immediate anche a basse dosi è il boro, che migliora soprattutto l'allegagione e la resa finale delle nocule (Painter e Hammer, 1963; Tous *et al.*, 2005).

Anche ricerche recenti condotte nel Viterbese (Strabbioli, 1998) confermano che l'elemento più importante per il nocciolo è l'azoto, apportato in dosi variabili dai 90 ai 150 Kg/ha, preferibilmente con applicazioni frazionate, soprattutto in terreni sciolti, in marzo-aprile (35%), in fine maggio (50%) e ottobre-novembre (15%). Meno efficaci si sono dimostrate le somministrazioni di fosforo alla dose di 60-70 Kg/ha, e potassio, alla dose di 100-120 Kg/ha. Per una concimazione equilibrata è consigliato un rapporto tra elementi di 1:0,4:0,9 (NPK) e il raggiungimento a livello fogliare di contenuti pari al 2,2% di azoto, 0,18% di fosforo, 0,9% di potassio e 0,24% di magnesio.

La concimazione fogliare, tecnica poco diffusa in Italia, ha fornito interessanti risultati sperimentali, incrementando allegagione e resa con somministrazioni di azoto, manganese e boro dall'inizio dell'attività vegetativa alla fecondazione (Limongelli, 1980). Studi recenti hanno inoltre dimostrato che i macroelementi e alcuni microelementi come magnesio e boro siano maggiormente concentrati nelle foglie durante le prime fasi fenologiche della pianta, facendo registrare contenuti decrescenti in prossimità dell'ingrossamento dei frutti verosimilmente a causa del trasferimento dei fotosintetati dalle foglie verso questi ultimi (Nardi *et al.*, 2005).

Di recente alcuni Autori hanno proposto in via sperimentale una formula (algoritmo di Szucs) in grado di determinare le esigenze nutrizionali del nocciolo, in funzione di una serie di parametri agronomici ed ambientali coinvolti nella modulazione delle effettive esigenze minerali della pianta (Ughini *et al.*, 2005).

Un nodo cruciale relativo alla conduzione del corileto è legato senza dubbio alla scelta dei sistemi di piantagione. Infatti, circa le forme di allevamento e le distanze d'impianto più idonee ad una conduzione efficace dal punto di vista agronomico ed economico, non esiste fra coltivatori, tecnici e studiosi concordanza di opinioni.

La forma di allevamento tradizionale nei principali Paesi produttori di nocciole è il cespuglio policaule, che asseconda il modo naturale di vegetazione della specie. Nei nuovi impianti si sono però diffusi anche l'alberello o vaso (monocaula) e il vaso cespugliato, che ha caratteristiche intermedie.

Diverse sono state le proposte progettuali d'impianto e di tecnica colturale finalizzate alla riduzione del periodo improduttivo. Negli anni '80 si consigliava il "sesto dinamico", cioè densità all'impianto maggiori di quelle definitive ed estirpazione di parte delle piante dopo 8-10 anni, per ritornare ad investimenti unitari inferiori (400-500 piante/ettaro). I risultati non sono stati però positivi, come anche nel caso delle densità elevate (800 piante/ettaro) per tutta la durata dell'impianto, utilizzando forme in volume. Recentemente alcune esperienze su Tonda Gentile Romana hanno confermato la scarsa affidabilità di tale tecnica di gestione della densità di impianto, legata principalmente alla non elevata vigoria che caratterizza tale cultivar (Bignami *et al.*, 2005); alcuni Autori hanno osservato che le alte densità d'impianto sono causa di una insufficiente intercettazione della radiazione luminosa soprattutto nelle porzioni interne della chioma (Hampson *et al.*, 1996).

Alla luce di queste considerazioni è sicuramente opportuno abbandonare le alte densità d'impianto e orientarsi comunque verso piantagioni con un maggior numero di piante per unità di superficie rispetto al passato, mettendo a dimora 400-500 piante ad ettaro e sfruttando al meglio le pratiche colturali, per indurre un rapido sviluppo iniziale delle piante.

Anche le tecniche di potatura del nocciolo risultano ad oggi lacunose e poco indagate. Nei primi anni dall'impianto una razionale potatura di allevamento consente di costituire in tempi relativamente brevi la forma prescelta. Negli impianti adulti la potatura tende ad essere trascurata e limitata ad interventi leggeri.

Una revisione di questa consuetudine appare consigliabile, in quanto appropriati interventi cesori stimolano una adeguata attività vegetativa annuale e garantiscono una buona illuminazione della chioma, che si è rilevata importante per mantenere nel tempo una soddisfacente produttività (Tombesi *et Cartechini*, 1983), anche dal punto di vista quanti-qualitativo (Azarenko *et al.*, 1997).

Nelle condizioni italiane, in generale, i migliori risultati agronomici sono stati ottenuti con potature annuali (Bassi *et Pederzoli*, 1983).

Uno degli esempi più concreti di applicazione dei principi di tecnica colturale della frutticoltura integrata del nocciolo è sicuramente rappresentato dalla pratica dell'inerbimento. Studi sull'inerbimento artificiale (Caporali *et al.*, 1987; Caporali *et al.*, 1994; Caporali e Campiglia, 1995) o naturale (Tosini, 1987) sono stati quindi condotti al fine di valutarne gli effetti sulla coltura e sull'ambiente. Mentre l'inerbimento artificiale con *Trifolium subterraneum* ha trovato scarsa applicazione da parte dei corilicoltori, l'inerbimento naturale, ottenuto lasciando sviluppare le piante infestanti, si è invece diffuso ampiamente. Attualmente la maggioranza dei nocciolieti italiani sono caratterizzati dalla presenza di un cotico erboso, localmente definito "pratino", che, insieme alle modifiche apportate alle macchine per la raccolta, ha considerevolmente risolto il problema delle polveri. L'inerbimento controllato apporta inoltre notevoli vantaggi, quali la maggiore agibilità del nocciolo da parte dei mezzi meccanici, il miglioramento delle caratteristiche fisico-chimiche del terreno, l'arricchimento in sostanza organica, la riduzione dei costi rispetto alle lavorazioni tradizionali, nonché la difesa del suolo da fenomeni erosivi e dal dissesto idrogeologico (Tosini, 1989; Monarca *et al.*, 2005).

La raccolta costituisce una delle operazioni più impegnative dell'intero ciclo produttivo, con importanti ricadute sulla qualità e conservabilità del prodotto.

La raccolta sull'albero, pratica che viene attuata sistematicamente nelle aree corilicole turche, è un fattore limitante della qualità delle nocciole, perché i frutti si raccolgono non completamente maturi e con un notevole contenuto in acqua, che richiede, di conseguenza, un più lungo periodo di essiccamento (Garrone *et al.*, 1994).

L'epoca ottimale per la raccolta corrisponde allo stadio di piena maturazione dei frutti, coincidente con la caduta naturale delle nucule, che per le cultivar attualmente più diffuse inizia a fine agosto per procedere poi scalarmente per circa un mese.

L'obiettivo di ridurre i costi, effettuando un unico passaggio al termine della caduta delle nucule, in pratica contrasta con le esigenze di salvaguardia del prodotto, che va soggetto ad alterazioni delle caratteristiche organolettiche e ad un peggioramento della conservabilità, se la permanenza sul terreno si prolunga, e in caso di piogge.

Alla luce di queste considerazioni è ormai riconosciuta la necessità di effettuare le operazioni di raccolta in almeno due passaggi.

Un altro momento importante per la qualità finale delle nocciole è la loro prima lavorazione, successiva alla raccolta. In molte aziende aventi una dimensione adeguata si procede in appositi impianti al loro lavaggio mediante flottazione in acqua per l'eliminazione delle impurità (sassi e terra), seguita da una essiccazione artificiale a mezzo di aria calda allo scopo di abbassare il tenore di umidità delle nocule al di sotto del 6%, trattamenti che, oltre a migliorarne la conservabilità, ne aumentano anche il prezzo di conferimento.

1.6.2 – Esigenze idriche e valorizzazione dell'irrigazione del nocciolo.

La coltura del nocciolo (*Corylus avellana* L.) alimenta il vasto mercato dell'industria dolciaria, che esige materia prima di alta qualità (Garrone *et* Vacchetti, 1994). Tra i fattori ambientali e colturali, la disponibilità idrica, regolando le relazioni tra sviluppo vegetativo e attività riproduttiva, può influenzare sia la produttività della pianta, sia la qualità del seme.

L'irrigazione è uno degli interventi colturali di più recente diffusione interessando inizialmente soprattutto i nuovi impianti e le aree meno vocate, per estendersi in seguito anche in impianti adulti ed in aree a migliore vocazionalità. Nei mesi di giugno, luglio e agosto si svolgono infatti le fasi critiche del ciclo biologico annuale del nocciolo, durante il quale un insieme di processi fisiologici si sovrappongono e possono entrare in reciproca competizione, se alcuni fattori produttivi risultano limitanti, con conseguenze negative sulla produttività e sulla qualità della nocciola (Bignami, 1989).

Il nocciolo è infatti sensibile alla carenza idrica, che influisce negativamente sull'attività fotosintetica e sull'efficienza fogliare, sulla crescita nei primi anni dell'impianto, sui tempi di entrata in produzione e sulla produttività (Natali *et al.*, 1989; Girona *et al.*, 1994; Mingeau *et* Rousseau, 1994; Tombesi *et* Rosati, 1997; Bignami *et al.*, 2000; Bignami *et* Cammilli, 2002; Dias *et al.*, 2005). La carenza idrica comporta un arresto dell'attività fotosintetica, tanto più dannoso quanto più si verifica in corrispondenza delle fasi critiche del ciclo produttivo. Stress idrici accentuano, infatti, la cascola dei frutti prima della maturazione e l'entità del vuoto (Zioni, 1963; Jannaccone, 1967), contribuendo alla diminuzione della resa alla sgusciatura.

Indagini condotte sull'azione dello stress e della successiva reidratazione nei confronti dello stato idrico e degli scambi gassosi delle foglie di nocciolo allevato in contenitore, hanno evidenziato che le condizioni di stress provocano una depressione più o meno accentuata di traspirazione e attività fotosintetica ed un abbassamento del potenziale idrico fogliare, in particolare nelle ore centrali della giornata. Nella fase di reidratazione, le piante appaiono in grado di ripristinare normali livelli di Ψ_f in tempi brevi, mentre il recupero dell'attività fotosintetica e di traspirazione richiedono periodi variabili in funzione del livello di stress raggiunto.

Livelli di Ψ_f superiore a -2 Mpa, sono apparsi un limite oltre il quale la funzionalità stomatica della pianta risulta compromessa (Natali *et al.*, 1988).

Poiché è nota una correlazione positiva tra lunghezza dei rami di un anno ed attività produttiva (Romisondo, 1963; Germain, 1983), la riduzione di crescita vegetativa si riflette negativamente sulla produzione. La crescita vegetativa misurata in piante trattate con differenti volumi irrigui, attraverso rilievi di diametro del tronco, lunghezza dei germogli, residui di potatura e produzione, evidenziano una crescita maggiore nelle piante in corrispondenza all'aumento dei volumi irrigui (Girona, 1991; Tombesi, 1994).

Una sufficiente disponibilità idrica durante il periodo di sviluppo delle piante garantisce invece una produzione elevata e costante, un maggiore calibro e una migliore qualità delle nocciole anche nelle annate sfavorevoli. Da diversi anni, l'irrigazione è stata quindi introdotta nelle principali aree di produzione caratterizzate da scarsa o irregolare disponibilità idrica naturale.

Il periodo in cui le esigenze della pianta devono essere pienamente soddisfatte ed in particolar modo la disponibilità idrica nel terreno deve essere adeguata, è l'estate. Pertanto la disponibilità di acqua dovrà essere sufficiente nel periodo compreso tra maggio e agosto, in modo da promuovere lo sviluppo vegetativo della pianta, e mantenere il turgore delle foglie nei periodi d'accumulo delle sostanze elaborate (Rousseau; 1994).

Alcuni Autori hanno dimostrato che la relazione tra lo stato idrico del suolo e l'attività fotosintetica della pianta risulta ottimale fino al 65% dell'acqua disponibile, mentre con valori inferiori al 45%, fino al punto di appassimento, si osserva una diminuzione drastica di tale relazione. Mettendo a confronto piante di nocciole irrigate con altre non irrigate, è stato osservato che la traspirazione, durante l'arco

della giornata, mostra un andamento a campana, dovuto alle alte temperature che si verificano in questo periodo. La traspirazione assume valori pari a 4-5 mmol m⁻² s⁻¹ per le piante irrigate e valori più bassi per i testimoni asciutti. Relativamente alla conduttanza stomatica, è emerso un andamento analogo, mentre la concentrazione di CO₂ intercellulare non ha evidenziato variazioni di rilievo (Tombesi, 1994). La riduzione dell'attività fotosintetica coincide con la diminuzione dell'efficienza d'uso dell'acqua, in quanto sebbene la traspirazione stomatica rallenti, le perdite idriche nella pianta permangono elevate. Quindi in condizioni di scarsa disponibilità idrica, la pianta risulta stressata, con conseguente diminuzione della clorofilla, degli zuccheri e dell'amido. Per questa ragione, la disponibilità di acqua nel terreno dovrebbe aggirarsi intorno al 60% della capacità di campo, tale da garantire assimilazione efficiente senza eccessivi consumi idrici (Tombesi, 1994).

Ciò nonostante, gli apporti irrigui, per lo più effettuati tramite irrigazione a goccia, vengono eseguiti solitamente in maniera piuttosto empirica, e si riscontrano di frequente apporti non adeguati ai fabbisogni per difetto o, più spesso, per eccesso.

A tal riguardo, alcune prove sono state condotte nella provincia di Viterbo, in un nocciolo sottoposto a diversi trattamenti irrigui, utilizzando come sistema di irrigazione l'impianto a goccia.

L'area di sviluppo delle foglie delle piante di nocchie soggette a differenti livelli di irrigazione è aumentata linearmente in risposta alle disponibilità di acqua, come conseguenza dell'irrigazione. La più elevata percentuale assoluta della crescita è stata osservata nei mesi di aprile e maggio.

Il LAI delle piante non irrigate è diminuito rispetto a quello delle piante irrigate, in particolare quando la sezione traversa dell'area coperta aumentava ed era già avvenuta una parziale defogliazione (Bignami *et* Natali, 1998).

Anche l'allungamento di giovani germogli, la crescita del tronco, del diametro basale dei polloni e la produzione per ettaro, sono stati influenzati dalla disponibilità di acqua, ottenendo l'equilibrio ottimale tra la crescita vegetativa e aspetti qualitativi della produzione nella tesi corrispondente al 75% dell'evapotraspirato massimo della coltura (ETM) (Bignami *et* Natali, 1996; Bignami *et al.*, 1999; Bignami *et al.*, 2005).

Esperienze effettuate in noccioli in piena produzione, in cui si ponevano a confronto due dosi irrigue (50 e 100% dell'ETM), hanno dimostrato come la quantità

più bassa di acqua consenta risultati produttivi soddisfacenti, senza ripercussioni negative sulle caratteristiche qualitative delle nocciole (Strabbioli, 1998).

Come già accennato, il sistema irriguo più diffuso nel nocciolo è generalmente quello a goccia. Prove in contenitore hanno però mostrato come stress idrici indotti su settori dell'apparato radicale influiscano negativamente sulla fisiologia e sull'attività vegeto-riproduttiva della pianta intera, prospettando la necessità di umettare un maggiore volume di suolo mediante microspruzzatori (De Salvador *et* Monastra, 1997) o attraverso la sperimentazione di adeguate tecniche di subirrigazione.

2. – SCOPO DELLA RICERCA

La crescente tendenza all'impiego delle nocciole in una vasta gamma di prodotti finiti manifestata dall'industria dolciaria e alimentare motiva l'interesse per la realizzazione di studi finalizzati alla conoscenza dei fattori connessi con la qualità della nocciola.

La carenza di informazioni sui fattori intrinseci ed estrinseci implicati nel determinismo della qualità della nocciola e correlati con le sue caratteristiche organolettiche costituisce un ulteriore stimolo ad avviare o approfondire ricerche su questo tema.

Corylus avellana L. produce un frutto che presenta un seme di natura oleosa. Numerosi Autori (Lotti *et al.*, 1985; Koyuncu *et al.*, 1997; Parcerisa *et al.*, 1999; Odzemir *et al.*, 2001) hanno da tempo intrapreso studi sul contenuto lipidico delle nocciole, con particolare riferimento alla sua composizione acidica. Il contenuto in olio è infatti tra i principali responsabili dell'aroma delle nocciole tostate, e il principale componente che condiziona la conservazione nel tempo del prodotto. Tutti questi aspetti giustificano pienamente il forte interesse rivolto ad esso dall'industria e dalla ricerca.

Di gran lunga più limitata è stata sino ad ora l'attenzione dedicata ai componenti minori del seme, come gli zuccheri, gli acidi organici, le sostanze tanniche e fenoliche, e, in parte, la componente proteica. Ciò nonostante è sicuramente presente una loro implicazione nella composizione del "flavour" della nocciola per il consumo fresco e per l'utilizzazione industriale.

Uno studio appropriato dei componenti minori delle nocciole, con una certa attenzione all'aroma del prodotto, sia fresco che tostato, può creare una base oggettiva di informazioni, utile ai fini classificatori per esprimere giudizi varietali e correlare la più o meno spiccata vocazionalità di una determinata area corilicola per una o più cultivar.

Gli obiettivi perseguiti nel presente lavoro comprendono la valutazione delle caratteristiche tecnologiche e compositive della nocciola che possono essere strettamente connesse con la sua qualità, e l'azione che su di esse esercitano diversi fattori: genetici, ambientali, colturali e connessi al ciclo ontogenetico della specie.

Sono stati quindi considerati, tra i fattori che possono influire sulla qualità delle nocciole, l'effetto di:

- stadio di sviluppo della nocciola
- fattori colturali connessi al ciclo ontogenetico (irrigazione)
- genotipo

La ricerca si è articolata secondo le seguenti linee:

- studio della crescita della nocciola e del seme, e valutazione delle caratteristiche tecnologiche di cultivar di interesse nazionale ed internazionale, mediante caratterizzazione carpologica;
- determinazione dell'accumulo della sostanza secca nei semi e nel perisperma delle cultivar oggetto di studio;
- determinazione di aspetti compositivi del seme e di caratteri qualitativi, quali il contenuto in olio e la sua composizione acidica, il contenuto di amido, di zuccheri solubili e acidi organici e loro profilo, contenuto di azoto e di sostanze fenoliche nel seme e perisperma, potere antiossidante del seme e del perisperma.

Per alcune cultivar di interesse commerciale, campioni di nocciole sono stati sottoposti a panel test per verificare la presenza di pregi e difetti di caratteristiche organolettiche, tessitura e aroma in grado di influire sulla utilizzazione del prodotto e sul gradimento da parte del consumatore, nonché per una valutazione dell'applicabilità dell'analisi sensoriale come strumento di indagine qualitativa della frutta secca.

3. – MATERIALI E METODI

3.1. PRIMO LAVORO: DINAMICA DELLA COMPOSIZIONE DEL SEME DURANTE LO SVILUPPO DEL FRUTTO

La variazione della composizione del seme in funzione dello stadio di riempimento e maturazione della nocciola è stata analizzata su campioni di nocciole delle tre cultivar più diffuse nel Lazio, Tonda Gentile Romana, Tonda di Giffoni e Nocchione, prelevati nel corso della stagione di crescita 2002, con cadenza settimanale a partire dal 05/07 fino al 06/09, in un nocciolo sito a Caprarola, presso l'azienda Valentini (vedi paragrafo 3.4.1).

La ricerca è stata finalizzata a determinare le variazioni di alcune componenti del seme (umidità, lipidi, zuccheri solubili e acidi organici, amido, azoto, polifenoli totali) e del perisperma (umidità, polifenoli totali) durante la crescita della nocciola e ad analizzarne il potere antiossidante.

3.2. SECONDO LAVORO: CRESCITA E MATURAZIONE DELLE NOCCIOLE IN FUNZIONE DEL FATTORE CULTURALE IRRIGAZIONE

La crescita e la maturazione delle nocciole della cv Nocchione è stata oggetto di indagine per valutare come l'irrigazione possa influenzare, oltre che le dimensioni del frutto e del seme, le sue caratteristiche compositive. Campioni di nocciole sono stati prelevati nel corso della stagione di crescita 2002, con cadenza settimanale a partire dal 05/07 fino al 06/09, in due appezzamenti limitrofi e coetanei situati a Caprarola presso le aziende Valentini e Cristofori (vedi paragrafo 3.4.2); il primo condotto in regime asciutto, l'altro condotto in irriguo attraverso l'innovativa tecnica della subirrigazione.

3.3. TERZO LAVORO: CARATTERIZZAZIONE DI CULTIVAR DI NOCCIOLO DI INTERESSE NAZIONALE ED INTERNAZIONALE

Nel triennio 2002-04, sono stati prelevati campioni di nocciole di 24 cultivar di interesse nazionale ed internazionale, presenti nel campo collezione di Vico Matrino

(vedi paragrafo 3.4.3), per approfondire le conoscenze sulle caratteristiche carpologiche e, in particolare, sulla composizione del seme della piattaforma varietale potenziale che caratterizza la specie coltivata, integrando i risultati, per le cultivar di affermato interesse commerciale, con attività di analisi sensoriale, tale da valutarne l'efficacia come strumento di definizione qualitativa della nocciola.

Le cultivar analizzate sono state: Tonda Gentile delle Langhe, Tonda Gentile Romana, Tonda di Giffoni, Nocchione, Tombul, San Giovanni, Mortarella, Gironell, Daviana, Napoletana II, Riccia di Talanico, Sivri A, Merveille de Bollwiller, Tonda Rossa, Tonda Bianca, Gunslebert, Camponica, Lunga di Spagna, Montebello, Grifoll, Barrettona, Santa Maria del Gesù (Comune di Sicilia), Karidaty (Imperiale di Trebisonda) e Comen. Le prime sette cultivar oggetto di indagine sono state sottoposte anche ad analisi sensoriale.

Nelle tabelle 3.3.1 a, 3.3.1 b sono riportate alcune delle caratteristiche agronomiche e tecnologiche reperibili in letteratura (Manzo *et al.*, 1982; Ylhami Köksal *et al.*, 2000), delle cultivar oggetto di studio.

Tab. 3.3.1 a – alcune caratteristiche di biologia florale delle cultivar indagate

Cultivar	Epoca di fioritura femminile	Epoca di fioritura maschile	Migliore cv Impollinatrice
Tonda Gentile delle Langhe	medio-tardiva	precocissima	Cosford, selvatici locali, clone 101, clone 3L
Tonda Gentile Romana	medio-tardiva	medio-tardiva	Nocchione, Mortarella, Tonda di Giffoni
Tonda di Giffoni	precoce	precoce	S. Giovanni, Mortarella, Riccia di Talanico
Nocchione	media	precoce	Tonda Romana, Riccia di Talanico
Tombul	medio-tardiva	medio-tardiva	Tonda Romana, Cosford, Riccia di Talanico
San Giovanni	precoce	precoce	Tonda di Giffoni, Mortarella, Camponica
Mortarella	medio-precoce	medio-precoce	Tonda di Giffoni, Riccia di Talanico
Gironell	medio-tardiva	medio-tardiva	Grifoll, Colsford, Morell, Lunga di Spagna
Daviana	medio-tardiva	media	Lunga di Spagna, Cosford, Merveille de Bollwiller
Napoletana II	media	media	S. Giovanni, Mortarella, Riccia di Talanico
Riccia di Talanico	medio-tardiva	media	Tonda Romana, Mortarella, Tonda Rossa
Sivri A	medio-precoce	precoce	Karidaty, Palaz, Tombul
Merveille de Bollwiller	tardiva	tardiva	Cosford, Morell, Lunga di Spagna
Tonda Rossa	medio-tardiva	media	Tonda Romana, Tonda di Giffoni, Tonda Bianca
Tonda Bianca	media	media	Tonda Rossa, Camponica, Mortarella, Riccia di Talanico
Gunslebert	media	media	Tonda Romana, SM del Gesù, Riccia di Talanico
Camponica	precoce	precoce	Mortarella, Tonda Rossa, Riccia di Talanico
Lunga di Spagna	tardiva	tardiva	Merveille de Bollwiller, Morell, Cosford
Montebello	medio-tardiva	medio-tardiva	Tonda Romana, Cosford, Carrello
Grifoll	tardiva	tardiva	Morell, Consford, Gunslebert
Barrettona	media	media	Apolda, Tonda Romana, Riccia di Talanico
Santa Maria del Gesù	medio-tardiva	medio-tardiva	Tonda Romana, Cosford, Carrello
Karidaty	medio-precoce	medio-precoce	Tombul, Riccia di Talanico, Tonda Romana
Comen	medio-precoce	medio-precoce	Tonda Romana, Riccia di Talanico

Tab. 3.3.1 b – alcune caratteristiche tecnologiche delle cultivar indagate

Cultivar	Epoca di maturazione frutto	Frutto	Seme
Tonda Gentile delle Langhe	precoce	sferoidale, medio-piccolo	medio-piccolo, resa in sgusciato 47%
Tonda Gentile Romana	media	sferoidale, medio-piccolo	medio-piccolo, resa in sgusciato 45%
Tonda di Giffoni	precoce	sferoidale, medio	medio-piccolo, resa in sgusciato 46%
Nocchione	media	sferoidale, grosso	medio-piccolo, resa in sgusciato 38,2%
Tombul	precoce	allungato, piccolo	piccolo, resa in sgusciato 52,1%
San Giovanni	precoce	allungato, medio	medio-piccolo, resa in sgusciato 46,2%
Mortarella	precoce	allungato, medio-piccolo	piccolo, resa in sgusciato 45%
Gironell	medio-tardiva	sferoidale, medio-piccolo	piccolo, resa in sgusciato 43%
Daviana	medio-tardiva	allungato, medio-grosso	medio-piccolo, resa in sgusciato 50,6%
Napoletana II	media	sferoidale, medio-grosso	medio-piccolo, resa in sgusciato 38%
Riccia di Talanico	medio-precoce	allungato, medio-piccolo	medio-piccolo, resa in sgusciato 51,4%
Sivri A	precoce	allungato, medio	medio-piccolo, resa in sgusciato 44,6%
Merveille de Bollwiller	tardiva	allungato, grosso	medio-piccolo, resa in sgusciato 36,5%
Tonda Rossa	tardiva	allungato, medio-grosso	medio-piccolo, resa in sgusciato 38,3%
Tonda Bianca	tardiva	allungato, medio-grosso	medio-piccolo, resa in sgusciato 40,8%
Gunslebert	medio-tardiva	allungato, medio-grosso	medio-piccolo, resa in sgusciato 45,1%
Camponica	precoce	sferoidale, grosso	medio, resa in sgusciato 46,6%
Lunga di Spagna	tardiva	allungato, medio	medio-piccolo, resa in sgusciato 47,1%
Montebello	media	sferoidale, medio	medio-piccolo (1,2g), resa allo sgusciato 39,2%
Grifoll	media	allungato, medio-piccolo	piccolo, resa in sgusciato 40,0%
Barrettona	medio-tardiva	sferoidale, grosso	medio-piccolo, resa in sgusciato 36,0%
Santa Maria del Gesù	media	sferoidale, medio	medio-piccolo (1,2g), resa allo sgusciato 39,2%
Karidaty	media	sferoidale, medio-grosso	medio-piccolo, resa in sgusciato 45,3%
Comen	media	allungato, piccolo	piccolo, resa in sgusciato 52,2%

3.4. CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI

3.4.1 - Nocciolo presso l'azienda Valentini a Caprarola.

Il nocciolo, sito in Caprarola ad una altimetria di circa 350 m s.l.m., presenta un sesto d'impianto di 5m x 5m. Le cultivar presenti sono Tonda Gentile Romana, Tonda di Giffoni, Nocchione, disposte in blocchi contigui. L'età dell'impianto è di 30 anni; la forma d'allevamento adottata è il cespuglio policaule.

L'apezzamento, condotto in regime asciutto, è soggetto ai vincoli imposti dal Reg. (Ce) N°1257/99 nella misura III.1 (misure agroambientali).

Dalle analisi effettuate, il suolo risulta di tipo franco (0-30 cm), così come di tipo franco è risultato il sottosuolo (40-80 cm). La granulometria è caratterizzata dai seguenti valori:

Tab. 3.4.1 a: analisi fisico-meccanica del terreno presso l'azienda Valentini.

Granulometria	Suolo (0-30 cm)	Sottosuolo (40-80 cm)
Sabbia totale	30,4 %	32,9 %
Sabbia grossa (2-0,2)	16,7 %	19,1 %
Sabbia fine (0,2-0,05)	13,7 %	13,8 %
Limo (0,05-0,002)	48,2 %	40,8 %
Argilla (<0,002)	21,4 %	26,3 %
Tessitura (U.S.D.A.)	Franco	Franco

Le caratteristiche chimiche del terreno in questione sono espresse in tabella 3.4.1 b:

Tab.3.4.1 b: analisi chimica del terreno presso l'azienda Valentini.

Analisi chimica	Suolo (0-30 cm)	Sottosuolo (40-80 cm)
Conducibilità elettrica (mS/cm/25°C)	0,05	0,08
pH in H ₂ O (1:2)	5,8	7,1
pH in KCl (1:2)	4,4	4,8
Calcare totale (% s.s.)	0	0
Carbonio organico (g/Kg s.s.)	13	-
Sostanza organica (% s.s.)	2,2	-
P ₂ O ₅ assimilabile (mg/Kg s.s.)	18	-
K ₂ O assimilabile (mg/Kg s.s.)	704	141
CaO assimilabile (mg/Kg s.s.)	2492	2940
MgO assimilabile (mg/Kg s.s.)	338	478
Azoto totale % s.s.	0,14	-
Rapporto C/N	9,3	-
Complesso di scambio	Suolo (0-30 cm)	Sottosuolo (40-80 cm)
Ca scambiabile (me/100g s.s.)	8,9	10,5
Mg scambiabile (me/100g s.s.)	1,7	2,4
Na scambiabile (me/100g s.s.)	0,1	0,1
K scambiabile (me/100g s.s.)	1,5	0,3
Acidità di scambio (me/100g s.s.)	4,1	13,2
C.S.C. (me/100g s.s.)	16,3	-
Microelementi	Suolo (0-30 cm)	Sottosuolo (40-80 cm)
Alluminio (Al) (mg/Kg s.s.)	2	23
Ferro (Fe) (mg/Kg s.s.)	73	-
Rame (Cu) (mg/Kg s.s.)	35,1	-
Zinco (Zn) (mg/Kg s.s.)	0,9	-
Manganese (Mn) (mg/Kg s.s.)	12	-

Il terreno è mediamente dotato di sostanza organica, con un accettabile rapporto C/N, presenta un pH moderatamente acido nei primi 30 cm di profilo e neutro nell'immediato sottosuolo. La dotazione di potassio è risultata accettabile nei primi 30 cm di profilo, con una buona disponibilità di microelementi nel complesso.

Per ogni varietà sono state individuate tre piante uniformi in posizione centrale in ogni parcella, in maniera da evitare effetti di bordo e garantire rappresentatività ai campioni raccolti e sottoposti ad analisi.

3.4.2 - Nocchieleto presso l'azienda Cristofori a Caprarola.

Il nocchieleto, sito in Caprarola ad una altimetria di circa 350 m s.l.m., presenta un sesto d'impianto di 5m x 5m. La cultivar presente è il Nocchione, condotto in regime

irriguo tramite l'innovativa tecnica della subirrigazione. L'età dell'impianto è di 30 anni; la forma d'allevamento adottata è il cespuglio policaule.

L'appezzamento è soggetto ai vincoli imposti dal Reg. (Ce) N°1257/99 nella misura III.1 (misure agroambientali).

Per l'articolazione della prova sono state individuate tre piante uniformi in posizione centrale all'appezzamento, in maniera da evitare effetti di bordo e garantire rappresentatività ai campioni raccolti e sottoposti ad analisi.

Dalle ultime analisi effettuate, è emerso un suolo di tipo franco nei primi 30 cm di profilo. Le caratteristiche fisico-meccaniche del terreno sono riportate in tabella 3.4.2 a:

Tab.3.4.2 a: analisi fisico-meccanica del terreno presso l'azienda Cristofori.

Granulometria	Suolo (0-30 cm)
Sabbia totale	42 %
Sabbia grossa (2-0,2)	25 %
Sabbia fine (0,2-0,05)	17 %
Limo (0,05-0,002)	44 %
Argilla (<0,002)	14 %
Tessitura (U.S.D.A.)	Franco

Le caratteristiche chimiche del terreno in questione sono riportate in tabella 3.4.2 b:

Tab.3.4.2 b: Analisi chimica del terreno presso l'azienda Cristofori.

Analisi chimica	Suolo (0-30 cm)
Conducibilità elettrica (mS/cm/25°C)	0,08
pH in H ₂ O (1:2)	6,98
Calcare totale (% s.s.)	0
Carbonio organico (g/Kg s.s.)	11,8
Sostanza organica (% s.s.)	2,1
Azoto totale (% s.s.)	0,09
P ₂ O ₅ assimilabile (mg/Kg s.s.)	82
Rapporto C/N	13,1
Complesso di scambio	Suolo (0-30 cm)
Ca scambiabile (me/100g s.s.)	8,47
Mg scambiabile (me/100g s.s.)	1,96
Na scambiabile (me/100g s.s.)	0,19
K scambiabile (me/100g s.s.)	2,14
Acidità di scambio (me/100g s.s.)	3
C.S.C. (me/100g s.s.)	15,3

Il terreno caratterizzato da una tessitura di medio impasto, mediamente dotato di sostanza organica, con un accettabile rapporto C/N, presenta un pH prossimo alla neutralità nei primi 30 cm.

3.4.3 – Campo collezione presso l'ARSIAL (Vico Matrino).

Le prove sono state condotte nel triennio 2002-04. Sono state studiate 24 cultivar presenti nel campo collezione di Vico Matrino (VT), realizzato nel 1983 dall'ARSIAL di Viterbo e dall'Istituto Sperimentale per la Frutticoltura di Roma. La collezione comprende 59 accessioni, per ciascuna delle quali sono presenti 2 o 3 piante disposte ad una distanza di 3m x 4m. L'impianto, condotto in asciutto, si inquadra in una area tipicamente vocata per la corilicoltura, e viene gestito secondo le tecniche colturali più adeguate alla specie.

Il terreno nel quale è stato effettuato l'impianto è risultato dalle analisi chimiche effettuate nel 1994 caratterizzato dai valori riportati in tabella 3.4.3.

Tab.3.4.3 – analisi chimiche del terreno presso il campo collezione ARSIAL

Analisi chimica	Suolo (0-30 cm)
Conducibilità elettrica (mS/cm/25°C)	0,09
pH in H ₂ O (1:2)	4,5
Calcare totale (% s.s.)	0
Carbonio organico (g/Kg s.s.)	22
Sostanza organica (% s.s.)	0,4
P ₂ O ₅ assimilabile (mg/Kg s.s.)	12
K ₂ O assimilabile (mg/Kg s.s.)	142
Azoto totale % s.s.	0,03
Complesso di scambio	Suolo (0-30 cm)
Ca scambiabile (me/100g s.s.)	8,2
Mg scambiabile (me/100g s.s.)	1,7
Na scambiabile (me/100g s.s.)	0,9
K scambiabile (me/100g s.s.)	3,6
Acidità di scambio (me/100g s.s.)	1,5
C.S.C. (me/100g s.s.)	15,9
Microelementi	Suolo (0-30 cm)
Ferro (Fe) (mg/Kg s.s.)	94
Rame (Cu) (mg/Kg s.s.)	2,1
Boro (Bo) (mg/Kg s.s.)	0,9
Manganese (Mn) (mg/Kg s.s.)	94

Il terreno, caratterizzato da reazione acida, si presenta scarsamente dotato di sostanza organica.

3.5. DATI CLIMATICI

3.5.1 – Caprarola (VT): Aziende Valentini e Cristofori.

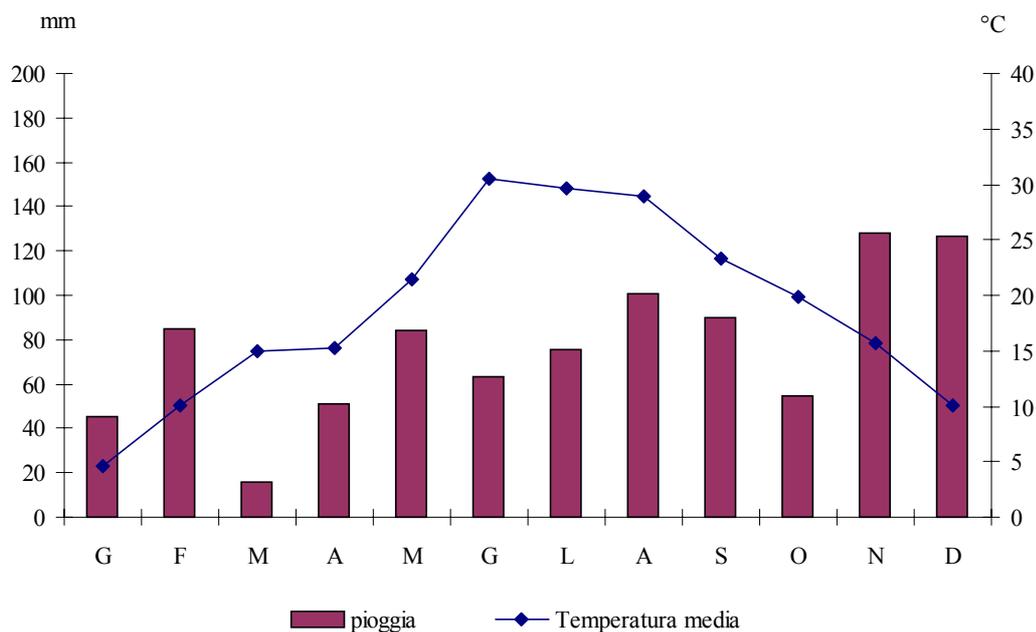
Sono stati presi a riferimento i dati dei principali parametri climatici (pioggia e temperature) rilevati presso la stazione meteorologica situata in località Piani (Caprarola), poco distante dai nocioleti precedentemente descritti in cui sono state effettuate le osservazioni.

In Caprarola è evidente l'andamento instabile di clima e regimi pluviometrici nel corso dell'anno, nel quale si alternano periodi siccitosi a periodi con abbondanti quantitativi di pioggia.

Dall'analisi dell'andamento climatico si osserva che i mesi di marzo e aprile sono stati particolarmente siccitosi. In particolare, i mesi di aprile-maggio, durante i quali si svolgono la più intensa crescita vegetativa del nocciolo, l'induzione a fiore e la fase preliminare alla fecondazione, per la generale carenza di eventi piovosi in combinazione con valori termici medi piuttosto elevati, è da considerarsi un momento critico per la coltura, soprattutto nel caso di conduzione in asciutto. I mesi di giugno e luglio sono stati caratterizzati da eventi piovosi di una certa consistenza e da un andamento termico non troppo elevato. Agosto è stato caratterizzato da fenomeni per lo più a carattere temporalesco in particolare nella seconda parte del mese, senza particolari effetti benefici sulla maturazione dei frutti. In tale periodo infatti gli ambienti corilicoli viterbesi sono caratterizzati da uno stato di avanzata maturazione delle nocciole, che in parte sono cadute a terra; la loro permanenza al suolo, e l'inevitabile esposizione alla pioggia ed il contatto col suolo umido possono rappresentare un pericolo per le prerogative di conservazione del prodotto, che rischia una maggiore soggezione a marciumi.

In tabella 3.5.1 sono riportati i volumi irrigui somministrati durante la stagione vegeto-produttiva dell'anno 2002 al nocciolo irrigato presso l'azienda Cristofori.

Figura 3.1: andamento dei regimi pluviometrici e della temperatura media mensili nell'anno 2002 presso la stazione meteorologica in Caprarola.



Tab. 3.5.1: quantità di acqua irrigua somministrata durante la stagione vegeto-produttiva 2002 nel nocciolo presso l'azienda Cristofori.

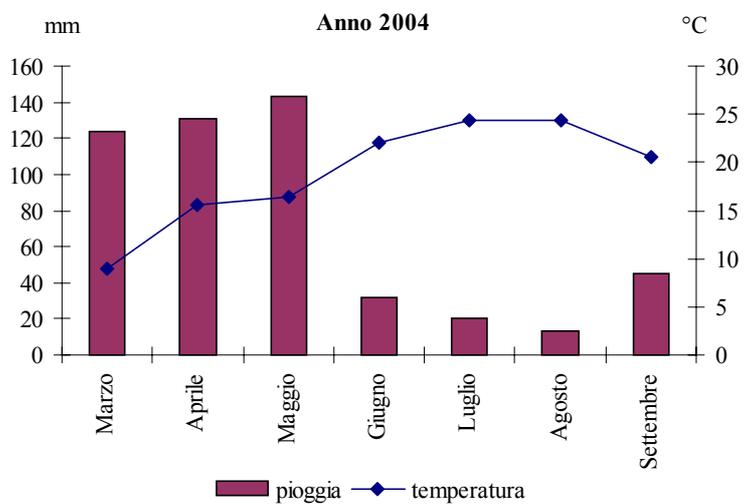
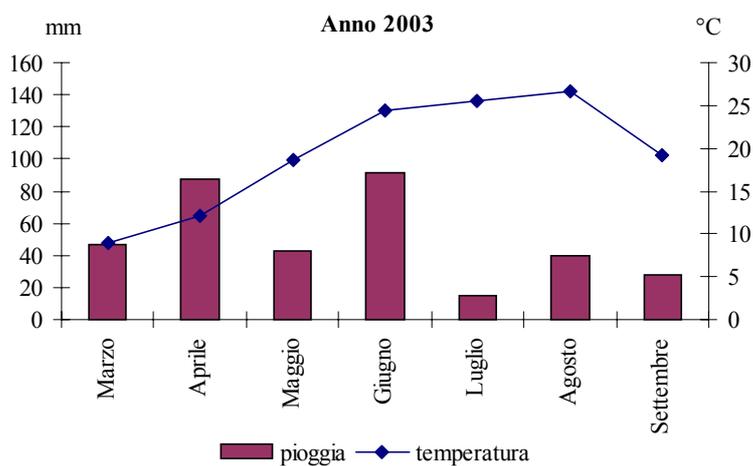
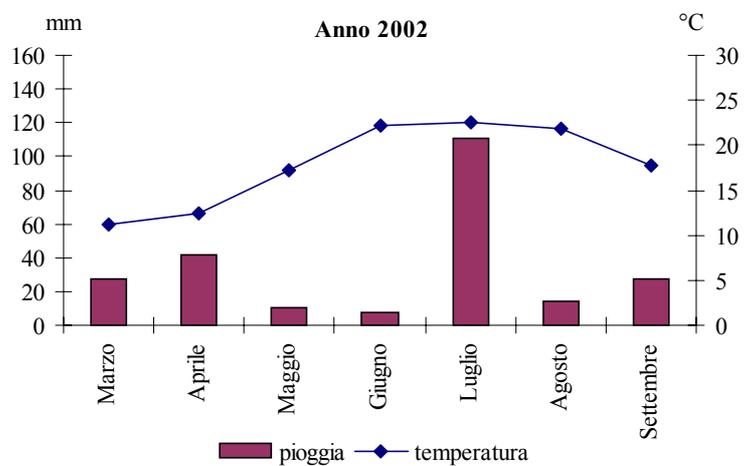
Mese	Durata stagione irrigua (giorni)	Acqua somministrata (mm)
Maggio	101	28
Giugno		70
Luglio		55
Agosto		25

3.5.2 – Vico Matrino (VT): Campo collezione ARSIAL.

Sono stati considerati i dati dei parametri climatici pioggia e temperature, rilevati presso la stazione meteorologica situata in località Vico Matrino nel comune di Capranica (VT), in prossimità del campo collezione ARSIAL precedentemente descritto. I dati riportati in figura 3.2 sono riferiti al triennio 2002-04 durante il periodo di attività vegeto-produttiva del nocciolo, a partire dal mese di marzo fino al mese di settembre, epoca in cui avviene la raccolta.

Dall'analisi climatica nel triennio di riferimento è emerso un andamento primaverile caratterizzato da eventi piovosi ben distribuiti e quantitativamente adeguati. L'andamento estivo, a ridosso della maturazione dei frutti, è stato invece siccitoso e caratterizzato da temperature elevate, coincidenti tra l'altro con delle fasi fenologiche piuttosto impegnative per la specie, caratterizzata da un complesso processo di accumulo della sostanza grassa nei semi. Tali fenomeni climatici si sono manifestati complessivamente in tutto il triennio di riferimento ad eccezione dell'anno 2002, in cui durante il mese di luglio si è registrata una piovosità abbondante e superiore alla media del periodo.

Figura 3.2: andamento dei regimi pluviometrici e della temperatura media mensili durante la stagione vegeto-produttiva del triennio 2002-04 presso la stazione meteorologica di Vico Matrino.



3.6. RILIEVI.

3.6.2 - Caratterizzazione carpologica.

Per ogni data di campionamento, e per tutte le cultivar oggetto di studio, su campioni di 50 frutti, sono state compilate schede descrittive, adottando una metodica distruttiva, e riportando per ognuna di esse:

- peso fresco del frutto;
- peso secco del frutto;
- diametro maggiore del frutto;
- diametro minore del frutto;
- altezza del frutto;
- peso fresco del seme;
- peso secco del seme;
- diametro maggiore del seme;
- diametro minore del seme;
- altezza del seme;
- peso fresco del guscio;
- peso secco del guscio;
- incidenza percentuale dei vuoti.

Sono quindi stati calcolati:

- indice di rotondità del frutto (larghezza + spessore/2 volte l'altezza);
- resa effettiva percentuale [(peso dei semi/peso delle nocule)*100].

3.6.3 - Analisi della composizione chimica.

Per l'analisi chimica, i campioni di semi sono stati congelati a -80°C. Successivamente, in maniera sistematica è stato effettuato il distacco del perisperma e sottoposto a liofilizzazione per 24 ore dopo preliminare determinazione del peso fresco.

Le analisi sul perisperma liofilizzato hanno riguardato:

- sostanza secca;
- polifenoli totali;

- potere antiossidante della frazione idrofila.

Le analisi a carico dei semi tal quale hanno riguardato:

- sostanza secca;
- sostanza grassa;
- acidi grassi costituenti la componente lipidica;
- zuccheri solubili, polialcoli ed acidi organici;
- amido;
- azoto;
- polifenoli totali;
- potere antiossidante della frazione lipofila e idrofila;
- analisi sensoriale.

Le analisi effettuate in laboratorio sono state eseguite secondo le metodologie di seguito descritte.

La misura della percentuale di sostanza secca è stata effettuata su campioni freschi posti in stufa termostatica ad una temperatura di 105°C, sino a peso costante.

L'analisi quantitativa dell'olio presente nel seme è stata effettuata attraverso il metodo Soxhlet. La determinazione è stata eseguita su 10 g di campione tal quale prelevato da un'aliquota rappresentativa di farina di nocciole. Il campione, in apposito ditale per estrazione, è stato inserito nell'estrattore, collegato ad un pallone previamente tarato a cui è stato aggiunto il solvente (200 ml di etere di petrolio 40-60°C). Il Soxhlet opera portando ad ebollizione il solvente che evapora e per successiva refrigerazione ricade sul ditale contenente il campione, trascinando nel pallone sottostante la matrice grassa. Il processo di estrazione si protrae per 6 ore, regolando l'intensità di ebollizione in modo da avere almeno 15 sifonamenti l'ora. Completata l'estrazione è stata operata la purificazione degli estratti, distillando il solvente su bagnomaria, e completando l'essiccazione della sostanza grassa in stufa termostatica a 105° fino a peso costante.

Espressione dei risultati:

Sostanza grassa % = $(m_1/m) \cdot 100$, in cui:

m_1 = massa della sostanza grassa estratta in g;

m = massa del campione prelevato per la determinazione in g.

L'estratto viene riferito alla sostanza secca utilizzando la formula seguente:

$S \cdot 100 / (100 - U) = \text{estratto \% grasso s.s.}^{-1}$, dove:

S = % di massa di estratto sul prodotto tal quale;

U = tenore in acqua e sostanze volatili.

Il profilo degli acidi grassi è stato determinato sull'olio estratto a freddo, separato dalla soluzione di estrazione degli zuccheri solubili. La matrice lipidica separata dall'estratto acquoso (circa 3 ml da pasta di nocciole), è stata lavata in circa 20 ml di H₂O distillata. Successivamente è stata aggiunta una soluzione di eptano contenente l'antiossidante BHT (5 mg ml⁻¹ di eptano), in quantità uguale alla matrice grassa, per completare la purificazione. 100 µl di olio sono stati metilizzati con 50 µl di KOH 0,2 N in metanolo, aggiungendo 100 µl di eptano. Dopo agitazione per 30", i campioni sono stati iniettati in gascromatografo GC Chrompack CP 9000, dotato di detector e colonna capillare Stabilwax (Restek), di 30 m x 0,5 mm ID, 1,0 µm df. La temperatura dell'iniettore e del detector era di 260 °C. Il programma delle temperature utilizzato è stato il seguente: 200 °C per 3 minuti, 4 °C minuto⁻¹ fino a 220 °C, per 5 minuti, 6 °C minuto⁻¹, fino a 250 °C, per 5 minuti; con una temperatura finale di 250 °C per 10 minuti. Il tasso di flusso di He, H₂, aria e N₂ è stato di 1, 30, 250 e 300 ml minuto⁻¹ rispettivamente, con un rapporto di splittaggio di 100:1. I singoli acidi grassi sono stati individuati confrontando i loro tempi di ritenzione con quelli dei singoli composti. La quantità di ogni singolo composto è stata espressa come percentuale sul totale.

La determinazione quali-quantitativa di zuccheri, polialcoli ed acidi organici è stata effettuata mediante gascromatografia gassosa (GC), su estratti ottenuti da doppia estrazione in soluzioni di imidazolo 0,05 M a pH 7,2 – etanolo (v:v 1:1), aggiungendo β-fenilglucopiranoside (25 mg) come standard interno e BHA come antiossidante. L'estratto è stato disidratato e trattato con 600 µl di piridina, 200 µl di trimetildisilazano e 100 µl di trimetilclorosilano, riscaldando a 50°C per un'ora. I campioni derivatizzati sono stati iniettati in un GC Chrompack CP 9000, con colonna capillare CP-Sil-5CB 10 m, 0,25 mm ID, 0,12 mm df (Chrompack, Middelburg, Netherlands). La temperatura dell'iniettore e del detector era di 300 °C e 320 °C rispettivamente. Il programma delle temperature utilizzate è stato il seguente: 120 °C

minuto⁻¹, da 120 °C a 180 °C a 10 °C minuto⁻¹; da 180 °C a 210 °C a 15 °C minuto⁻¹; da 210 °C a 300 °C a 20°C minuto⁻¹. Il tasso di flusso di He, H₂, aria e N₂ è stato di 1, 30, 250 e 300 ml minuto⁻¹ rispettivamente, con un rapporto di splittaggio di 80:1. Il tempo di ritenzione degli standard dei principali zuccheri ed acidi organici presenti nei frutti è stato utilizzato per la determinazione qualitativa. La quantificazione di ciascun composto è stata calcolata sulla base della concentrazione dello standard interno.

La determinazione dell'amido è stata eseguita negli estratti ottenuti da idrolisi acida di 1 g di pellet residuo dell'estrazione a freddo degli zuccheri solubili, acidi organici, polialcoli e matrice grassa. I campioni sono stati trattati in soluzione acida (20-40 ml di acido cloridrico 1M) a 90°C in bagno maria per 4 ore, a garantire l'idrolizzazione dell'amido e la successiva demolizione in glucosio. Dopo raffreddamento i campioni sono stati neutralizzati attraverso l'aggiunta di 15-25 ml di soluzione 1M di Na₂CHO₃. Sono stati aggiunti 2 ml di standard interno (2,5 g metilmanopyranoside in 100 ml di H₂O), e i campioni sono stati sottoposti a centrifugazione. Il surnatante è stato separato e portato a volume con etanolo. L'estratto è stato infine derivatizzato ed iniettato al gascromatografo analogamente al metodo descritto per gli zuccheri solubili.

L'analisi quantitativa dell'azoto totale presente nei semi è stata effettuata attraverso il metodo Kjeldhal. Circa 500 mg di farina di nocciole prelevata da una aliquota rappresentativa sono stati inseriti in tubi di pirex per Kjeldhal. La mineralizzazione dei campioni è stata ottenuta attraverso aggiunta di 10 ml di H₂SO₄ concentrato al 96%, e 2 g circa di catalizzatore costituito da una miscela di SeO₂, K₂SO₄, e CuSO₄, per facilitare l'ossidazione della sostanza organica. I tubi così caricati sono stati inseriti nell'apparecchio digestore dotato di collettore dei fumi e dispositivo per la loro eliminazione, quindi è stata avviata l'ebollizione. La mineralizzazione è stata condotta per circa 3 ore; successivamente le soluzioni contenenti l'azoto come ione NH₄⁺ sono state distillate in corrente di vapore per 5' previa alcalinizzazione con aggiunta di 50 ml di NaOH. Il distillato è stato raccolto su 10 ml di soluzione di H₃BO₃, alla concentrazione dell'1 %, cui erano state aggiunte due gocce di indicatore costituito da una soluzione alcolica di rosso-metile e

verde di bromocresolo. La soluzione raccolta, contenente ammoniacca, è stata infine titolata con H₂SO₄ N/28, fino a colorazione di viraggio rosa pallido persistente. Per calcolare il contenuto di azoto totale è stata applicata la seguente formula:

$N \text{ totale } \% = (0,5 * A * 100) / P$; in cui:

coefficiente 0,5 = mg di azoto pari a 1 ml di H₂SO₄ N/28;

A = ml di H₂SO₄ consumati nella titolazione;

P = peso del campione in mg.

La determinazione quantitativa dei polifenoli totali nel perisperma e nei semi di nocciolo è stata effettuata utilizzando il metodo Folin-Ciocolteau, come riportato da Singleton *et al.*, (1999), previa estrazione dei composti fenolici in modo analogo a quanto descritto da Yurttas *et al.*, (2000).

Nel caso di determinazione del contenuto di polifenoli nel perisperma, una quantità di campione liofilizzato pari a 0,5 g e prelevato da una aliquota rappresentativa, è stato omogeneizzato in 50 ml di soluzione estraente costituita da MeOH e H₂O in rapporto V:V/2:1 (controllare Ph e neutralizzare con HCl). I campioni sono stati posti su piastra oscillante (300 giri minuto⁻¹) per 16 ore a 20 °C. Successivamente sono stati filtrati e centrifugati (7000g per 10'). 2 ml di surnatante, sono stati aggiunti in 10 ml di reagente Folin-Ciocolteau (diluito V.V/1:10 in H₂O distillata) e 8 ml di NaHCO₃ in soluzione satura. Per il bianco sono stati impiegati 2 ml di soluzione estraente. Per la determinazione delle interferenze, sono state effettuate delle letture di campioni in cui gli 8 ml di NaHCO₃ sono stati sostituiti con 8 ml di H₂O distillata.

I campioni, posti al buio per 2 ore a temperatura ambiente, sono stati successivamente sottoposti a lettura in spettrofotometro Perkin Elmer (uv/vis Lambda 3B), ad una lunghezza d'onda di 760 nm, calibrando contro acido gallico in concentrazioni variabili comprese tra 8-80 µg ml⁻¹ (risultati espressi in concentrazione equivalente di acido gallico). In modo analogo è stata eseguita la determinazione del contenuto totale di fenoli nel seme, previa estrazione da una quantità di campione tal quale pari a 5 g, prelevata da una aliquota rappresentativa di farina di nocciole finemente macinata.

La determinazione del potere antiossidante delle nocciole è stata effettuata attraverso preliminare estrazione della frazione lipofila ed idrofila dal seme tal quale, e della frazione idrofila dal perisperma tal quale.

A 4 g di nocciole finemente macinati sono stati aggiunti 20 ml di diclorometano per HPLC. La miscela è stata posta in agitazione per 3 ore a temperatura ambiente, e successivamente sottoposta a centrifugazione (12.000 ppm per 10' a 4°C). Il surnatante è stato separato e filtrato con filtro a siringa in cellulosa rigenerata da 0,45 µm e sottoposto alla determinazione dell'attività antiossidante secondo il protocollo sperimentale proposto da Pellegrini *et al.*, (1999).

Il pellett residuo, a cui sono stati aggiunti 20 ml di MeOH, è stato posto in agitazione per 30'. Successivamente, una volta centrifugato, il surnatante è stato filtrato e sottoposto alla determinazione del potere antiossidante.

Tale metodica di estrazione è stata applicata anche nel caso della quantificazione del potere antiossidante della frazione idrofila del perisperma, a partire da 0,5 g di campione tal quale.

Per la determinazione dell'attività antiossidante è stata preliminarmente preparata una soluzione contenente il radicale ABTS⁺. A 5 ml di soluzione 7 mM di ABTS⁺ [2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)], sono stati aggiunti 88 µl di soluzione 140 mM di persolfato di potassio. La miscela così ottenuta è stata sottoposta a stabilizzazione per 6 ore a + 4°C.

Prima di eseguire il saggio tale miscela è stata diluita con EtOH al punto da avere una densità ottica pari a 0,70±0,10 (diluizione in EtOH 1:88/v:v).

La lettura spettrofotometrica della frazione lipofila è stata effettuata aggiungendo 200 µl dell'estratto in diclorometano a 2 ml di soluzione di ABTS⁺, vortexando per 30". Il saggio è stato eseguito a 734 nm previa taratura dello strumento con il bianco, costituito da 2 ml di soluzione ABTS⁺ a cui sono stati aggiunti 200 µl di diclorometano. L'autozero dello strumento è stato eseguito in diclorometano. Una volta eseguito l'autozero è stata effettuata la lettura del bianco.

Sono state effettate due repliche; ogni replica è stata saggiata 2 volte: allo stadio iniziale, e successivamente, a campione termostatato per 10' a 30°C. La misurazione è stata espressa come rapporto tra la lettura del bianco e la lettura del campione termostatato, a definire la percentuale di inibizione della colorazione dovuta alla

reazione di neutralizzazione tra radicale ABTS⁺ e composti lipofili ad attività antiossidante.

La lettura spettrofotometrica della frazione idrofila è stata effettuata aggiungendo 200 µl dell'estratto in MeOH a 2 ml di soluzione di ABTS⁺, vortexando per 30". Il saggio è stato eseguito a 734 nm previa taratura dello strumento con il bianco, costituito da 2 ml di soluzione ABTS⁺ a cui sono stati aggiunti 200 µl di metanolo. Una volta eseguito l'autozero in metanolo, è stata effettuata la lettura del bianco.

Ogni campione, determinato in due repliche, è stato saggiato 2 volte; una iniziale, ed una successiva a campione termostato per 10' a 30°C. La misurazione è stata espressa come rapporto tra la lettura del bianco e la lettura del campione termostato, a definire la percentuale di inibizione della colorazione dovuta alla reazione di neutralizzazione tra radicale ABTS⁺ e composti idrofili ad attività antiossidante.

Per quantificare il potere antiossidante delle frazioni testate è stata determinata una retta di calibrazione con ausilio di aliquote note di una soluzione madre 5 mM di Trolox, eseguendo il saggio in maniera analoga a quanto precedentemente descritto. L'attività antiossidante viene espressa infatti in TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) in base ad una retta di calibrazione di inibizione dell'ABTS⁺ ottenuta con soluzioni standard di Trolox; i valori sono stati espressi come concentrazione mM equivalente di Trolox in 100g di campione.

L'equazione della retta ottenuta ha permesso la definizione in TEAC dei campioni in analisi. In specifico:

$\% \text{ inibizione} = 1 - (\text{Abs}_{734\text{C}}/\text{Abs}_{734\text{B}}) * 100$; in cui:

C = campione;

B = bianco;

La percentuale di inibizione del campione così determinata è stata sostituita all'incognita dell'equazione della retta, a definire il potere antiossidante espresso in mmoli equivalenti di Trolox * 100g⁻¹ di campione.

Campioni di nocciole di alcune cultivar sono state sottoposte ad **analisi sensoriale**. Dopo essere state conservate a +4 °C in sacchi a libera traspirazione, le nocciole sono state sgusciate, tostate a 140°C per 20' e pelate. I campioni così preparati sono stati riposti in appositi vassoi per alimenti. Gli assaggiatori (10-12), hanno eseguito

l'analisi sensoriale avendo a disposizione acqua naturale e crackers non salati per intervallare gli assaggi e non incorrere in stanchezza ed assuefazione. Per la valutazione organolettica della nocciola, sono stati individuati 20 descrittori riguardanti i caratteri qualitativi della sfera visiva, gustativa, olfattiva e retrogustativa, secondo i criteri della Analisi Descrittiva Quantitativa (QDA). La scelta è stata effettuata sulla base di indicazioni bibliografiche per noce e nocciolo (Zeppa *et al.*, 2000; Sinesio *et Moneta*, 1999), ed in base alle indicazioni scaturite da discussioni con gli stessi assaggiatori in sedute preliminari. Il test quali-quantitativo ha consentito di valutare, tramite un punteggio, la qualità globale organolettica e l'apparenza (forma, aspetto, etc.) (Pratella, 1998). La valutazione all'assaggio è stata espressa mediante scale non strutturate.

I dati ottenuti sono stati sottoposti ad **elaborazione statistica**, mediante analisi della varianza. A tal fine è stata utilizzata la procedura MGLH del pacchetto SYSTAT 10. E' stata quindi calcolata la d.m.s. (differenza minima significativa) per il confronto a coppie delle medie.

Relativamente ai rilievi ed alle analisi chimiche della dinamica di crescita delle nocciole, replicate più volte per ogni tesi, è stata inoltre calcolata la deviazione standard entro data e cultivar.

4. - RISULTATI E DISCUSSIONI

4.1. PRIMO LAVORO: DINAMICA DELLA COMPOSIZIONE DEL SEME DURANTE LO SVILUPPO DEL FRUTTO

La ricerca è stata finalizzata a determinare le variazioni di alcune componenti del seme (umidità, sostanza secca, lipidi, zuccheri solubili, amido, azoto, polifenoli totali) e del perisperma (umidità e polifenoli totali) durante la crescita della nocciola delle tre cultivar più diffuse nel Lazio: Tonda Gentile Romana, Tonda di Giffoni e Nocchione. In considerazione del suo contributo alle funzioni nutraceutiche ed al mantenimento della qualità della nocciola, è stato valutato anche il potere antiossidante. L'umidità del seme decresce progressivamente dagli inizi di luglio, mentre quella del perisperma diminuisce bruscamente ad agosto. L'accumulo dell'olio presenta una stasi nella prima metà di agosto. Il contenuto di zuccheri subisce variazioni in parte dipendenti da stress ambientali. Anche i profili degli acidi grassi e degli zuccheri si modificano durante lo sviluppo del seme. Il complesso di queste dinamiche può motivare le differenze di sapore della nocciola matura ed immatura ed evidenzia la opportunità di una corretta epoca di raccolta.

4.1.1 – Caratteristiche tecnologiche di frutti e semi

Dall'analisi delle caratteristiche fisiche delle nocciole durante la crescita nelle cultivar oggetto di studio si è osservato che nei mesi di luglio e agosto i frutti e i semi hanno evidenziato una diminuzione del loro peso fresco medio, dovuto al calo del contenuto in acqua. Le rese effettive calcolate durante il periodo di crescita (figura 4.1) confermano le differenze varietali note per questo carattere. La cultivar Nocchione è stata contraddistinta dai valori più bassi (37% in data 06/09); mentre le altre due cultivar hanno raggiunto, in condizione di piena maturazione, rese effettive più elevate, con valori prossimi al 45%. Tutte e tre le cultivar hanno presentato un indice di rotondità (Ir) compreso tra 0,93 e 1,00.

I valori ottenuti confermano l'idoneità delle tre cultivar per l'utilizzazione industriale che, come noto, identifica nella forma rotonda della nucula un prerequisito di qualità tecnologica per i processi di trasformazione. Le tabelle riportano i valori delle componenti produttive di maggiore interesse industriale delle tre cultivar studiate nel

corso della stagione di crescita. Dall'inizio del mese di luglio alla raccolta non si sono registrati incrementi sensibili di peso fresco tra i campioni prelevati nelle diverse date. Ciò dimostra che nell'anno 2002 le nocciole, derivate da un processo fecondativo avvenuto circa un mese prima, avevano già raggiunto nella prima decade di luglio le loro dimensioni definitive.

Tab. 4.1.1a: variazione delle caratteristiche tecnologiche delle nocciole nel corso della crescita; anno 2002, cultivar Tonda Gentile Romana (TGR) (media \pm deviazione standard).

prelievo	Cv	$\varnothing >$ frutto (mm)	$\varnothing <$ frutto (mm)	h frutto (mm)	Ir	Pf frutto (g)	Pf seme (g)	Pf guscio (g)
06/09/02	TGR	20,8 \pm 0,9	18,6 \pm 1,2	19,9 \pm 0,6	0,98	2,75 \pm 0,41	1,26 \pm 0,21	1,48 \pm 0,23
30/08/02	TGR	20,1 \pm 1,4	18,4 \pm 1,5	27,7 \pm 0,4	0,97	2,86 \pm 0,59	1,39 \pm 0,32	1,46 \pm 0,33
23/08/02	TGR	20,4 \pm 1,0	18,4 \pm 0,8	18,6 \pm 0,7	1,04	2,52 \pm 0,38	1,09 \pm 0,19	1,42 \pm 0,22
16/08/02	TGR	19,9 \pm 1,1	17,9 \pm 1,2	19,3 \pm 1,0	0,97	2,88 \pm 0,55	1,32 \pm 0,29	1,56 \pm 0,28
09/08/02	TGR	19,7 \pm 1,7	17,7 \pm 1,3	19,0 \pm 1,0	0,98	2,89 \pm 0,65	1,36 \pm 0,31	1,53 \pm 0,39
02/08/02	TGR	19,5 \pm 1,1	17,8 \pm 1,0	19,7 \pm 0,6	0,94	2,71 \pm 0,51	1,14 \pm 0,32	1,56 \pm 0,27
26/07/02	TGR	20,2 \pm 1,3	18,2 \pm 1,2	19,1 \pm 1,3	1,00	3,65 \pm 0,56	1,71 \pm 0,39	1,93 \pm 0,27
19/07/02	TGR	19,9 \pm 1,1	18,1 \pm 1,0	19,2 \pm 0,7	0,98	2,75 \pm 0,37	0,95 \pm 0,19	1,80 \pm 0,25
12/07/02	TGR	19,6 \pm 1,4	17,3 \pm 1,3	18,8 \pm 0,9	0,98	2,63 \pm 0,59	0,91 \pm 0,31	1,77 \pm 0,32
05/07/02	TGR	20,5 \pm 2,1	18,2 \pm 1,3	19,3 \pm 1,0	1,00	3,06 \pm 0,54	0,98 \pm 0,36	2,08 \pm 0,35

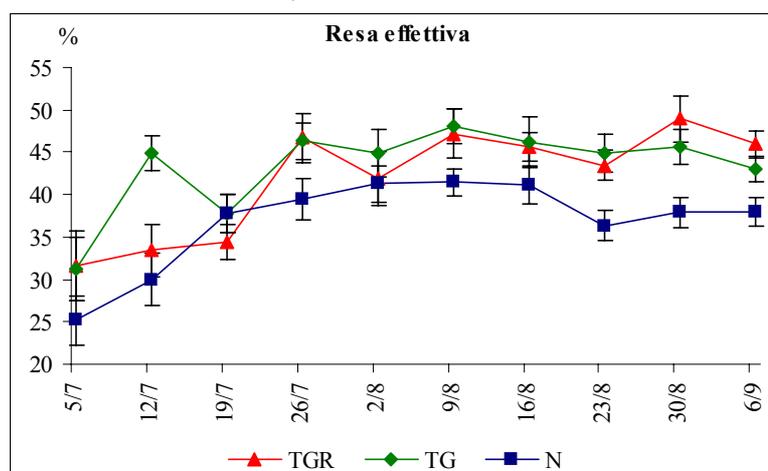
Tab. 4.1.1b: variazione delle caratteristiche tecnologiche delle nocciole nel corso della crescita; anno 2002, cultivar Tonda di Giffoni (TG) (media \pm deviazione standard).

prelievo	Cv	$\varnothing >$ frutto (mm)	$\varnothing <$ frutto (mm)	h frutto (mm)	Ir	Pf frutto (g)	Pf seme (g)	Pf guscio (g)
06/09/02	TG	21,1 \pm 0,8	19,2 \pm 0,8	20,2 \pm 0,9	1,00	3,04 \pm 0,33	1,30 \pm 0,14	1,73 \pm 0,23
30/08/02	TG	20,4 \pm 1,0	18,2 \pm 1,0	19,5 \pm 0,6	0,99	2,97 \pm 0,36	1,36 \pm 0,24	1,61 \pm 0,19
23/08/02	TG	20,0 \pm 1,3	17,8 \pm 1,1	18,9 \pm 1,0	1,00	2,68 \pm 0,44	1,20 \pm 0,27	1,47 \pm 0,22
16/08/02	TG	20,1 \pm 1,1	17,9 \pm 0,9	19,2 \pm 1,3	0,99	3,04 \pm 0,44	1,41 \pm 0,27	1,63 \pm 0,27
09/08/02	TG	20,4 \pm 1,1	18,4 \pm 1,0	19,6 \pm 0,7	0,99	3,25 \pm 0,35	1,57 \pm 0,20	1,68 \pm 0,22
02/08/02	TG	20,9 \pm 1,5	18,6 \pm 1,5	18,9 \pm 1,2	1,04	3,24 \pm 0,64	1,46 \pm 0,36	1,77 \pm 0,36
26/07/02	TG	21,6 \pm 1,5	18,5 \pm 1,8	18,5 \pm 1,6	1,08	3,52 \pm 0,92	1,73 \pm 0,41	1,96 \pm 0,37
19/07/02	TG	20,5 \pm 1,2	18,5 \pm 1,1	20,1 \pm 0,8	0,97	3,39 \pm 0,45	1,28 \pm 0,25	2,10 \pm 0,26
12/07/02	TG	18,6 \pm 0,7	16,7 \pm 0,9	18,8 \pm 0,8	0,93	2,78 \pm 0,09	1,28 \pm 0,15	1,56 \pm 0,09
05/07/02	TG	20,5 \pm 2,1	17,5 \pm 1,7	18,6 \pm 0,8	1,01	3,32 \pm 0,65	1,05 \pm 0,37	2,26 \pm 0,45

Tab. 4.1.1c: variazione delle caratteristiche tecnologiche delle nocciole nel corso della crescita; anno 2002, cultivar Nocchione (N) (media \pm deviazione standard).

prelievo	Cv	$\varnothing >$ frutto (mm)	$\varnothing <$ frutto (mm)	h frutto (mm)	Ir*	Pf frutto (g)	Pf seme (g)	Pf guscio (g)
06/09/02	N	20,8 \pm 1,1	18,0 \pm 3,1	19,9 \pm 0,7	0,97	3,27 \pm 0,44	1,23 \pm 0,18	2,03 \pm 0,31
30/08/02	N	21,0 \pm 1,2	18,1 \pm 1,0	19,8 \pm 1,0	0,98	3,29 \pm 0,51	1,23 \pm 0,17	2,05 \pm 0,38
23/08/02	N	21,4 \pm 1,3	18,5 \pm 1,1	19,8 \pm 0,7	1,00	3,52 \pm 0,42	1,28 \pm 0,22	2,24 \pm 0,26
16/08/02	N	20,7 \pm 1,2	17,9 \pm 1,0	19,7 \pm 1,0	0,98	3,52 \pm 0,72	1,45 \pm 0,32	2,07 \pm 0,44
09/08/02	N	21,0 \pm 1,3	18,1 \pm 1,3	19,5 \pm 0,9	1,00	3,68 \pm 0,66	1,52 \pm 0,26	2,16 \pm 0,44
02/08/02	N	20,3 \pm 1,0	17,9 \pm 1,0	19,4 \pm 1,0	0,98	3,62 \pm 0,61	1,49 \pm 0,26	2,10 \pm 0,42
26/07/02	N	20,1 \pm 1,1	17,4 \pm 1,1	18,9 \pm 1,0	0,99	3,29 \pm 0,74	1,32 \pm 0,28	2,04 \pm 0,47
19/07/02	N	20,0 \pm 1,3	17,5 \pm 1,1	19,3 \pm 0,9	0,97	3,78 \pm 0,73	1,43 \pm 0,34	2,35 \pm 0,49
12/07/02	N	19,9 \pm 0,9	18,1 \pm 1,0	19,7 \pm 1,0	0,96	3,31 \pm 0,48	1,01 \pm 0,31	2,29 \pm 0,23
05/07/02	N	20,1 \pm 1,3	17,5 \pm 1,0	18,8 \pm 1,2	1,00	3,53 \pm 0,64	0,89 \pm 0,27	2,63 \pm 0,47

Figura 4.1: andamento della resa effettiva nelle tre cultivar oggetto di studio. (media \pm deviazione standard).

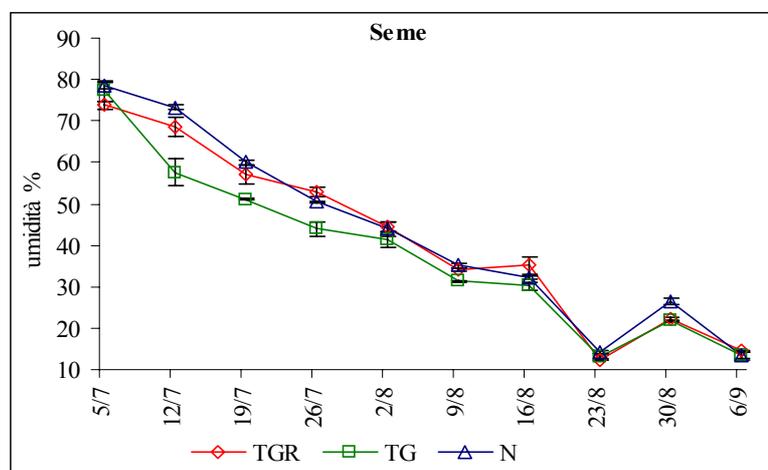


4.1.2 – Contenuto di umidità e accumulo di sostanza secca nei semi

Per un'analisi approfondita dei parametri chimici relativi al seme è stato riportato l'andamento nel tempo dei valori percentuali di umidità e sostanza secca delle tre cultivar oggetto di studio.

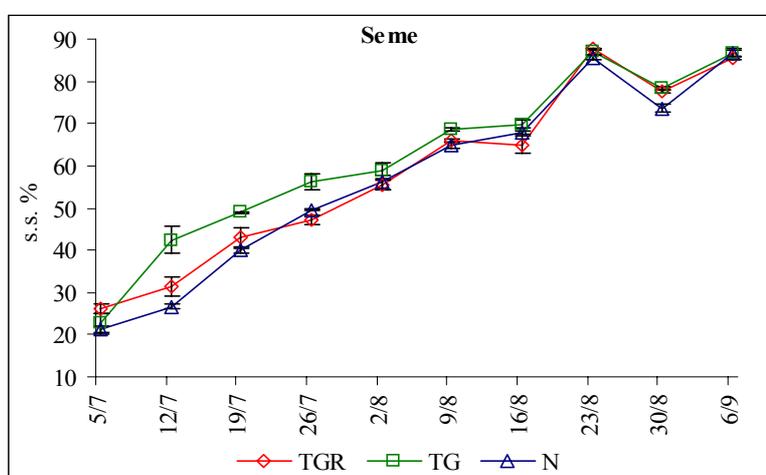
L'accumulo di sostanza secca, speculare alla diminuzione di umidità dei semi, è stato caratterizzato da un incremento progressivo nel tempo per tutte e tre le cultivar, con una fase di stasi nella prima metà di agosto, imputabile ad un elevato consumo di assimilati per la sintesi di olio, e in parte a fenomeni di stress idrico, essendo la coltura in asciutto (fig. 4.3).

Figura 4.2: variazioni dell'umidità nei semi delle tre cultivar analizzate (media \pm deviazione standard).



È interessante inoltre notare come nelle ultime date di campionamento, con i frutti prossimi alla completa maturazione, le tre cultivar abbiano evidenziato delle oscillazioni non trascurabili nel contenuto di umidità a carico dei semi, imputabili per lo più al verificarsi, in tale periodo, di una serie di eventi piovosi (24, 16, 5 mm di pioggia caduti rispettivamente in data 3, 4, 5 settembre). Ciò evidenzia come anche precipitazioni di limitata entità in questa fase siano in grado di riportare i semi a livelli di idratazione superiori a quelli compatibili con una buona conservabilità del prodotto, rendendo necessari interventi di essiccazione successivi alla raccolta.

Figura 4.3: accumulo di sostanza secca nei semi delle tre cultivar analizzate (media \pm deviazione standard).



4.1.3 – Contenuto di sostanza grassa nei semi

Dall'analisi dei risultati sul contenuto in sostanza grassa nei semi, quale principale elemento di definizione qualitativa, sono emerse interessanti informazioni. È opportuno considerare che l'olio è il costituente base del flavour ed è il fattore che principalmente influenza la conservabilità nel medio-lungo periodo delle nocciole (Parcerisa *et al.*, 1995). Affinché venga garantita un'armonica espressione di aroma, profumo e consistenza della nocciola, il contenuto in olio dovrebbe variare dal 62% al 65% (Ozdemir *et al.*, 2001). Quantità superiori a questo range sono negative in quanto presupposto di un più rapido irrancidimento e deterioramento del prodotto.

Le variazioni del contenuto di sostanza grassa nel tempo sono state caratterizzate da un progressivo accumulo passando da valori iniziali pari al 30-35% sul peso secco in data 05/07, sino a valori finali del 61-67% in data 06/09 (tabella 4.1.3).

Sono emerse anche significative differenze tra le cultivar, in particolare in prossimità della maturazione. Infatti, il contenuto in lipidi sulla sostanza secca (fig. 4.5) è risultato pari al 61% per Nocchione, 65% per Tonda di Giffoni, 67% per Tonda Gentile Romana, denotando quest'ultima cultivar un contenuto leggermente superiore al valore che garantisce una buona conservazione del prodotto.

La progressione di accumulo ha mostrato un arresto in tutte e tre le cultivar a fine luglio-inizio agosto. Una possibile spiegazione fisiologica può essere ricercata nelle modificazioni quanti-qualitative delle diverse componenti delle sostanze grasse che verosimilmente si verificano nel seme nel corso della sua crescita e maturazione (Lotti *et al.*, 1985; Parcerisa *et al.*, 1999).

Dall'analisi del contenuto di sostanza grassa, espresso come percentuale sul fresco (fig. 4.4), le differenze tra date iniziali di rilievo e date finali sono più rilevanti, così come il progressivo accumulo di lipidi più omogeneo in tutte e tre le cultivar analizzate, per effetto delle contemporanee variazioni del contenuto in umidità. Il contenuto è infatti passato da valori iniziali del 7-8% sino al 53-58% finale (tab. 4.1.3).

Figura 4.4: accumulo della sostanza grassa, rispetto a tal quale, nei semi delle tre cultivar analizzate (media \pm deviazione standard).

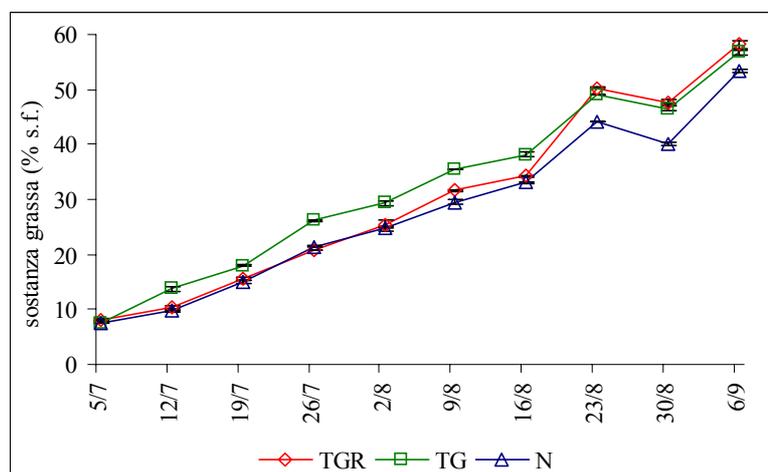


Figura 4.5: accumulo della sostanza grassa, rispetto alla sostanza secca, nei semi delle tre cultivar analizzate (media \pm deviazione standard).

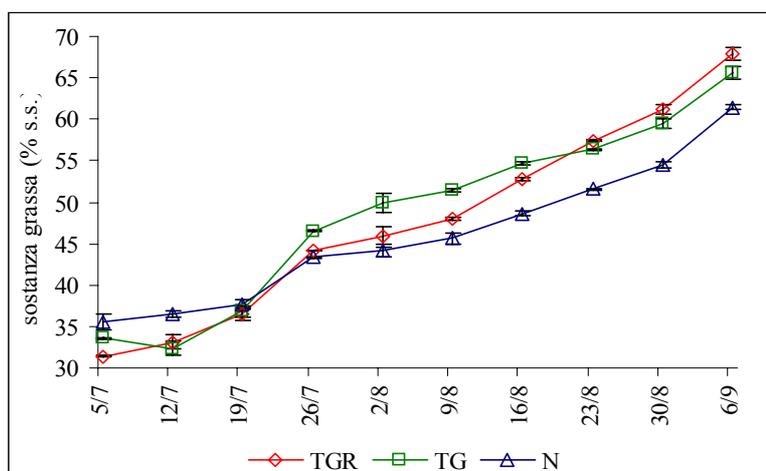


Tabella 4.1.3: contenuto medio di sostanza grassa, nei semi delle tre cultivar analizzate, in tre date di rilievo.

Data	Cultivar	g olio 100g t.q. ⁻¹	g olio 100g s.s. ⁻¹
Effetto cultivar			
	TGR	30,59	48,39
	TG	31,21	49,65
	N	28,53	47,06
	dms (p=0,05)	0,32	1,79
Effetto data			
05/07		7,80	33,50
02/08		26,49	46,62
06/09		56,06	64,98
	dms (p=0,05)	1,36	1,94
Effetto cultivar x data			
05/07	TGR	8,02	31,38
	TG	7,60	33,55
	N	7,59	35,57
02/08	TGR	25,45	45,82
	TG	29,28	49,87
	N	24,75	44,17
06/09	TGR	58,12	67,96
	TG	56,74	65,54
	N	53,25	61,45
	dms (p=0,05)	0,56	3,11

4.1.4 – Profilo acido dell'olio durante la crescita della nocciola

L'analisi qualitativa dell'olio presente nei semi ha evidenziato un profilo acido in accordo con i risultati degli studi effettuati in passato (Ebrahim *et al.*, 1994). Dalle analisi è emerso che l'acido oleico (18:1) rappresenta la componente acidica più

importante, con percentuali dell'80% circa allo stadio di maturazione. Tra gli acidi saturi è stata rilevata la presenza dell'acido palmitico (16:0) e stearico (18:0) in valori percentuali sempre inferiori al 10%, ad esclusione della seconda decade di luglio, quando la componente satura ha raggiunto valori pari al 16,6% e 12,9% in Tonda Gentile Romana, al 13% e 15,2% in Tonda di Giffoni, e al 20,2% e 15,4% in Nocchione in data 12 e 19 luglio (figure 4.5 e 4.6). Sono risultati presenti in quantitativi molto bassi o in tracce l'acido palmitoleico, eptadecadenoico, arachico, eicosenoico, behenico e lignocerico.

L'analisi statistica dei dati ha evidenziato delle differenze significative per effetto della cultivar, della data di rilievo e dell'interazione tra i due fattori; alcune componenti, ed in particolare l'acido oleico e linoleico, sono variate significativamente nel corso della maturazione.

Considerando tre date indicative dello stadio iniziale, intermedio e finale della crescita della nocciola (tab. 4.1.4) è interessante osservare come l'acido oleico e l'acido linolenico abbiano presentato un andamento antitetico. La percentuale di acido oleico è infatti aumentata dall'ultima decade di luglio alla fine della prima decade di agosto, raggiungendo, e mantenendo poi sino alla raccolta, valori prossimi all'80-84%, mentre l'acido linolenico, rilevato a partire dall'ultima decade di luglio, ha evidenziato un progressivo calo fino a settembre, attestandosi allo stadio di maturazione intorno a valori percentuali dello 0,08.

Un dato interessante è emerso a carico del Nocchione in data 05/07. Infatti l'analisi qualitativa ha evidenziato la presenza di acido lignocerico ed acido erucico in valori prossimi rispettivamente al 39,8% e 12% (tab. 4.1.4). Tali quantitativi sono diminuiti drasticamente in data 12/07, principalmente a favore dell'acido oleico, attestandosi su valori infinitesimali fino a maturazione. Tale fenomeno potrebbe essere imputabile al riarrangiamento tra le varie classi di gliceridi che si verifica principalmente nelle prime fasi di formazione del seme (Lotti *et al.* 1985).

Figura 4.5: distribuzione percentuale dell'acido palmitico nell'olio estratto dai semi delle tre cultivar analizzate durante il corso della maturazione (media \pm deviazione standard).

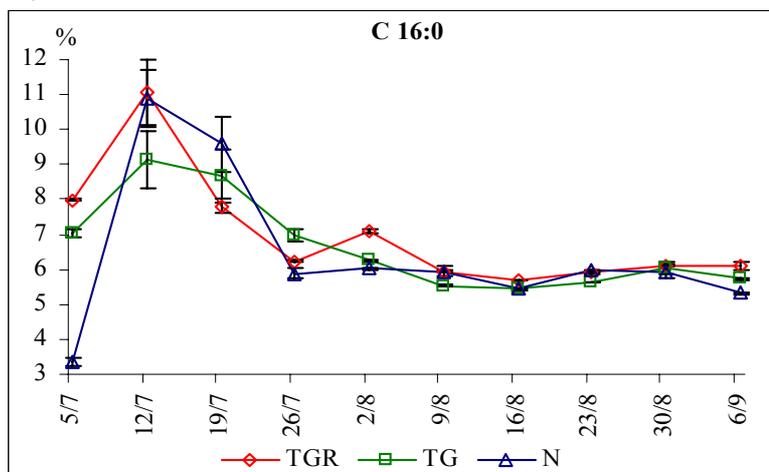


Figura 4.6: distribuzione percentuale dell'acido stearico nell'olio estratto dai semi delle tre cultivar analizzate durante il corso della maturazione (media \pm deviazione standard).

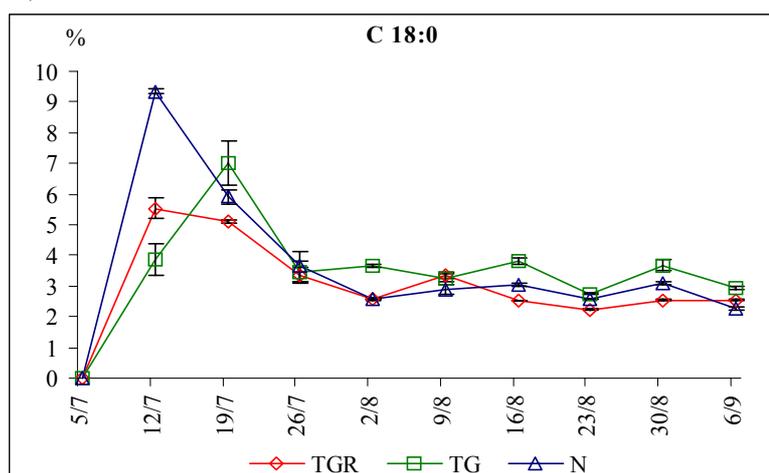


Figura 4.7: distribuzione percentuale dell'acido oleico nell'olio estratto dai semi delle tre cultivar analizzate durante il corso della maturazione (media \pm deviazione standard).

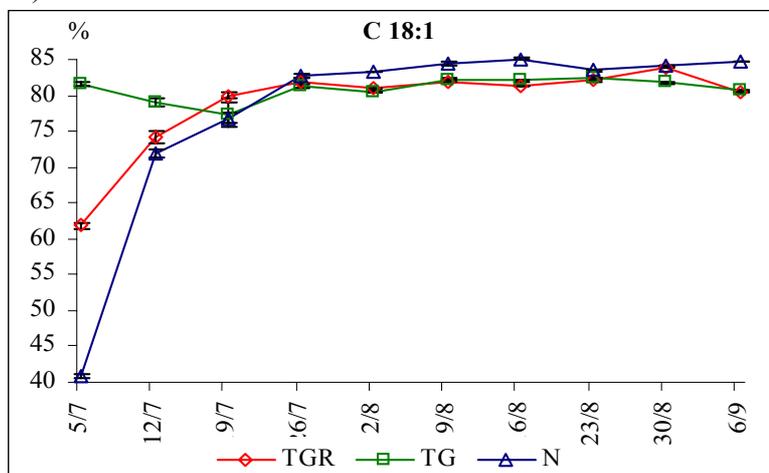


Figura 4.8: distribuzione percentuale dell'acido linoleico nell'olio estratto dai semi delle tre cultivar analizzate durante il corso della maturazione (media \pm deviazione standard).

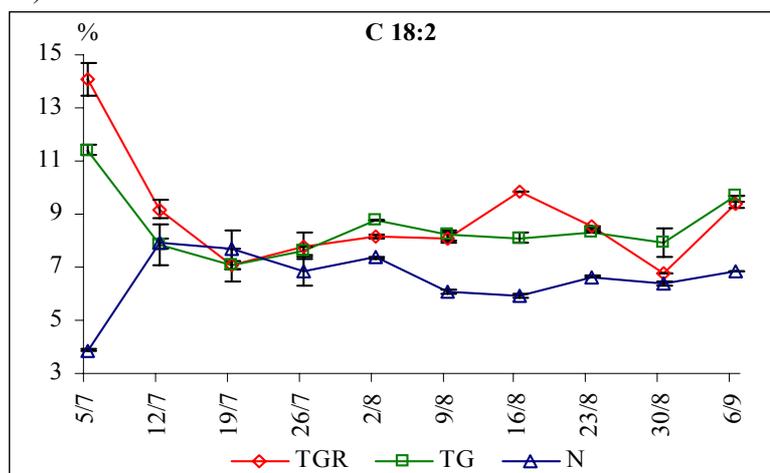
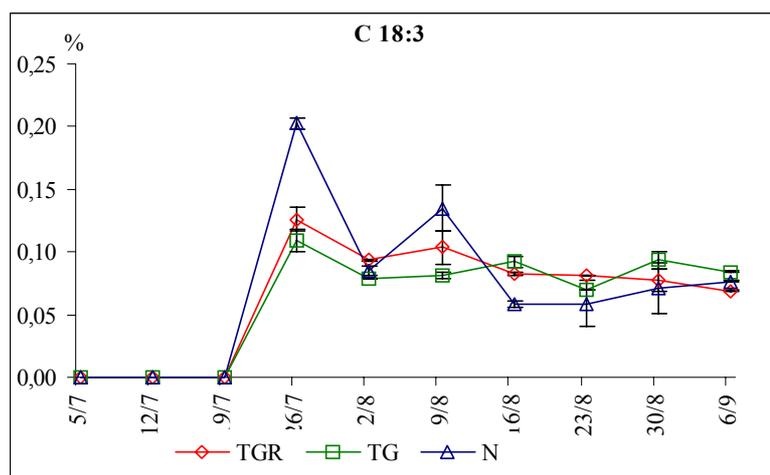


Figura 4.9: distribuzione percentuale dell'acido linolenico nell'olio estratto dai semi delle tre cultivar analizzate durante il corso della maturazione (media \pm deviazione standard).



Gli acidi grassi polinsaturi (PUFA) determinati hanno evidenziato un andamento piuttosto stabile nel tempo, ad eccezione della prima data di rilievo in cui il valore è variato dal 3,8% in Nocchione al 14% in Tonda Gentile Romana (fig. 4.10). A maturazione la cultivar Nocchione ha evidenziato il contenuto in PUFA più basso con valori pari al 6,9%, rispetto a Tonda Gentile Romana e Tonda di Giffoni rispettivamente con valori di 9,4% e 9,8%.

Il rapporto insaturi/saturi determinato ha evidenziato un lieve aumento durante le prime date di rilievo, passando da valori prossimi a 6:1 per Tonda Gentile Romana e di 1:1 per le altre due cultivar in inizio luglio, a valori di circa 9:1 in data 02/08, ed attestarsi poi intorno a valori di 10:1 fino a maturazione, senza differenze di rilievo

tra le cultivar (fig. 4.11). In particolare per Nocchione è stato determinato in epoca di raccolta un rapporto insaturi/saturi di 11:1, lievemente più elevato rispetto alle altre due cultivar oggetto di studio.

Figura 4.10: andamento dei PUFA nell'olio estratto dai semi delle tre cultivar analizzate durante il corso della maturazione (media \pm deviazione standard)

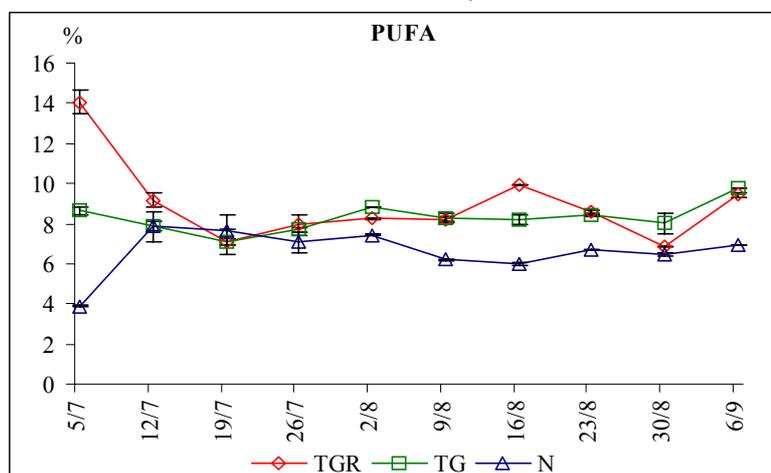


Figura 4.11: andamento del rapporto tra acidi insaturi e acidi saturi nell'olio estratto dai semi delle tre cultivar analizzate durante il corso della maturazione (media \pm deviazione standard).

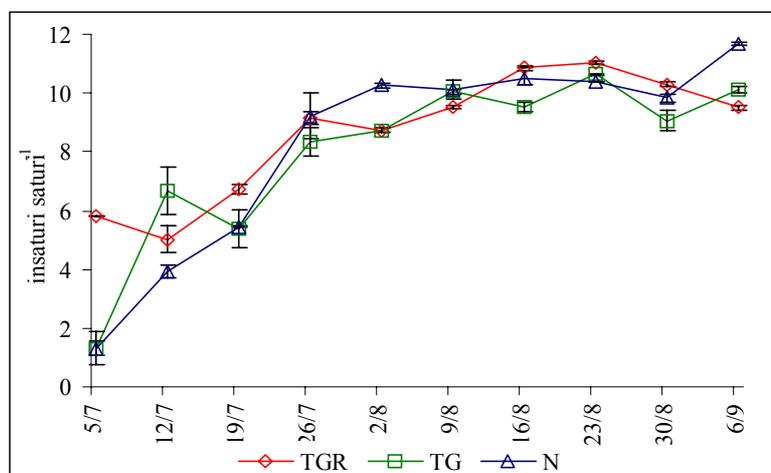


Tabella 4.1.4: distribuzione percentuale dei principali acidi grassi nell'olio estratto dai semi delle tre cultivar analizzate, in tre date di rilievo.

Cultivar	Acidi grassi					
	Data prelievo	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
<i>Effetto cultivar</i>						
TGR		7,06	1,70	74,44	10,52	0,05
TG		6,32	2,19	80,85	9,96	0,05
N		4,90	1,62	69,61	6,02	0,05
dms (p=0,05)		0,17	0,07	0,54	0,57	0,001
<i>Effetto data</i>						
	05/07	6,12	-	61,44	9,78	-
	02/08	6,45	2,94	81,55	8,08	0,08
	06/09	5,72	2,57	81,96	8,63	0,07
	dms (p=0,05)	n.s.	0,26	7,52	n.s.	0,003
<i>Effetto cultivar x data</i>						
TGR	05/07	7,98	-	61,84	14,06	-
TG	05/07	7,04	-	81,55	11,40	-
N ¹	05/07	3,36	-	40,93	3,87	-
TGR	02/08	7,10	2,56	80,91	8,15	0,09
TG	02/08	6,24	3,65	80,41	8,76	0,08
N	02/08	6,01	2,60	83,19	7,34	0,08
TGR	06/09	6,09	2,53	80,57	9,35	0,07
TG	06/09	5,74	2,93	80,58	9,71	0,08
N	06/09	5,32	2,25	84,72	6,84	0,07
dms (p=0,05)		0,29	0,13	0,94	0,99	0,003

¹ in data 05 luglio per Nocchione sono stati rilevati acido erucico (C22:1) ed acido lignocericico (C 24:0) in valori percentuali rispettivamente di 12,03% e 39,79%.

4.1.5 – Contenuto di azoto totale nei semi.

In figura 4.12 e 4.13 sono riportati gli andamenti del contenuto di azoto totale nel seme rispetto alla sostanza fresca e secca durante la crescita e maturazione delle nocciole per le tre cultivar analizzate. Dai risultati ottenuti si evidenzia come la concentrazione di azoto sia diminuita progressivamente in tutte le cultivar, con differenze statisticamente significative (tabella 4.1.5), evidenziando nel contempo un andamento antitetico rispetto alla sostanza fresca, e passando da valori prossimi a 4-5

mg di azoto in 100 mg di sostanza secca nella prima decade di luglio, a 2,5-3 mg in 100 mg di s.s. a maturazione. In particolare la cultivar Tonda di Giffoni ha evidenziato il contenuto minore di azoto durante la fase di maturazione rispetto alle altre due cultivar oggetto di indagine.

I risultati ottenuti sono in linea con quanto riportato in letteratura (Serra *et al.*, 1995; Savage *et al.*, 1998; Caliskan *et al.*, 2001; Silva *et al.*, 2005), considerando che il contenuto medio di proteine presente nel seme di nocciola è prossimo a 12-19 g per 100 g di s.s.. Dai risultati ottenuti alle analisi si è osservato che a maturazione le tre cultivar oggetto di indagine presentano un contenuto di azoto totale pari a 3 mg in 100 mg di s.s. per le cultivar Nocchione e Tonda Gentile Romana , e pari a 2,6 mg in 100 mg di s.s. per la cultivar Tonda di Giffoni. Considerando un fattore di conversione dell'azoto totale in proteine totali pari a 6,25 (Fang *et al.*, 1949), le cultivar Tonda Gentile Romana e Nocchione hanno evidenziato un contenuto in proteine totali pari a 18,75 mg in 100 mg di s.s., e la cultivar Tonda di Giffoni un contenuto lievemente inferiore e pari a 16,25 mg in 100 mg di s.s..

Fig. 4.12: accumulo di azoto rispetto alla sostanza fresca, nei semi delle tre cultivar analizzate (media \pm deviazione standard).

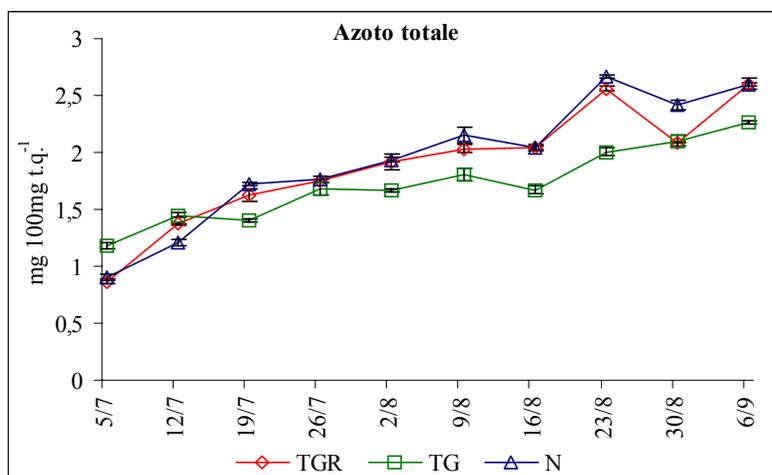


Fig. 4.13: accumulo di azoto rispetto alla sostanza secca, nei semi delle tre cultivar analizzate (media \pm deviazione standard).

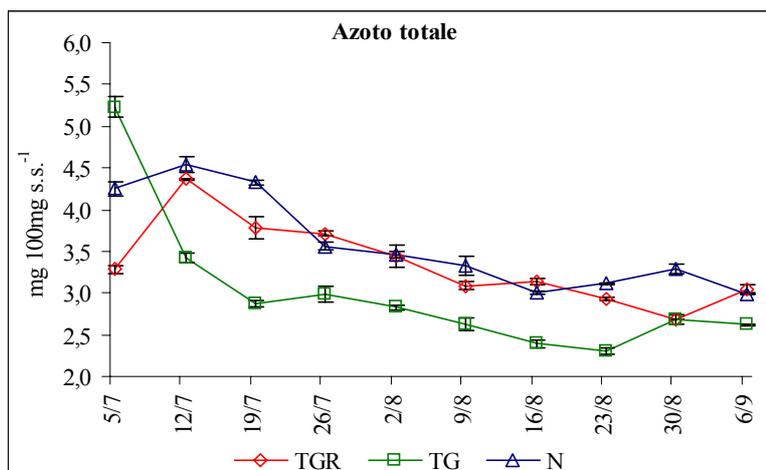


Tabella 4.1.5: contenuto medio di azoto totale, nei semi delle tre cultivar analizzate, in tre date di rilievo.

prelievo	cultivar	mg azoto 100 mg tq ⁻¹	mg azoto 100 mg ss ⁻¹
Effetto cultivar			
	TGR	1,79	3,5
	TG	1,70	3,55
	N	1,81	3,56
	dms (p=0,05)	0,08	0,18
Effetto data			
05/07		0,98	4,25
02/08		1,83	3,24
06/09		2,48	2,88
	dms (p=0,05)	0,11	0,39
Effetto cultivar x data			
05/07	TGR	0,85	3,28
	TG	1,18	5,22
	N	0,90	4,25
02/08	TGR	1,91	3,44
	TG	1,66	2,82
	N	1,93	3,45
06/09	TGR	2,60	3,04
	TG	2,26	2,61
	N	2,59	2,99
	dms (p=0,05)	0,14	0,32

4.1.6 – Contenuto di zuccheri solubili, polialcoli e acidi organici nei semi.

Il contenuto di zuccheri solubili, polialcoli e acidi organici totali nella sostanza secca è variato nel corso della crescita della nocciola, senza differenze sostanziali tra le

cultivar (figure 4.15 e 4.21). Nella prima decade di luglio gli zuccheri solubili hanno evidenziato contenuti compresi tra 6 e 10 mg in 100 mg di sostanza secca, diminuendo sino a valori di 1,9 mg, 3,2 mg e 1,4 mg su 100 mg di s.s. in data 19 luglio, rispettivamente in Tonda Gentile Romana, Tonda di Giffoni, e Nocchione (fig. 4.15). In epoca di maturazione (data 06/09), il contenuto in zuccheri solubili è risultato prossimo a valori di 5,3 mg su 100 mg di s.s., senza differenze di rilievo tra le cultivar, ciò nonostante evidenziando significatività all'analisi statistica (tab. 4.1.6 a). Il fruttosio (fig. 4.18) è risultato elevato nella nocciola appena formata, in particolare nella cultivar Tonda Gentile Romana, mentre è diminuito nel corso della maturazione. Lo stachiosio è stato caratterizzato da un andamento antitetico rispetto agli altri zuccheri solubili e caratterizzato da un aumento progressivo nel tempo fino all'ultima decade di agosto, per diminuire in epoca di raccolta ed attestarsi intorno a valori di 0,5 mg su 100 mg di s.s. (tab. 4.1.6 a).

La diminuzione del livello di zuccheri è molto probabilmente da mettere in relazione con l'intensificarsi del processo di accumulo di olio nel seme che si verifica in quella fase e che utilizza i carboidrati disponibili *in situ* come principale substrato, fonte di energia e di materiale. E' infatti noto che i lipidi presenti in semi e frutti vengono sintetizzati direttamente nei siti di riserva, a partire principalmente dal saccarosio o da altri zuccheri traslocati. Gli altri organi della pianta, come le foglie, raramente sintetizzano grassi, sebbene possano produrre acidi grassi presenti nei lipidi delle loro membrane. In ogni caso, sia gli acidi grassi che le sostanze grasse sono troppo insolubili in acqua per potere essere agevolmente trasportati per via floematica o xilematica.

Le maggiori variazioni nel tempo sono state riscontrate per il saccarosio, che ha seguito un modello di accumulo del tutto simile a quello degli zuccheri totali, di cui rappresenta il principale componente. Il contenuto di fruttosio e glucosio è diminuito progressivamente dalla metà di luglio alla raccolta.

Relativamente all'accumulo di zuccheri solubili rispetto alla sostanza fresca (fig. 4.14), si è osservato un incremento nel tempo caratterizzato da alcune fluttuazioni, in particolare in data 19 luglio dove le tre cultivar hanno presentato i contenuti minori e prossimi a 1 mg, ed in data 23 agosto con i contenuti più elevati e prossimi a 4,5 mg, evidenziando tra l'altro differenze significative per effetto della cultivar, della data di rilievo, e dell'interazione dei due fattori (tab. 4.1.6 b). Inoltre, l'accumulo degli

zuccheri solubili rispetto alla sostanza fresca ha evidenziato una stasi tra la fine di luglio e la prima decade di agosto, attestandosi intorno a valori di 2,5 mg su 100 mg di t.q..

Fig. 4.14: andamento degli zuccheri solubili rispetto alla sostanza fresca, nei semi delle tre cultivar analizzate (media \pm deviazione standard).

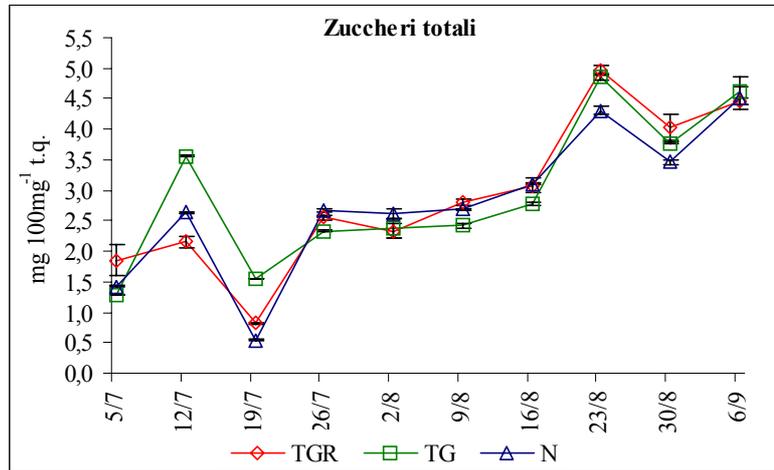


Fig. 4.15: andamento degli zuccheri solubili rispetto alla sostanza secca, nei semi delle tre cultivar analizzate (media \pm deviazione standard).

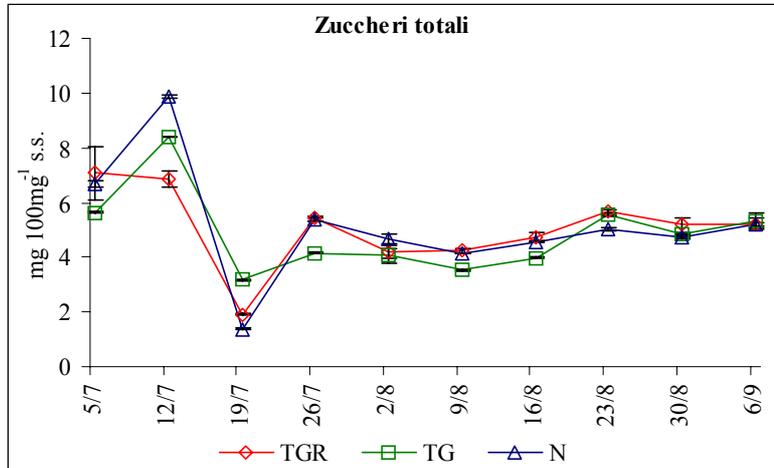


Fig. 4.16: andamento del saccarosio rispetto alla sostanza secca, nei semi delle tre cultivar analizzate (media \pm deviazione standard).

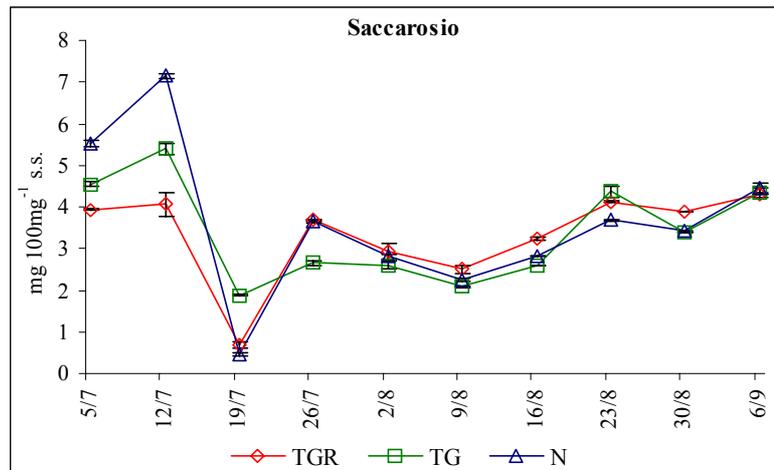


Fig. 4.17: andamento del glucosio rispetto alla sostanza secca, nei semi delle tre cultivar analizzate (media \pm deviazione standard).

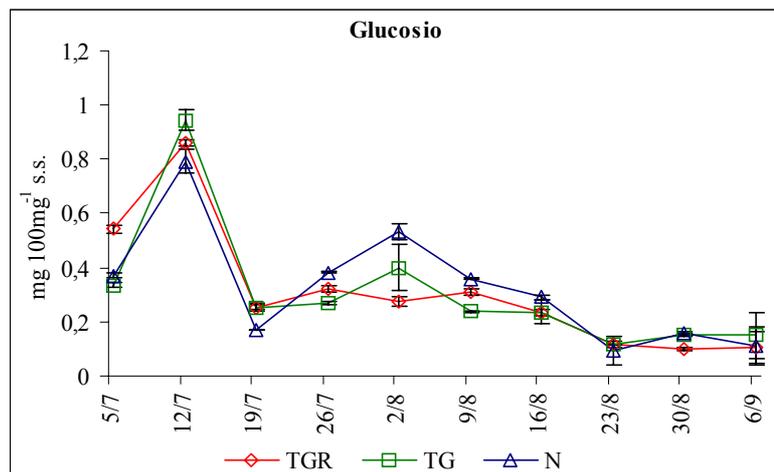


Fig. 4.18: andamento del fruttosio rispetto alla sostanza secca, nei semi delle tre cultivar analizzate (media \pm deviazione standard).

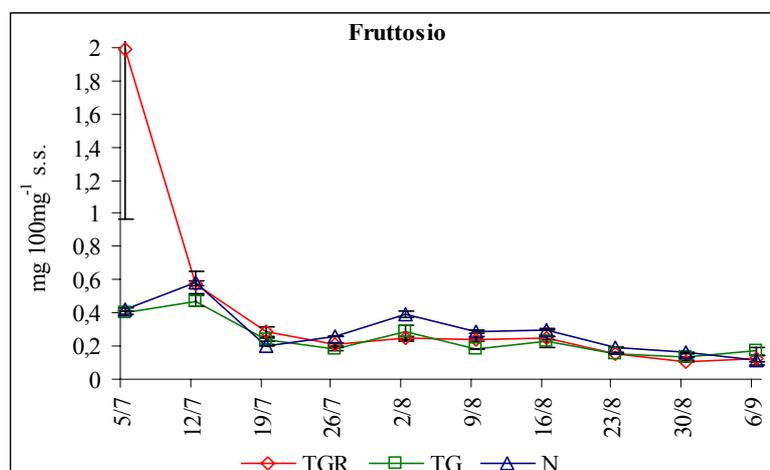


Fig. 4.19: andamento dello stachiosio rispetto alla sostanza secca, nei semi delle tre cultivar analizzate (media \pm deviazione standard).

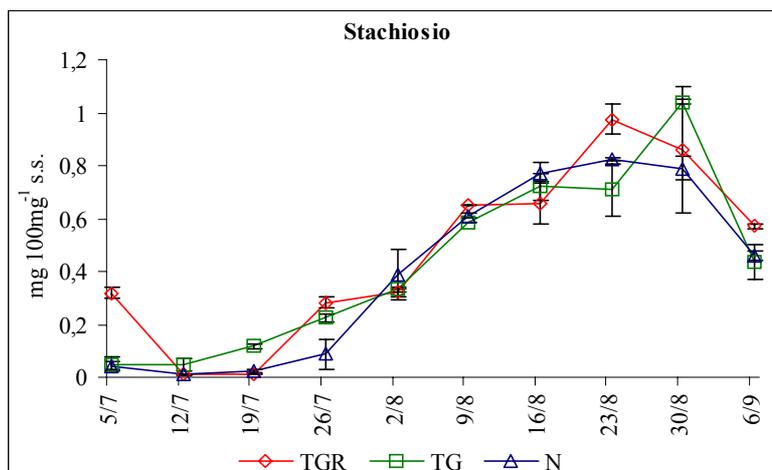


Tabella 4.1.6 a: contenuto di zuccheri totali e dei principali zuccheri solubili, rispetto alla sostanza fresca, nei semi delle tre cultivar analizzate, in tre date di rilievo (mg 100 mg⁻¹ t.q.).

prelievo	cultivar	zuccheri totali	saccarosio	glucosio	fruttosio	stachiosio	raffiniosio
Effetto cultivar							
	TGR	2,88	2,11	0,12	0,25	0,25	0,05
	TG	2,76	2,10	0,14	0,13	0,19	0,09
	N	2,85	2,20	0,15	0,13	0,20	0,06
	dms (p=0,05)	0,38	0,16	n.s.	n.s.	0,07	0,06
Effetto data							
05/07		1,51	1,08	0,09	0,23	0,03	0,004
02/08		2,44	1,57	0,22	0,17	0,19	0,16
06/09		4,53	3,76	0,10	0,11	0,42	0,04
	dms (p=0,05)	0,20	0,08	0,05	n.s.	0,04	0,02
Effetto cultivar x data							
05/07	TGR	1,85	1,03	0,14	0,52	0,08	0,006
	TG	1,27	1,03	0,07	0,09	0,01	0,003
	N	1,42	1,18	0,08	0,09	0,01	0,005
02/08	TGR	2,33	1,62	0,15	0,13	0,18	0,15
	TG	2,38	1,52	0,23	0,16	0,19	0,16
	N	2,61	1,57	0,30	0,22	0,21	0,18
06/09	TGR	4,45	3,69	0,09	0,11	0,49	0,008
	TG	4,62	3,75	0,13	0,14	0,37	0,11
	N	4,51	3,84	0,09	0,10	0,40	0,006
	dms (p=0,05)	0,67	0,28	n.s.	n.s.	0,12	0,03

Tabella 4.1.6 b: contenuto di zuccheri totali e dei principali zuccheri solubili, rispetto alla sostanza secca, nei semi delle tre cultivar analizzate, in tre date di rilievo (mg 100 mg⁻¹ s.s.).

prelievo	cultivar	zuccheri totali	saccarosio	glucosio	fruttosio	stachiosio	raffiniosio
<i>Effetto cultivar</i>							
	TGR	5,49	3,72	0,30	0,78	0,40	0,10
	TG	5,01	3,82	0,29	0,28	0,27	0,14
	N	5,52	4,26	0,33	0,31	0,29	0,11
	dms (p=0,05)	0,96	0,25	0,13	n.s.	0,10	0,03
<i>Effetto data</i>							
05/07		6,46	4,67	0,41	0,93	0,13	0,02
02/08		4,30	2,77	0,40	0,30	0,34	0,29
06/09		5,25	4,36	0,12	0,13	0,48	0,05
	dms (p=0,05)	0,50	0,32	0,08	n.s.	0,08	0,03
<i>Effetto cultivar x data</i>							
05/07	TGR	7,07	3,93	0,54	1,99	0,32	0,02
	TG	5,63	4,54	0,33	0,40	0,04	0,01
	N	6,68	5,52	0,37	0,42	0,04	0,02
02/08	TGR	4,19	2,92	0,27	0,24	0,32	0,27
	TG	4,06	2,59	0,39	0,28	0,33	0,28
	N	4,66	2,81	0,53	0,39	0,38	0,32
06/09	TGR	5,21	4,31	0,10	0,12	0,57	0,01
	TG	5,33	4,34	0,15	0,16	0,43	0,13
	N	5,21	4,43	0,11	0,11	0,46	0,007
	dms (p=0,05)	1,67	0,43	0,23	n.s.	0,18	0,05

Il contenuto di acidi organici nel seme di nocciola, caratterizzati principalmente da acido malico, acido citrico, ed in quantità più esigue da acido succinico e acido chinico, è risultato piuttosto elevato agli inizi di luglio (data 05/07), con valori di 1,98 mg, 2,83 mg e 2,73 mg su 100 mg di s.s., rispettivamente in Tonda Gentile Romana, Tonda di Giffoni e Nocchione, con differenze statisticamente significative (tab. 4.1.6 d). Tale contenuto è poi diminuito costantemente sino a valori di 0,35-0,45 mg su 100 mg di s.s. in inizio agosto, che si sono mantenuti costanti sino alla raccolta evidenziando tra l'altro delle lievi differenze tra le cultivar (tab. 4.1.6 d). L'acido malico, ha seguito un andamento piuttosto simile a quello degli acidi organici totali (fig. 4.22), del quale è il principale componente, così come l'acido citrico e l'acido succinico, che tra l'altro hanno evidenziato differenze significative per p=0,05 (tab. 4.1.6 d).

Fig. 4.20: andamento degli acidi organici rispetto alla sostanza fresca, nei semi delle tre cultivar analizzate (media \pm deviazione standard).

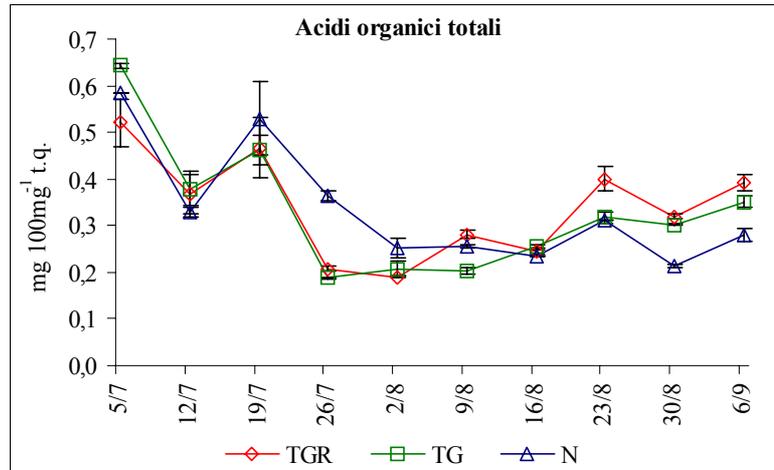


Fig. 4.21: andamento degli acidi organici rispetto alla sostanza secca, nei semi delle tre cultivar analizzate (media \pm deviazione standard).

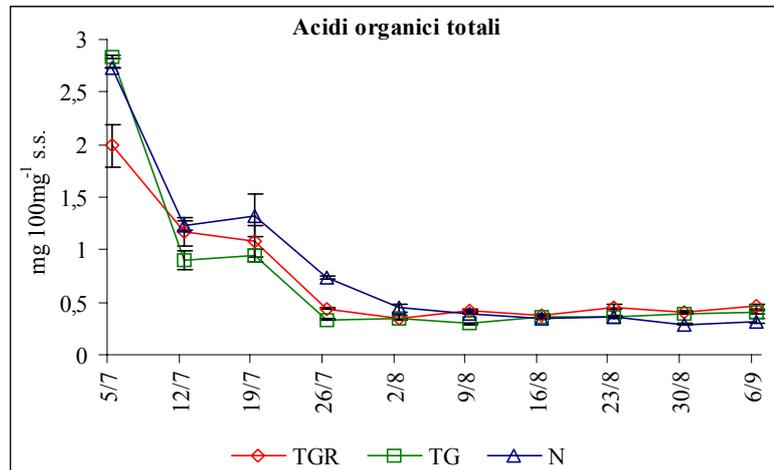


Fig. 4.22: andamento dell'acido malico rispetto alla sostanza secca, nei semi delle tre cultivar analizzate (media \pm deviazione standard).

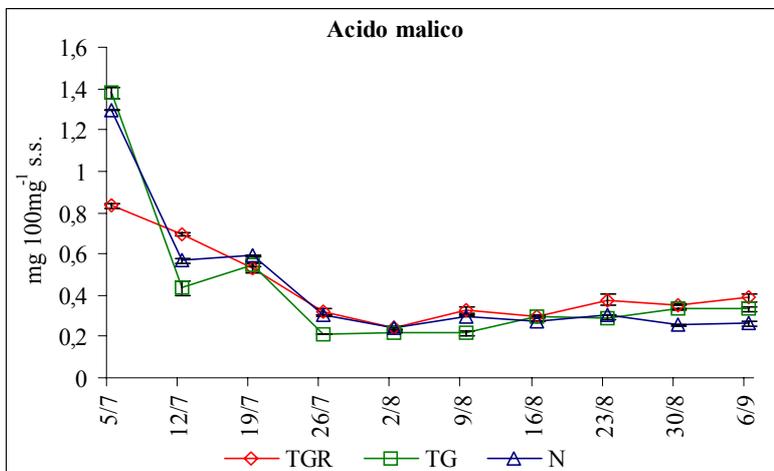


Fig. 4.23: andamento dell'acido citrico rispetto alla sostanza secca, nei semi delle tre cultivar analizzate (media \pm deviazione standard).

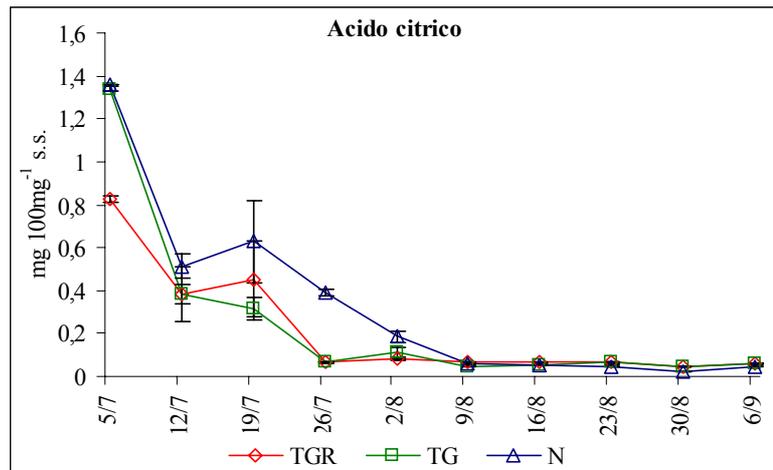


Fig. 4.24: andamento dell'acido succinico rispetto alla sostanza secca, nei semi delle tre cultivar analizzate (media \pm deviazione standard).

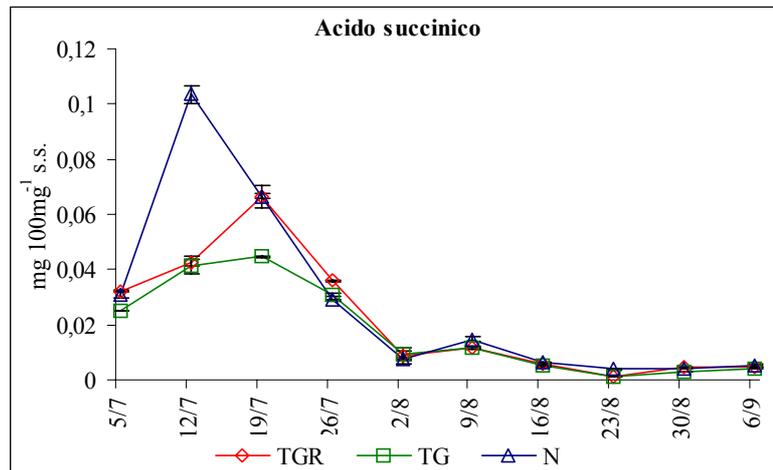


Tabella 4.1.6 c: contenuto medio di acidi totali e dei principali acidi organici, rispetto alla sostanza fresca, nei semi delle tre cultivar analizzate, in tre date di rilievo (mg 100mg⁻¹ t.q.).

prelievo	cultivar	acidi organici totali	acido malico	acido citrico	Acido succinico
<i>Effetto cultivar</i>					
	TGR	0,36	0,22	0,10	0,006
	TG	0,40	0,24	0,14	0,005
	N	0,37	0,21	0,14	0,005
	dms (p=0,05)	0,05	0,02	0,01	n.s.
<i>Effetto data</i>					
	05/07	0,58	0,26	0,27	0,007
	02/08	0,21	0,13	0,07	0,004
	06/09	0,34	0,28	0,04	0,004
	dms (p=0,05)	0,04	0,02	0,02	0,001
<i>Effetto cultivar x data</i>					
	05/07 TGR	0,52	0,22	0,21	0,008
	TG	0,64	0,31	0,30	0,005
	N	0,58	0,27	0,29	0,006
	02/08 TGR	0,19	0,13	0,04	0,005
	TG	0,20	0,13	0,06	0,005
	N	0,25	0,13	0,10	0,004
	06/09 TGR	0,39	0,33	0,05	0,004
	TG	0,35	0,29	0,05	0,004
	N	0,28	0,23	0,04	0,005
	dms (p=0,05)	0,09	0,03	0,03	n.s.

Tabella 4.1.6 d: contenuto medio di acidi totali e dei principali acidi organici, rispetto alla sostanza secca, nei semi delle tre cultivar analizzate, in tre date di rilievo (mg 100mg⁻¹ s.s.).

prelievo	cultivar	acidi organici totali	acido malico	acido citrico	acido succinico
<i>Effetto cultivar</i>					
	TGR	0,93	0,48	0,32	0,01
	TG	1,19	0,64	0,50	0,01
	N	1,16	0,59	0,53	0,01
	dms (p=0,05)	0,18	0,03	0,03	0,003
<i>Effetto data</i>					
	05/07	2,51	1,16	1,17	0,02
	02/08	0,38	0,23	0,12	0,008
	06/09	0,39	0,32	0,05	0,004
	dms (p=0,05)	0,19	0,11	0,11	0,002
<i>Effetto cultivar x data</i>					
	05/07 TGR	1,98	0,83	0,87	0,03
	TG	2,83	1,37	1,34	0,02
	N	2,73	1,29	1,35	0,03
	02/08 TGR	0,34	0,24	0,08	0,008
	TG	0,35	0,22	0,11	0,009
	N	0,45	0,24	0,18	0,007
	06/09 TGR	0,46	0,38	0,05	0,004
	TG	0,40	0,33	0,06	0,004
	N	0,32	0,26	0,04	0,005
	dms (p=0,05)	0,31	0,06	0,06	0,005

4.1.7 – Contenuto di amido nei semi.

In figura 4.26 è rappresentato l'andamento del contenuto di amido nel seme rispetto alla sostanza secca dalla prima decade di luglio fino a maturazione completa.

Dai risultati ottenuti è emerso un iniziale andamento decrescente del suo contenuto durante la prima decade di luglio, una successiva stasi nella seconda decade, seguita da un incremento ad inizio agosto, e da una successiva diminuzione fino a contenuti di 1-2 mg in 100 mg di s.s. alla raccolta in tutte e tre le cultivar oggetto di studio. A maturazione completa, le cultivar hanno evidenziato un differente contenuto di amido risultato significativo statisticamente per livelli di $p=0,05$. In particolare le cultivar Tonda Gentile Romana e Tonda di Giffoni hanno evidenziato un contenuto in amido pari a 1,8 mg in 100 mg di s.s., doppio rispetto al Nocchione. Tali risultati sembrano in linea con quanto riscontrato in letteratura (Savage *et al.*, 1998), evidenziando tra l'altro una possibile influenza del genotipo su tale carattere.

Fig. 4.25: andamento del contenuto di amido rispetto alla sostanza fresca, nei semi delle tre cultivar analizzate (media \pm deviazione standard).

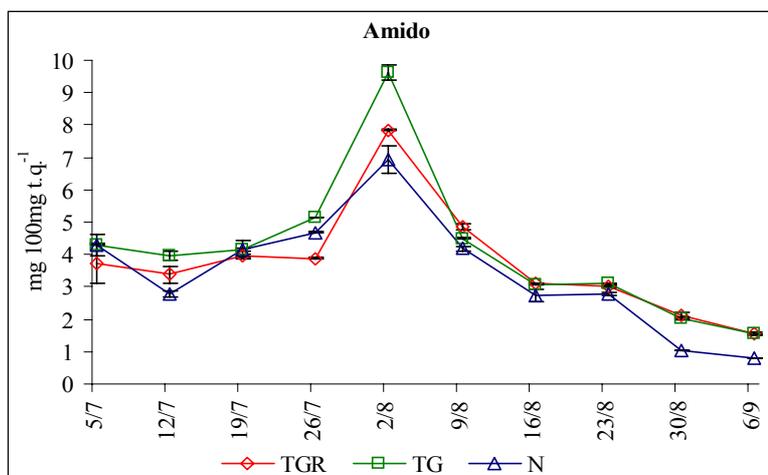


Fig. 4.26: andamento dell'amido rispetto alla sostanza secca, nei semi delle tre cultivar analizzate (media \pm deviazione standard).

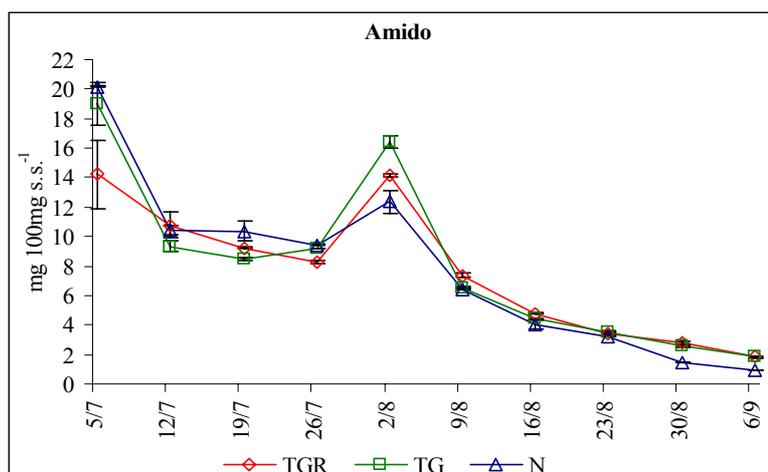


Tabella 4.1.7: Contenuto medio di amido nei semi delle tre cultivar analizzate, in tre date di rilievo.

prelievo	cultivar	mg amido 100 mg t.q. ⁻¹	mg amido 100 mg s.s. ⁻¹
Effetto cultivar			
	TGR	4,37	10,05
	TG	5,16	12,39
	N	4,01	11,15
	dms (p=0,05)	0,73	2,49
Effetto data			
05/07		4,11	17,80
02/08		8,13	14,30
06/09		1,30	1,51
	dms (p=0,05)	0,62	1,74
Effetto cultivar x data			
05/07	TGR	3,72	14,22
	TG	4,30	18,98
	N	4,30	20,17
02/08	TGR	7,84	14,13
	TG	9,63	16,14
	N	6,92	12,36
06/09	TGR	1,55	1,81
	TG	1,56	1,80
	N	0,80	0,92
	dms (p=0,05)	1,27	4,32

4.1.8 – Contenuto di polifenoli totali nei semi.

Il contenuto di polifenoli totali nel seme delle tre cultivar oggetto di studio è in linea con quanto riportato in letteratura (Tombesi *et al.*, 2001; Paoletti *et al.*, 2005). L'accumulo di polifenoli, rispetto alla sostanza secca (figura 4.28), è risultato prossimo a valori di 200 ppm ad inizio luglio, attestandosi intorno a valori di 450 ppm a maturazione, evidenziando differenze significative tra le cultivar esaminate, che hanno presentato delle fluttuazioni durante tutto il periodo in esame, probabilmente dovute al concomitante accumulo di sostanze grasse e al relativo calo di umidità nei semi. In particolare, il Nocchione ha evidenziato il più elevato contenuto di sostanze fenoliche a maturazione, con valori pari a 490 mg di polifenoli su kg di acido gallico equivalente, rispetto alla sostanza secca.

In linea generale, il contenuto piuttosto elevato di sostanze fenoliche nel seme delle tre cultivar esaminate, durante tutto il periodo dei rilievi, e le relative fluttuazioni evidenziate, potrebbero avere delle correlazioni con l'accertato ruolo che queste sostanze rivestono, insieme ad altre di natura non fenolica, nella protezione degli acidi grassi dal fenomeno dell'ossidazione (Pandolfi *et al.*, 2000).

Fig. 4.27: accumulo di polifenoli rispetto alla sostanza fresca, nei semi delle tre cultivar analizzate (media \pm deviazione standard).

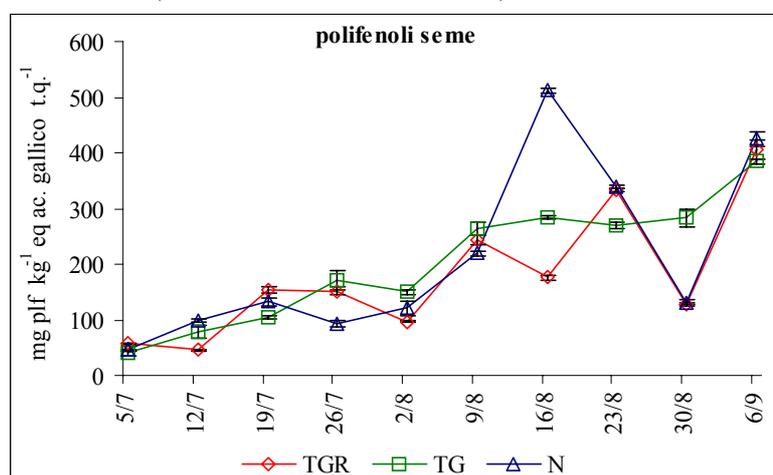


Fig. 4.28: accumulo di polifenoli rispetto alla sostanza secca, nei semi delle tre cultivar analizzate (media \pm deviazione standard).

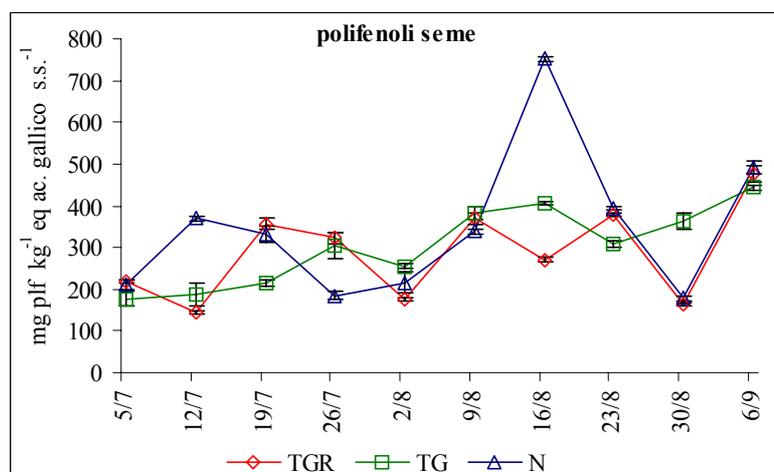


Tabella 4.1.8: Contenuto medio di polifenoli totali, nei semi delle tre cultivar analizzate, in tre date di rilievo.

prelievo	cultivar	ppm polifenoli t.q. ⁻¹	ppm polifenoli s.s. ⁻¹
Effetto cultivar			
	TGR	187,0	289,9
	TG	191,2	291,5
	N	197,0	305,9
dms (p=0,05)		23,5	36,9
Effetto data			
05/07		47,5	202,5
02/08		122,4	215,0
06/09		405,3	469,9
dms (p=0,05)		16,1	24,7
Effetto cultivar x data			
05/07	TGR	57,7	219,9
	TG	39,9	176,1
	N	45,2	211,7
02/08	TGR	96,9	174,4
	TG	149,7	255
	N	120,8	215,7
06/09	TGR	406,8	475,1
	TG	384,1	443,1
	N	425,1	490,6
dms (p=0,05)		40,7	63,9

4.1.9 – Contenuto di umidità e di polifenoli totali nel perisperma.

Per una analisi accurata dei parametri chimici relativi al perisperma, in fig. 4.29 è riportato l'andamento nel tempo dei valori percentuali di umidità per le tre cultivar oggetto di studio.

L'andamento ha evidenziato ampie variazioni nel tempo del contenuto di umidità. In inizio luglio il perisperma è risultato dotato di una forte componente acquosa, con contenuti iniziali del 79,5% per le cultivar Tonda Gentile Romana e Tonda di Giffoni, e dell'85,4% per la cultivar Nocchione. I valori si sono mantenuti elevati sino alla seconda decade di agosto, quando, tra il 16/08 e il 23/08, si è verificata una drastica diminuzione dell'umidità del perisperma da valori prossimi al 60-70% sino a valori del 20-30%. In condizioni di piena maturazione del frutto, l'umidità del perisperma ha presentato valori prossimi al 15-20%, per tutte e tre le cultivar oggetto di studio.

Dall'esame dei risultati, si osserva come la seconda decade del mese di agosto abbia rappresentato un intervallo di tempo fondamentale per il completamento di crescita del perisperma, in corrispondenza del quale verosimilmente si sono verificati gli ultimi eventi fisiologici importanti.

Relativamente al contenuto di polifenoli totali del perisperma sono emerse delle differenze significative ($p=0,05$) dovute all'effetto cultivar, della data di rilievo e dell'interazione tra questi due fattori (tab. 4.1.8). L'accumulo di polifenoli, rispetto alla sostanza secca (fig. 4.31), ha raggiunto i livelli più elevati tra la fine di luglio e la seconda decade di agosto, in particolare per Tonda Gentile Romana, con contenuti pari a 120 g su Kg equivalenti di acido gallico in data 02/08, e per Tonda di Giffoni, con contenuti pari a 96,9 g in data 16/08. Il Nocchione ha evidenziato quantitativi lievemente minori di polifenoli nel perisperma, facendo registrare i contenuti più elevati in data 30/08 e pari a 83,8 g su Kg equivalenti di acido gallico, rispetto alla sostanza secca. La cultivar Tonda di Giffoni ha presentato la più precoce epoca di diminuzione del contenuto in fenoli totali, che in data 23/08 si sono attestati a valori pari al 33 g su Kg equivalenti di acido gallico. In condizioni di piena maturazione, sono emerse delle differenze significative, verosimilmente legate all'effetto cultivar, con Tonda Gentile Romana caratterizzata dai quantitativi più elevati e pari a 47 g di polifenoli su Kg equivalenti di acido gallico rispetto alla s.s., contro i 32 g riscontrati per la cultivar Nocchione.

Il contenuto rispetto alla sostanza fresca (fig. 4.30) ha avuto nelle tre cultivar oggetto di studio un andamento generale piuttosto simile, con un forte incremento nel periodo compreso tra il 09/08 e il 23/08, quando i valori di concentrazione dei fenoli totali sono passati da 15 g su Kg equivalenti di acido gallico a valori prossimi a 40 g. Tale incremento è probabilmente legato alla diminuzione di umidità che si è verificata contemporaneamente.

I risultati ottenuti allo stato attuale della ricerca, suggeriscono la possibilità di impiego di composti fenolici come antiossidanti naturali, presumibilmente più sicuri, al fine alimentare. L'impiego delle sostanze fenoliche delle nocciole, concentrate in particolare nel perisperma, è stato proposto per proteggere i grassi degli alimenti (Andreoni, 1997). In tal senso sarebbe opportuno determinare quali trattamenti chimico-fisici possano essere utilizzati per la trasformazione del sottoprodotto perisperma di nocciola in previsione del consumo umano.

Fig. 4.29: andamento dell'umidità nel perisperma delle tre cultivar analizzate (media \pm deviazione standard).

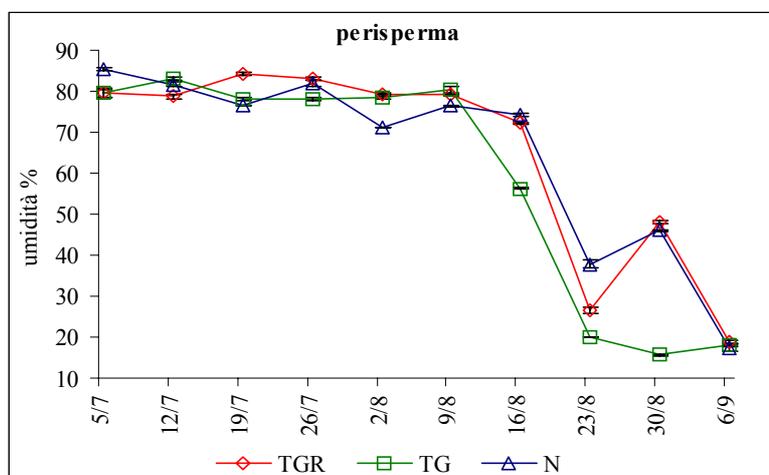


Fig. 4.30: accumulo di polifenoli rispetto alla sostanza fresca, nel perisperma delle tre cultivar analizzate (media \pm deviazione standard).

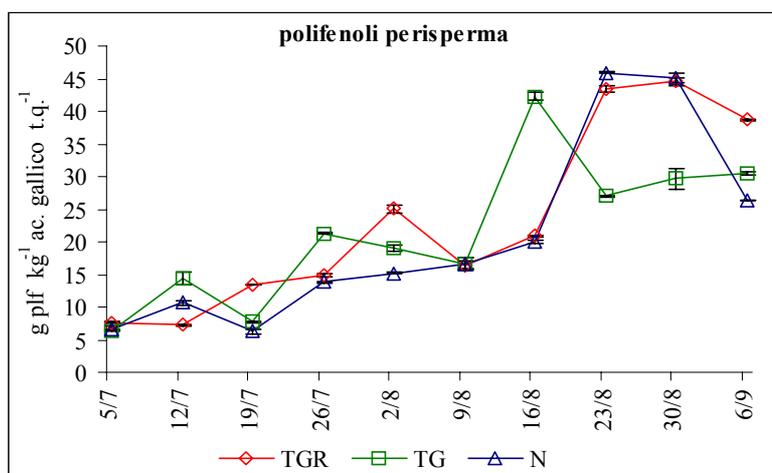


Fig. 4.31: accumulo di polifenoli rispetto alla sostanza secca, nel perisperma delle tre cultivar analizzate (media \pm deviazione standard).

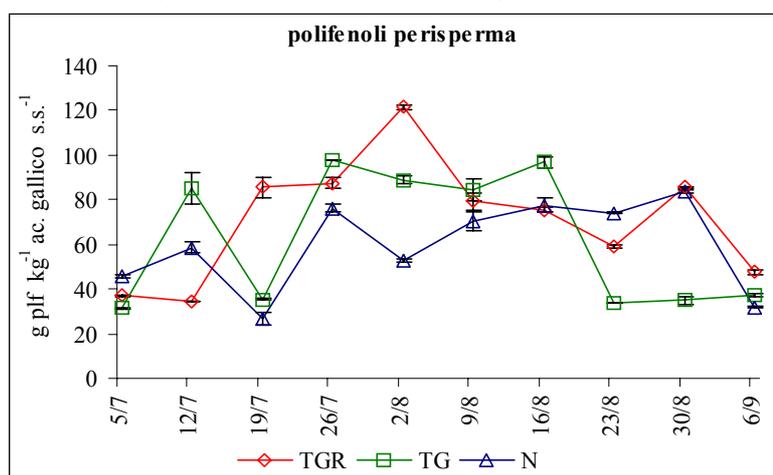


Tabella 4.1.9: Contenuto medio di polifenoli totali, nel perisperma delle tre cultivar analizzate, in tre date di rilievo.

prelievo	cultivar	g polifenoli Kg ⁻¹ eq ac. gallico t.q. ⁻¹	g polifenoli Kg ⁻¹ eq ac. gallico s.s. ⁻¹
<i>Effetto cultivar</i>			
	TGR	23,7	68,7
	TG	18,7	52,4
	N	16,1	43,4
dms (p=0,05)		0,8	2,1
<i>Effetto data</i>			
05/07		6,9	38,0
02/08		19,7	87,6
06/09		31,8	38,9
dms (p=0,05)		2,9	13,2
<i>Effetto cultivar x data</i>			
05/07	TGR	7,6	37
	TG	6,4	31,3
	N	6,7	45,8
02/08	TGR	25	121,4
	TG	19	88,8
	N	15,2	52,6
06/09	TGR	38,7	47,7
	TG	30,5	37,2
	N	26,3	31,8
dms (p=0,05)		1,4	3,7

4.1.10 – Potere antiossidante del seme e del perisperma.

In tabella 4.1.10 è riportato il potere antiossidante della frazione lipofila determinato sul seme fresco, e della frazione idrofila, determinato sia sul seme fresco che sul perisperma. L'indagine è stata condotta su campioni di nocciole raccolti in tre date significative circa lo stadio di maturazione del seme; in specifico inizio luglio, inizio agosto, ed inizio settembre in condizioni di cascola a terra delle nucule. Dai risultati ottenuti è interessante osservare come il potere antiossidante delle due frazioni analizzate presenti un comportamento antitetico; in particolare, mentre l'attività antiossidante della frazione idrofila, dovuta principalmente alla presenza di composti fenolici, tende a diminuire nel corso della maturazione della nocciola, l'attività antiossidante della frazione lipofila, legata probabilmente alla presenza di tocoferoli, steroli e acidi grassi polinsaturi, aumenta nel corso della maturazione, in coincidenza con il processo di accumulo della sostanza grassa nel seme. In condizioni di completa maturazione, entrambe le frazioni hanno evidenziato un potere

antiossidante prossimo a 0,15 mM equivalenti di Trolox su 100 g di sostanza fresca, senza evidenziare peraltro differenze significative legate all'effetto cultivar. Tali valori risultano in linea con quanto riportato in bibliografia (Paoletti *et al.*, 2005), almeno per quanto riguarda la frazione lipofila. Infatti, anche se è ormai comprovato il benefico ruolo dietetico e nutrizionale svolto dal consumo fresco delle nocciole, poche risultano ad oggi le conoscenze circa la quantificazione del potere antiossidante delle varie componenti chimiche del seme. L'attività antiossidante del perisperma è risultata piuttosto elevata, con valori medi compresi tra 10 e 15 mM equivalenti di Trolox su 100 g di sostanza fresca, che sono risultati significativamente influenzati dall'interazione cultivar x data di prelievo.

In particolare, Nocchione ha presentato un'attività antiossidante significativamente più elevata a tutte le date di campionamento, mentre Tonda Gentile Romana ha incrementato la TEAC dalla seconda data di prelievo.

Tabella 4.1.10: Potere antiossidante di seme e perisperma, rispetto alla sostanza fresca, delle tre cultivar analizzate, in tre date di rilievo.

prelievo	cultivar	mM Trolox eq. *	mM Trolox eq. *	mM Trolox eq. *
		100 g t.q. ⁻¹		100 g t.q. ⁻¹
		Frazione idrofila		Frazione lipofila
		seme	perisperma	seme
Effetto cultivar				
	TGR	0,25	12,60	0,11
	TG	0,26	10,13	0,10
	N	0,24	13,46	0,09
	dms (p=0,05)	0,009	0,17	0,007
Effetto data				
	05/07	0,37	10,56	0,05
	02/08	0,24	13,01	0,09
	06/09	0,15	12,61	0,14
	dms (p=0,05)	0,01	n.s.	0,01
Effetto cultivar x data				
05/07	TGR	0,361	9,39	0,076
	TG	0,408	10,30	0,052
	N	0,343	12,00	0,033
02/08	TGR	0,249	15,18	0,101
	TG	0,214	8,68	0,108
	N	0,262	15,17	0,088
06/09	TGR	0,168	13,21	0,151
	TG	0,167	11,41	0,146
	N	0,132	13,20	0,142
	dms (p=0,05)	0,01	0,30	0,01

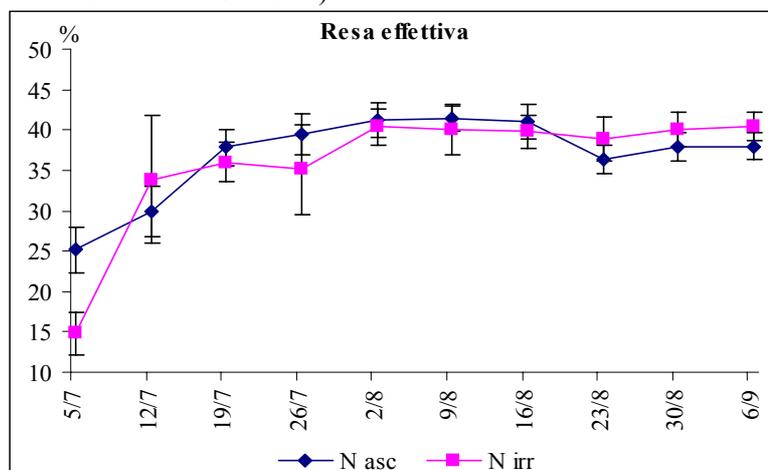
4.2. SECONDO LAVORO: CRESCITA E MATURAZIONE DELLE NOCCIOLE IN FUNZIONE DEL FATTORE CULTURALE IRRIGAZIONE.

La cultivar Nocchione è stata oggetto di indagine finalizzata a valutare l'azione dell'irrigazione sulle caratteristiche compositive delle nocciole durante la fase di crescita e maturazione. Sono state poste a confronto due tesi, una condotta in asciutto e l'altra irrigata attraverso l'innovativa tecnica della subirrigazione.

4.2.1 – Caratteristiche tecnologiche di frutti e semi

Le indagini biometriche e carpologiche dei frutti e dei semi non hanno evidenziato differenze sostanziali tra le due tesi a confronto. Interessante invece è risultato il dato emerso dalla dinamica della resa effettiva nel periodo di campionamento (fig. 4.32). Il nocchieto condotto in regime irriguo ha fornito rese effettive superiori, in particolare nelle ultime date di campionamento, di circa due punti percentuali rispetto al nocchieto condotto in asciutto, con valori rispettivamente di 40,5% e 38% in data 06/09. Tale aspetto risulta non trascurabile, ed esalta gli effetti benefici del fattore irrigazione a carico di una coltura che ritrova collocazioni di mercato più o meno favorevoli anche in funzione della resa in sgusciato.

Fig. 4.32: andamento a confronto della resa effettiva percentuale nel corso della crescita del frutto della cv Nocchione nelle piante in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr) (media \pm deviazione standard).



4.2.2 – Contenuto di umidità e accumulo di sostanza secca nei semi

Analogamente alle indagini carpologiche, anche per il contenuto di umidità e l'accumulo della sostanza secca nei semi non sono state osservate differenze sostanziali tra i campioni di nocciole a confronto (figure 4.33 e 4.34), ad esclusione delle ultime date di campionamento. In specifico, dalla terza decade di agosto al 06/09 il Nocchione condotto in regime irriguo ha evidenziato un contenuto in umidità lievemente superiore rispetto al Nocchione in asciutto, manifestando un accumulo di sostanza secca costante, senza evidenziare le oscillazioni rilevate a carico della tesi non irrigata. Tale aspetto può essere imputabile ad una più omogenea evoluzione di accumulo della sostanza secca nel tempo in noccioli condotti in irriguo, dove fenomeni di stress idrico sono sicuramente meno rilevanti che non in noccioli condotti in asciutto.

Figura 4.33: andamento dell'umidità nei semi della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr) (media \pm deviazione standard).

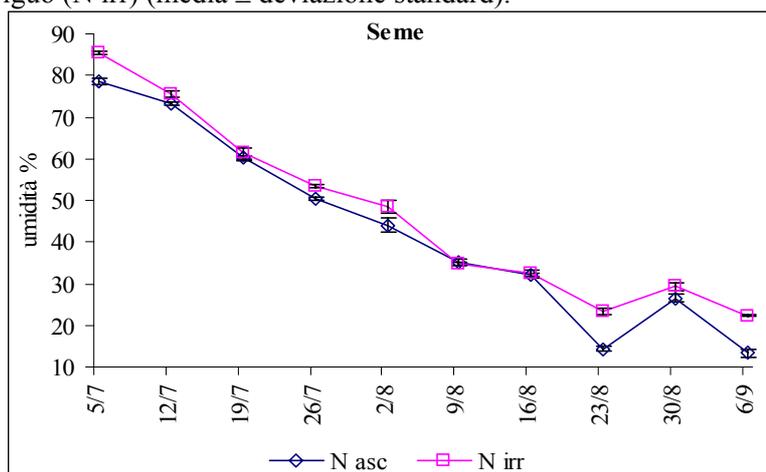
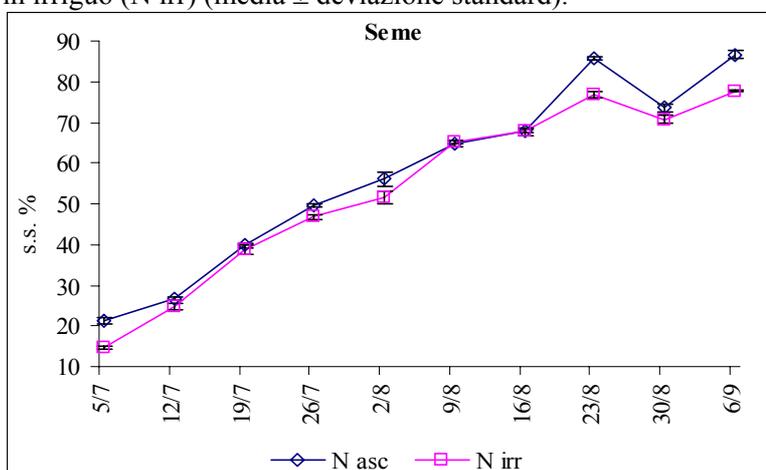


Figura 4.34: accumulo di sostanza secca nei semi della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr) (media \pm deviazione standard).



4.2.3 – Contenuto di sostanza grassa nei semi

L'irrigazione non ha mostrato effetti rilevanti sull'accumulo di olio. Infatti non sono emerse sostanziali differenze di accumulo dei lipidi nel seme durante la crescita per Nocchione in funzione delle diverse disponibilità idriche, ad eccezione delle prime date di rilievo, quando il contenuto di sostanze grasse è risultato lievemente superiore nella tesi condotta in asciutto rispetto a quella in irriguo (tab. 4.2.3). In particolare tale effetto si è mantenuto nel mese di luglio per perdere di significatività ad inizio agosto, quando le tesi a confronto hanno evidenziato un contenuto di olio sul peso secco pari al 45%, attestandosi infine in data 06/09 a valori pari al 61% (figura 4.36).

Figura 4.35: accumulo della sostanza grassa, rispetto al tal quale, nei semi della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr) (media \pm deviazione standard).

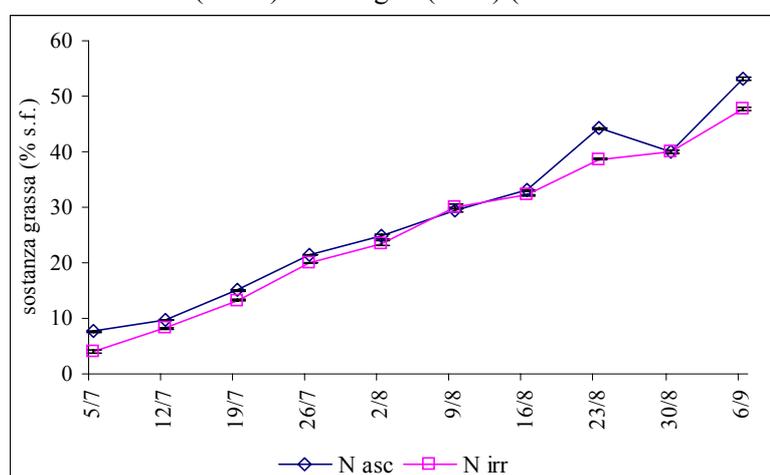


Figura 4.36: accumulo della sostanza grassa, rispetto alla sostanza secca, nei semi della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr) (media \pm deviazione standard).

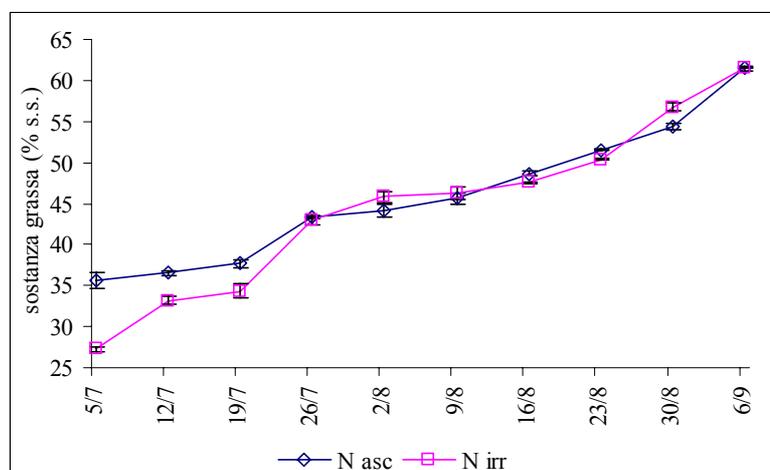


Tabella 4.2.3: contenuto medio di sostanza grassa nei semi della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr), in tre stadi di crescita della nocciola.

prelievo	cultivar	g olio 100g t.q. ⁻¹	g olio 100g s.s. ⁻¹
Effetto tesi			
	N asc	28,53	47,06
	N irr	25,11	44,85
	dms (p=0,05)	0,78	1,74
Effetto data			
05/07		5,78	31,40
02/08		24,15	44,98
06/09		50,54	61,49
	dms (p=0,05)	2,08	2,77
Effetto tesi x data			
05/07	N asc	7,59	35,57
	N irr	3,97	27,23
02/08	N asc	24,75	44,17
	N irr	23,55	45,79
06/09	N asc	53,25	61,45
	N irr	47,83	61,53
	dms (p=0,05)	1,35	3,01

4.2.4 – Profilo acido dell’olio durante la crescita

L’analisi qualitativa dell’olio presente nei semi della cultivar Nocchione in asciutto (N asc) ed in irriguo (N irr), ha evidenziato un profilo acido caratterizzato principalmente dall’acido oleico (18:1), con percentuali dell’83-84% circa allo stadio di maturazione. Tra gli acidi saturi è stata rilevata la presenza dell’acido palmitico (18:0) e stearico (16:0) in valori percentuali sempre inferiori al 10%, ad esclusione della seconda decade di luglio, quando la componente satura ha raggiunto valori pari al 20,2% e 15,4% in Nocchione asciutto, e pari a 19% e 14% in Nocchione irriguo, rispettivamente, in data 12 e 19 luglio. Sono risultati presenti in quantitativi molto bassi o in tracce l’acido palmitoleico, eptadecadenoico, arachico, eicosenoico, behenico, erucico e lignocerico.

La tesi asciutta ha inoltre evidenziato in data 05/07 la presenza di acido lignocerico ed acido erucico in valori prossimi rispettivamente al 39,8% e 12% (tab. 4.2.4). Relativamente ai quantitativi di tali acidi grassi rilevati in inizio luglio, valgono le considerazioni riportate nel precedente lavoro (Lotti *et al.*, 1985).

L'analisi statistica dei dati rilevati in tre stadi di crescita della nocciola ha evidenziato delle differenze significative dovute all'effetto della tesi e dell'interazione di tale fattore con la data di prelievo (tab. 4.2.4).

Se si confrontano gli stadi iniziale, intermedio e finale di crescita della nocciola è interessante osservare come la percentuale di acido oleico sia aumentata dall'ultima decade di luglio alla fine della prima decade di agosto, raggiungendo, e mantenendo poi sino alla raccolta, valori prossimi all'83% in Nocchione asciutto. Tale incremento non ha caratterizzato invece la tesi irrigua (N irr), che in data 5 luglio ha presentato un contenuto percentuale di acido oleico pari all'85%, evidenziando il contenuto minore in data 12 luglio con valori pari al 71%, e valori a maturazione prossimi all'85%.

Gli acidi grassi polinsaturi (PUFA) determinati hanno evidenziato un andamento piuttosto stabile nel tempo, ad eccezione delle prime due date di rilievo in cui il Nocchione irriguo ha presentato valori superiori di circa il 2% rispetto al Nocchione asciutto. Anche a maturazione la tesi irrigua ha evidenziato un contenuto in PUFA lievemente superiore rispetto alla tesi asciutta con valori rispettivamente di 8,2% e 6,9% (fig. 4.42).

Il rapporto insaturi/saturi è aumentato fino ad inizio agosto, per attestarsi intorno a valori di 10:1 fino a maturazione, dove è stato determinato un rapporto finale di 11:1 senza differenze di rilievo tra le tesi (fig. 4.43). In inizio luglio è stato determinato un rapporto insaturi/saturi di 11:1 e 1,5:1 rispettivamente per la tesi irrigua e la tesi asciutta.

Figura 4.37: distribuzione percentuale dell'acido palmitico nell'olio estratto dai semi della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr), nel corso della maturazione (media \pm deviazione standard).

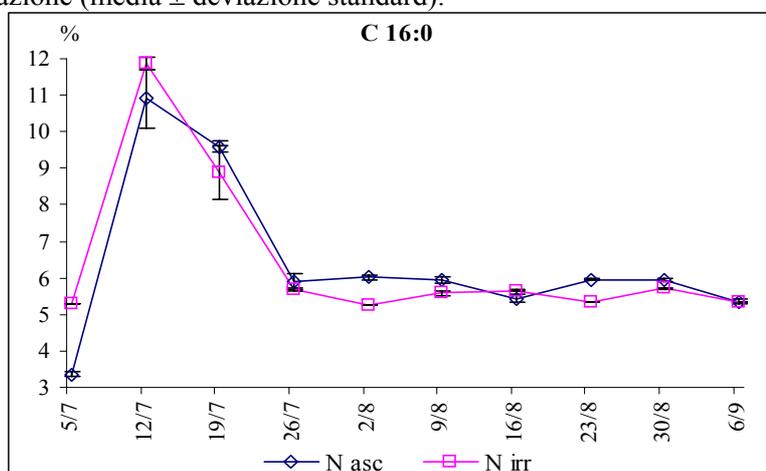


Figura 4.38: distribuzione percentuale dell'acido stearico nell'olio estratto dai semi della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr), durante la maturazione (media \pm deviazione standard).

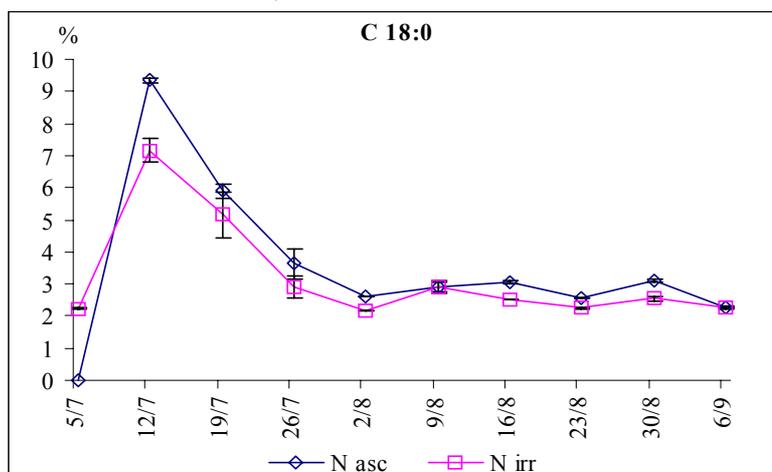


Figura 4.39: distribuzione percentuale dell'acido oleico nell'olio estratto dai semi della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr), nel corso della maturazione (media \pm deviazione standard).

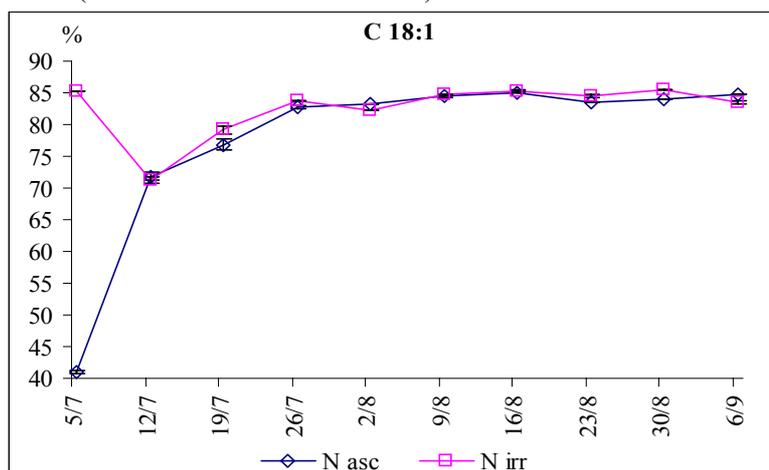


Figura 4.40: distribuzione percentuale dell'acido linoleico nell'olio estratto dai semi della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr), nel corso della maturazione (media \pm deviazione standard).

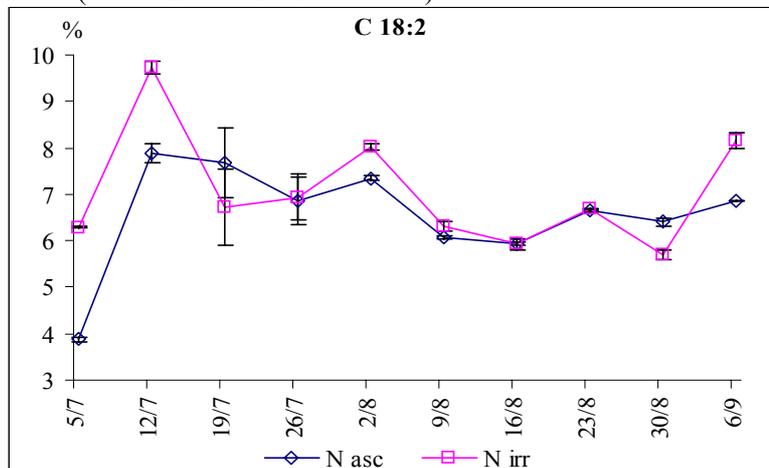


Figura 4.41: distribuzione percentuale dell'acido linolenico nell'olio estratto dai semi della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr), nel corso della maturazione (media \pm deviazione standard).

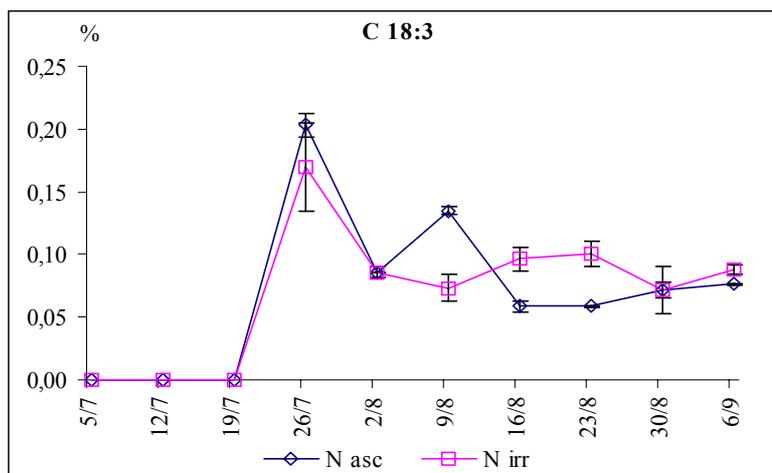


Figura 4.42: andamento dei PUFA nell'olio estratto dai semi della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr), nel corso della maturazione (media \pm deviazione standard).

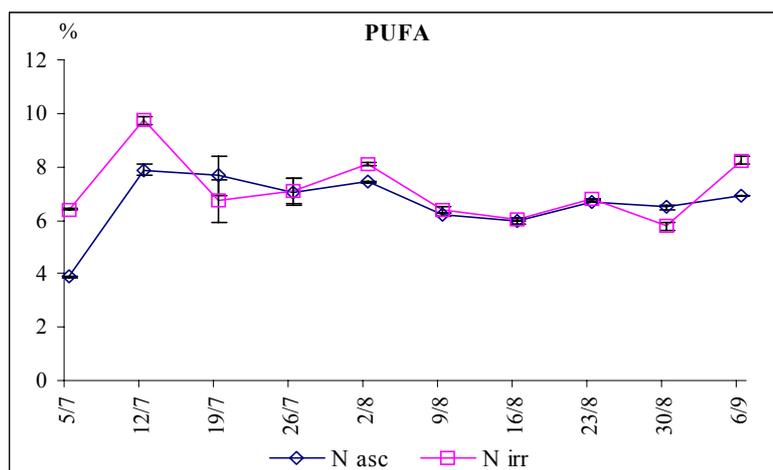


Figura 4.43: andamento del rapporto tra acidi insaturi e acidi saturi nell'olio estratto dai semi della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr), nel corso della maturazione (media \pm deviazione standard).

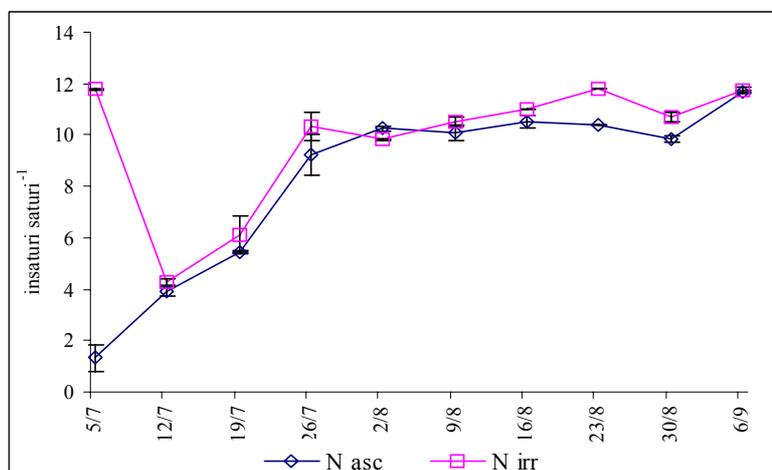


Tabella 4.2.4: distribuzione percentuale dei principali acidi grassi nell'olio estratto dai semi della cv Nocchione in asciutto (N asc), e in irriguo (N irr), in tre stadi di crescita della nocciola.

Cultivar	Acidi grassi					
	Data prelievo	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
<i>Effetto tesi</i>						
N asc		4,90	1,62	69,61	6,02	0,05
N irr		5,29	2,22	83,66	7,48	0,08
dms (p=0,05)		0,12	0,06	0,42	0,22	0,02
<i>Effetto data</i>						
	05/07	4,32	1,11	63,12	5,08	0,05
	02/08	5,63	2,38	82,70	7,67	0,08
	06/09	5,33	2,26	84,09	7,50	0,07
dms (p=0,05)		n.s.	n.s.	n.s.	0,87	n.s.
<i>Effetto tesi x data</i>						
N asc ¹	05/07	3,36	-	40,93	3,87	-
N irr	05/07	5,29	2,23	85,31	6,29	0,10
N asc	02/08	6,01	2,60	83,19	7,34	0,08
N irr	02/08	5,25	2,16	82,21	8,01	0,08
N asc	06/09	5,32	2,25	84,72	6,84	0,07
N irr	06/09	5,34	2,26	83,47	8,15	0,09
dms (p=0,05)		0,21	0,10	0,72	0,39	0,04

¹ in data 05 luglio per Nocchione asciutto sono stati rilevati acido erucico (C22:1) ed acido lignocericico (C 24:0) in valori percentuali rispettivamente di 12,03% e 39,79%.

4.2.5 – Contenuto di azoto totale nei semi.

In figura 4.44 e 4.45 sono rappresentati gli andamenti del contenuto di azoto totale nel seme rispetto alla sostanza fresca e secca durante la crescita e la maturazione delle nocciole. Dai risultati ottenuti si evidenzia come la concentrazione di azoto rispetto alla sostanza secca è diminuita progressivamente durante la maturazione in entrambe le tesi a confronto, con un andamento antitetico rispetto alla sostanza fresca, e passando da valori prossimi a 4-6 mg di azoto in 100 mg di sostanza secca nella prima decade di luglio, a 3 mg circa a maturazione. Dal confronto degli stadi iniziale, intermedio e finale di crescita della nocciola (tab. 4.2.5), è interessante

osservare come siano emerse delle lievi differenze tra le tesi a confronto per effetto dell'irrigazione, della data di rilevamento, e dell'interazione tra i due fattori. In particolare il Nocchione condotto in irriguo ha evidenziato, in data 06/09, un contenuto di azoto totale pari a 3,3 mg in 100 mg di sostanza secca, lievemente superiore rispetto al Nocchione condotto in asciutto, con valori pari a 3 mg in 100 mg di s.s.. Da tali risultati, in linea con quanto riscontrato in letteratura circa il contenuto di azoto totale e protidi nelle nocciole mature, (Serra Bonvehi *et al.*, 1995; Savage *et al.*, 1998; Caliskan *et al.*, 2001; Silva *et al.*, 2005), emergono interessanti informazioni se correlati al fattore culturale irrigazione, che sembra avere effetti positivi a carico dell'accumulo di azoto nel seme e quindi nel complesso biochimismo della biosintesi proteica. Infatti, considerando un fattore di conversione proteico di 6,25 per la nocciola, secondo quanto riportato da Fang (1949), il contenuto in proteine nei semi di Nocchione condotto in irriguo si attesterebbe intorno a valori di 21 mg per 100 mg di sostanza secca, superiore di circa 2 mg rispetto alla tesi condotta in asciutto.

Figura 4.44: accumulo dell'azoto totale, rispetto al tal quale, nei semi della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr) (media \pm deviazione standard).

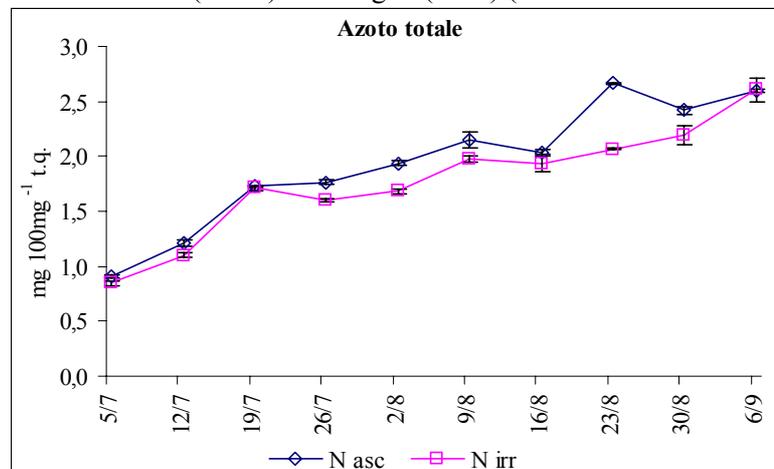


Figura 4.45: accumulo dell'azoto totale, rispetto alla sostanza secca, nei semi della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr) (media \pm deviazione standard).

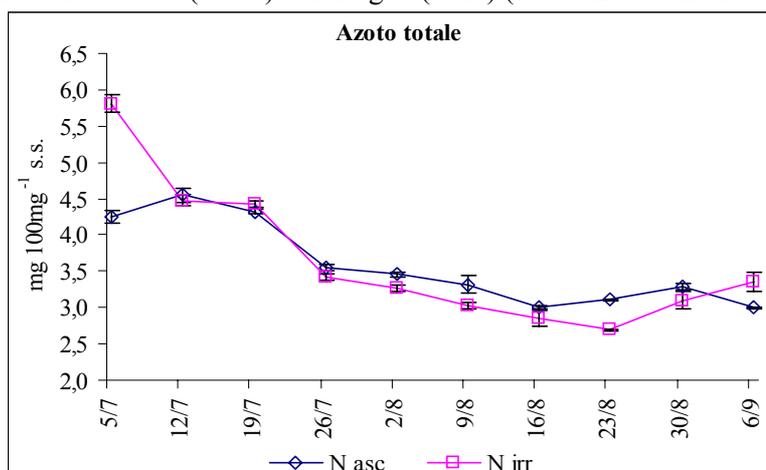


Tabella 4.2.5: contenuto medio di azoto totale, nei semi della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr), negli stadi iniziale, intermedio e finale della crescita della nocciola.

prelievo	cultivar	mg azoto 100 mg t.q. ⁻¹	mg azoto 100 mg s.s. ⁻¹
Effetto tesi			
	N asc	1,81	3,56
	N irr	1,71	4,14
	dms (p=0,05)	0,13	0,25
Effetto data			
05/07		0,87	5,03
02/08		1,81	3,36
06/09		2,60	3,17
	dms (p=0,05)	0,10	0,51
Effetto tesi x data			
05/07	N asc	0,90	4,25
	N irr	0,84	5,81
02/08	N asc	1,93	3,45
	N irr	1,68	3,27
06/09	N asc	2,59	2,99
	N irr	2,60	3,35
	dms (p=0,05)	0,22	0,43

4.2.6 – Contenuto di zuccheri solubili, polialcoli e acidi totali nei semi.

Il contenuto di zuccheri solubili, polialcoli e acidi totali nella sostanza secca sono variati nel corso della crescita della nocciola, evidenziando per alcune date, differenze di rilievo tra tesi asciutta ed irrigua (figure 4.47 e 4.53). Gli zuccheri, presenti in concentrazioni prossime a 7 mg per 100 mg in inizio luglio, hanno

evidenziato un calo sino a valori di 5 mg per 100 mg di s.s. circa in inizio agosto. Allo stadio di maturazione di raccolta (data 06/09), i contenuti definitivi erano prossimi a 5,5 mg evidenziando valori leggermente più elevati a carico del Nocchione irrigato (5,7 mg per 100 mg s.s.) rispetto al Nocchione condotto in asciutto (5,2 mg per 100 mg s.s.). Il contenuto di zuccheri è aumentato in maniera più regolare nelle piante irrigue rispetto a quelle in asciutto, che hanno presentato brusche variazioni nel processo di accumulo in particolare alla fine della seconda decade di luglio (fig. 4.47). Nel complesso è possibile affermare che il contenuto finale di zuccheri solubili, carattere compositivo minore del seme della nocciola, risulta influenzato dal fattore colturale irrigazione, come testimoniano le lievi differenze, significative statisticamente per $p=0,05$ (tab. 4.2.6 b), registrate a carico dei singoli zuccheri solubili nelle nocciole mature, rispetto alle due diverse tesi irrigue a confronto.

Fig. 4.46: accumulo degli zuccheri totali, rispetto alla sostanza fresca, durante la crescita del frutto di Nocchione in asciutto (N asc), e in irriguo (N irr) (media \pm deviazione standard).

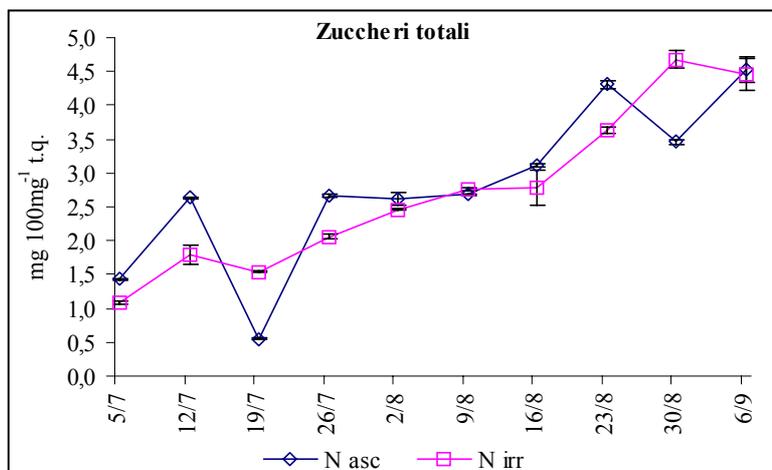


Fig. 4.47: andamento a confronto di zuccheri totali, rispetto alla sostanza secca, durante la crescita del frutto di Nocchione in asciutto (N asc), e in irriguo (N irr) (media \pm deviazione standard).

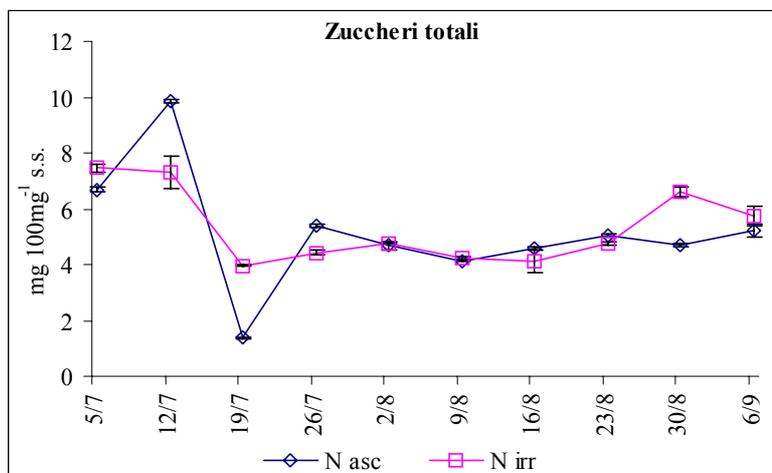


Fig. 4.48: andamento a confronto di saccarosio, rispetto alla sostanza secca, durante la crescita del frutto di Nocchione in asciutto (N asc), e in irriguo (N irr) (media \pm deviazione standard).

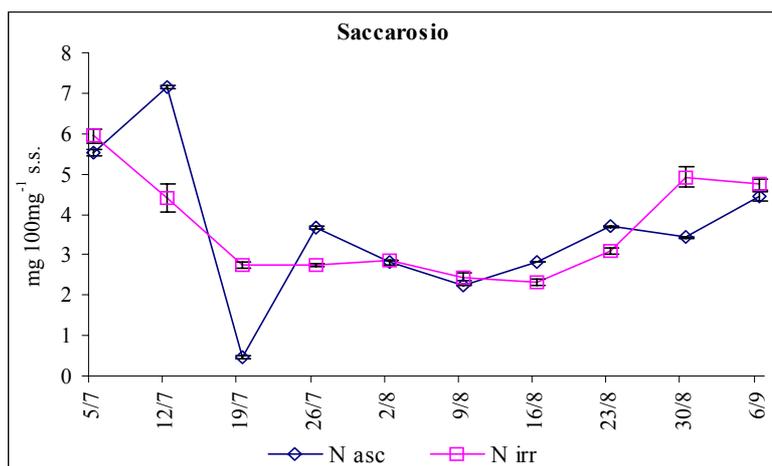


Fig. 4.49: andamento a confronto di glucosio, rispetto alla sostanza secca, durante la crescita del frutto di Nocchione in asciutto (N asc), e in irriguo (N irr) (media \pm deviazione standard).

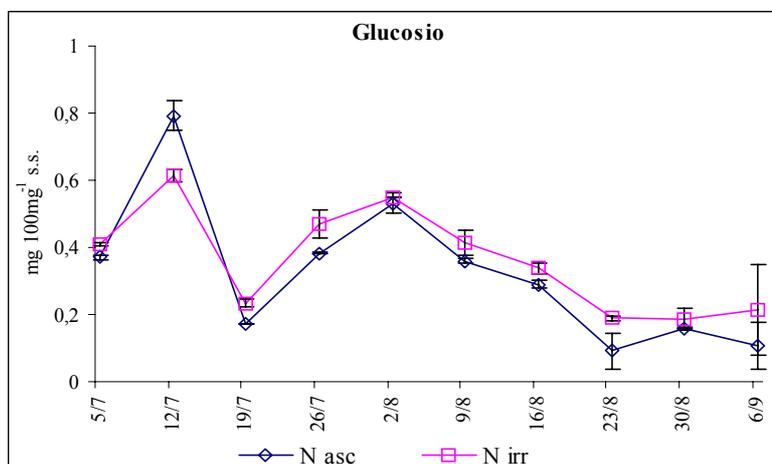


Fig. 4.50: andamento a confronto di fruttosio, rispetto alla sostanza secca, durante la crescita del frutto di Nocchione in asciutto (N asc), e in irriguo (N irr) (media \pm deviazione standard).

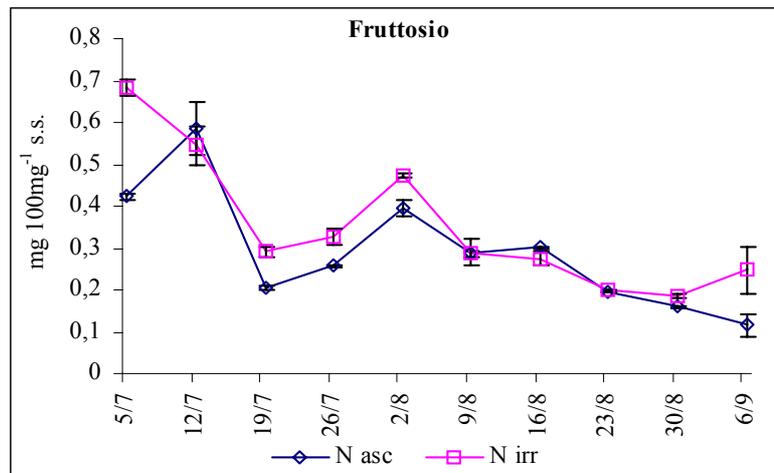


Fig. 4.51: andamento a confronto di stachiosio, rispetto alla sostanza secca, durante la crescita del frutto di Nocchione in asciutto (N asc), e in irriguo (N irr) (media \pm deviazione standard).

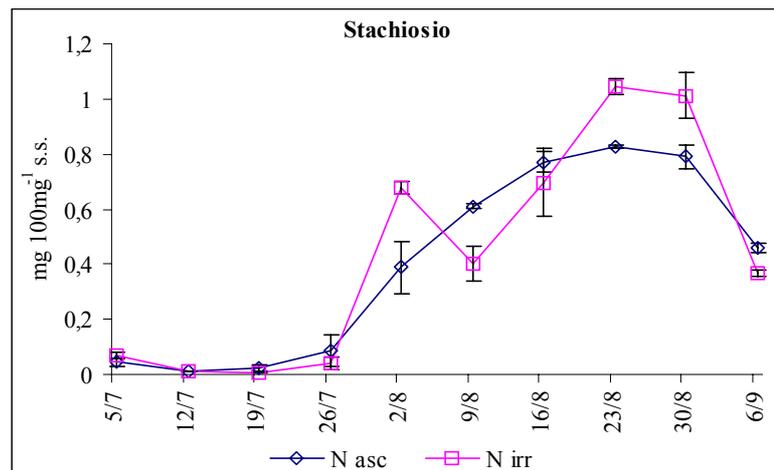


Tabella 4.2.6 a: contenuto medio di zuccheri totali e principali zuccheri solubili, rispetto alla sostanza fresca, nei semi della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr), negli stadi iniziale, intermedio e finale di crescita della nocciola (mg 100mg⁻¹ t.q.).

prelievo	cultivar	zuccheri totali	saccarosio	glucosio	fruttosio	stachiosio	raffiniosio
Effetto tesi							
	N asc	2,85	2,20	0,15	0,13	0,20	0,06
	N irr	2,66	2,02	0,17	0,18	0,15	0,08
	dms (p=0,05)	0,37	0,18	n.s.	0,05	0,06	0,01
Effetto data							
	05/07	1,25	1,02	0,07	0,09	0,009	0,004
	02/08	2,53	1,54	0,29	0,23	0,19	0,17
	06/09	4,49	3,77	0,13	0,14	0,34	0,03
	dms (p=0,05)	0,23	0,14	0,07	0,04	0,05	0,01
Effetto tesi x data							
	05/07 N asc	1,42	1,18	0,08	0,09	0,01	0,005
	N irr	1,09	0,86	0,06	0,10	0,01	0,003
	02/08 N asc	2,61	1,57	0,30	0,22	0,22	0,18
	N irr	2,45	1,50	0,28	0,24	0,17	0,18
	06/09 N asc	4,51	3,84	0,09	0,10	0,40	0,006
	N irr	4,46	3,69	0,16	0,19	0,28	0,06
	dms (p=0,05)	0,64	0,31	n.s.	0,10	0,11	0,01

Tabella 4.2.6 b: contenuto medio di zuccheri totali e principali zuccheri solubili, rispetto alla sostanza secca, nei semi della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr), negli stadi iniziale, intermedio e finale di crescita della nocciola (mg 100mg⁻¹ s.s.).

prelievo	cultivar	zuccheri totali	saccarosio	glucosio	fruttosio	stachiosio	raffiniosio
Effetto tesi							
	N asc	5,52	4,26	0,33	0,31	0,29	0,11
	N irr	5,99	4,53	0,39	0,47	0,25	0,14
	dms (p=0,05)	0,52	0,31	0,17	0,07	0,11	0,02
Effetto data							
	05/07	7,07	5,73	0,39	0,55	0,05	0,02
	02/08	4,72	2,87	0,54	0,43	0,36	0,33
	06/09	5,47	4,59	0,16	0,18	0,41	0,04
	dms (p=0,05)	0,40	0,23	0,10	0,10	0,07	0,02
Effetto tesi x data							
	05/07 N asc	6,68	5,52	0,37	0,42	0,04	0,02
	N irr	7,45	5,93	0,40	0,68	0,07	0,02
	02/08 N asc	4,66	2,81	0,53	0,39	0,38	0,32
	N irr	4,77	2,85	0,54	0,47	0,67	0,26
	06/09 N asc	5,21	4,43	0,11	0,11	0,46	0,007
	N irr	5,73	4,75	0,21	0,24	0,37	0,07
	dms (p=0,05)	0,90	0,54	0,30	0,13	0,20	0,03

L'acidità è risultata piuttosto elevata agli inizi di luglio, con valori differenti e statisticamente significativi (tab. 4.2.6 d) tra la tesi condotta in irriguo, con contenuti pari a 5,4 mg per 100 mg di s.s., e la tesi condotta in asciutto, caratterizzata da contenuti pari a 2,7 mg per 100 mg s.s.. Durante tutto il mese di luglio si è verificata una costante diminuzione dell'acidità, attestatasi in inizio agosto, a valori prossimi a 0,4 mg per 100 mg s.s., mantenendosi pressochè costante fino a settembre (fig. 4.53). Il contenuto finale di acidi organici nei semi di Nocchione è risultato lievemente superiore nella tesi irrigua, con valori di 0,45 mg, rispetto alla tesi condotta in asciutto (0,32 mg su 100 mg s.s.). I principali componenti dell'acidità del seme, acido malico, acido citrico ed acido succinico, hanno mantenuto un andamento analogo a quello degli acidi totali, evidenziando peraltro, delle differenze significative legate all'effetto irrigazione negli stadi iniziale, intermedio e finale di crescita della nocciola (tab. 4.2.6 d).

Fig. 4.52: andamento degli acidi organici, rispetto alla sostanza fresca, durante la crescita del frutto di Nocchione in asciutto (N asc), e in irriguo (N irr) (media \pm deviazione standard).

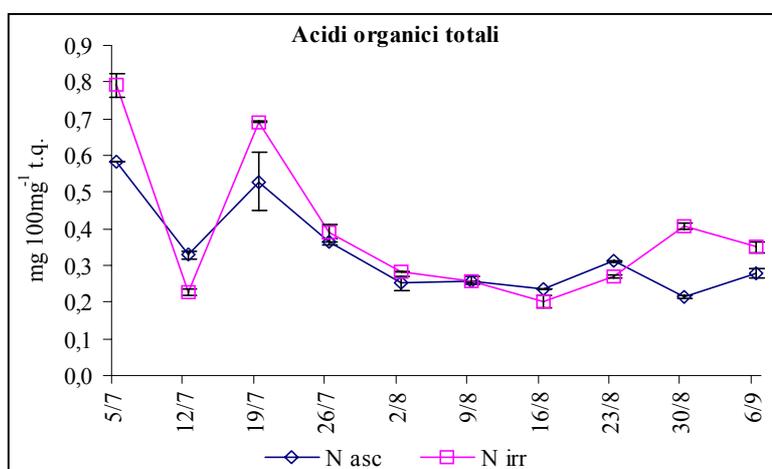


Fig. 4.53: andamento di acidi organici, rispetto alla sostanza secca, durante la crescita del frutto di Nocchione in asciutto (N asc), e in irriguo (N irr) (media \pm deviazione standard).

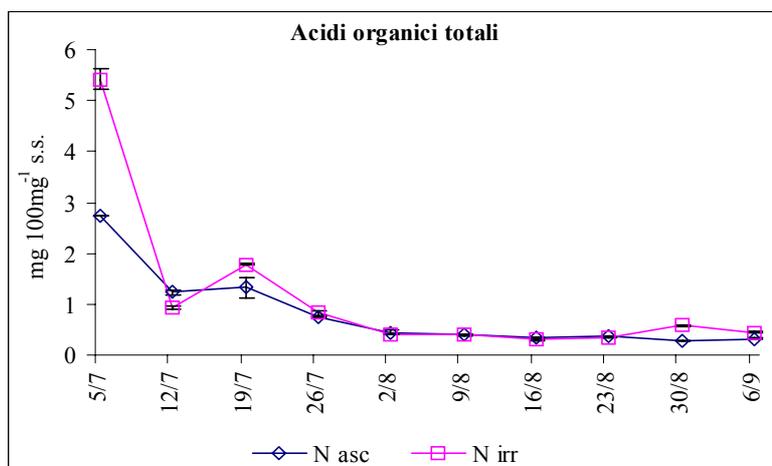


Fig. 4.54: andamento di acido malico, rispetto alla sostanza secca, durante la crescita del frutto di Nocchione in asciutto (N asc), e in irriguo (N irr) (media \pm deviazione standard).

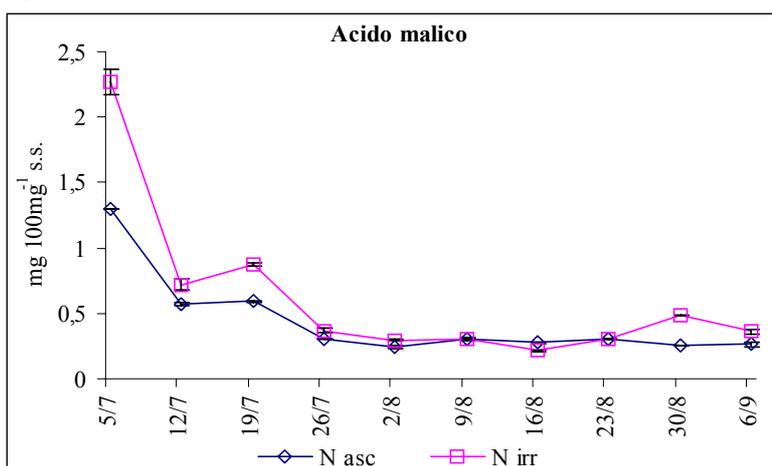


Fig. 4.55: andamento a confronto di acido citrico, rispetto alla sostanza secca, durante la crescita del frutto di Nocchione in asciutto (N asc), e in irriguo (N irr) (media \pm deviazione standard).

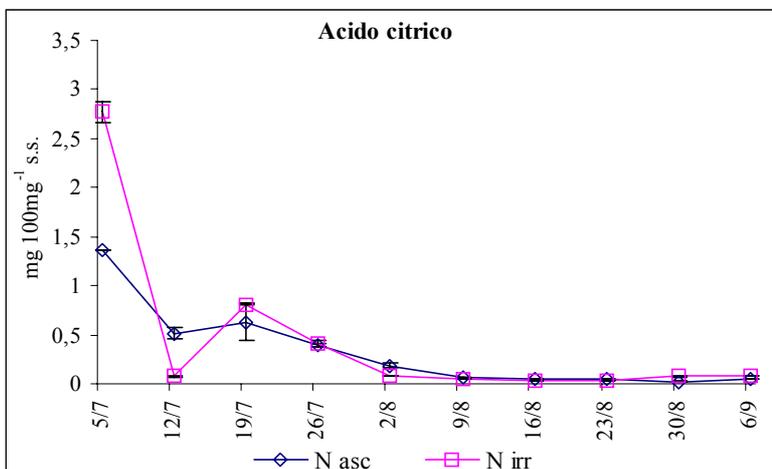


Fig. 4.56: andamento a confronto di acido succinico, rispetto alla sostanza secca, durante la crescita del frutto di Nocchione in asciutto (N asc), e in irriguo (N irr) (media \pm deviazione standard).

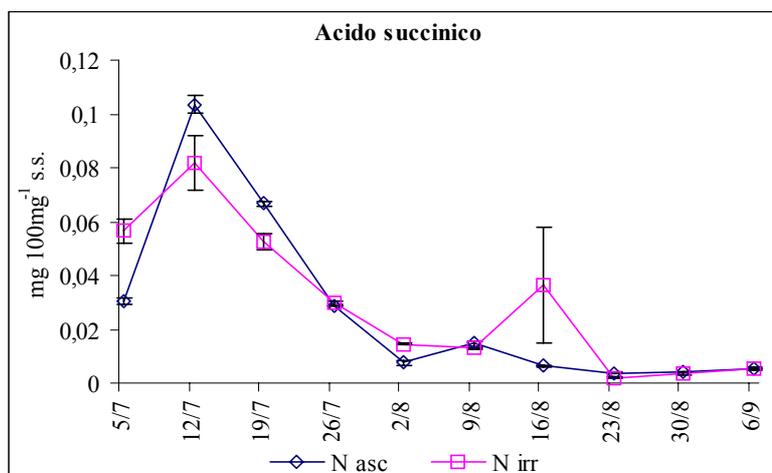


Tabella 4.2.6 c: contenuto medio di acidi totali e dei principali acidi organici, rispetto alla sostanza fresca, nei semi della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr), negli stadi iniziale, intermedio e finale di crescita della nocciola (mg 100mg⁻¹ t.q.).

prelievo	cultivar	acidi organici totali	acido malico	acido citrico	Acido succinico
<i>Effetto tesi</i>					
	N asc	0,37	0,21	0,14	0,005
	N irr	0,47	0,25	0,19	0,006
	dms (p=0,05)	0,04	0,02	0,02	0,001
<i>Effetto data</i>					
	05/07	0,68	0,30	0,34	0,007
	02/08	0,26	0,14	0,11	0,004
	06/09	0,31	0,25	0,05	0,004
	dms (p=0,05)	0,07	0,02	0,03	0,0009
<i>Effetto tesi x data</i>					
	05/07 N asc	0,58	0,27	0,29	0,006
	05/07 N irr	0,79	0,33	0,40	0,008
	02/08 N asc	0,25	0,13	0,10	0,004
	02/08 N irr	0,28	0,15	0,12	0,004
	06/09 N asc	0,28	0,23	0,04	0,005
	06/09 N irr	0,35	0,28	0,04	0,004
	dms (p=0,05)	0,10	0,04	0,04	0,002

Tabella 4.2.6 d: contenuto medio di acidi totali e dei principali acidi organici, rispetto alla sostanza secca, nei semi della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr), negli stadi iniziale, intermedio e finale di crescita della nocciola (mg 100mg⁻¹ s.s.).

prelievo	cultivar	acidi organici totali	acido malico	acido citrico	Acido succinico
<i>Effetto tesi</i>					
	N asc	1,16	0,59	0,53	0,015
	N irr	2,14	0,97	1,02	0,023
	dms (p=0,05)	0,24	0,11	0,12	0,005
<i>Effetto data</i>					
	05/07	4,07	1,78	2,06	0,04
	02/08	0,49	0,26	0,21	0,008
	06/09	0,38	0,31	0,06	0,005
	dms (p=0,05)	0,84	0,30	0,43	0,008
<i>Effetto tesi x data</i>					
	05/07 N asc	2,73	1,29	1,35	0,030
	05/07 N irr	5,42	2,26	2,77	0,056
	02/08 N asc	0,45	0,24	0,187	0,007
	02/08 N irr	0,40	0,29	0,077	0,014
	06/09 N asc	0,32	0,26	0,048	0,005
	06/09 N irr	0,45	0,36	0,076	0,005
	dms (p=0,05)	0,42	0,19	0,20	0,009

4.2.7 – Contenuto di amido nei semi.

In figura 4.57 e 4.58 è rappresentato l'andamento del contenuto di amido nel seme rispettivamente sulla sostanza fresca e sulla sostanza secca, a partire dalla prima decade di luglio, fino a maturazione completa delle nocciole.

Dai risultati ottenuti è emerso un andamento analogo tra le tesi irrigue a confronto, facendo supporre che l'influenza del fattore irrigazione circa l'espressione fisiologica di tale carattere minore sia marginale. Soltanto nel mese di luglio sono emerse delle differenze di rilievo tra le tesi, ad indicare una possibile influenza dell'irrigazione sul carattere esaminato, nelle prime fasi di crescita della nocciola. Infatti, in data 5 luglio il contenuto di amido si è attestato intorno a valori di 15 e 20 mg in 100 mg di s.s. rispettivamente per la tesi irrigata e per la tesi condotta in asciutto.

La dinamica di accumulo dell'amido è stata caratterizzata da un incremento fino ad inizio agosto, evidenziando delle lievi differenze tra le tesi, peraltro significative statisticamente, per poi diminuire progressivamente fino a maturazione completa delle nocciole senza differenze di rilievo tra Nocchione asciutto ed irriguo. In

particolare, in data 06/09, il contenuto di amido è risultato di circa 1 mg su 100 mg di s.s.(tab. 4.2.8).

Figura 4.57: accumulo di amido, rispetto alla sostanza fresca, nei semi della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr) (media \pm deviazione standard).

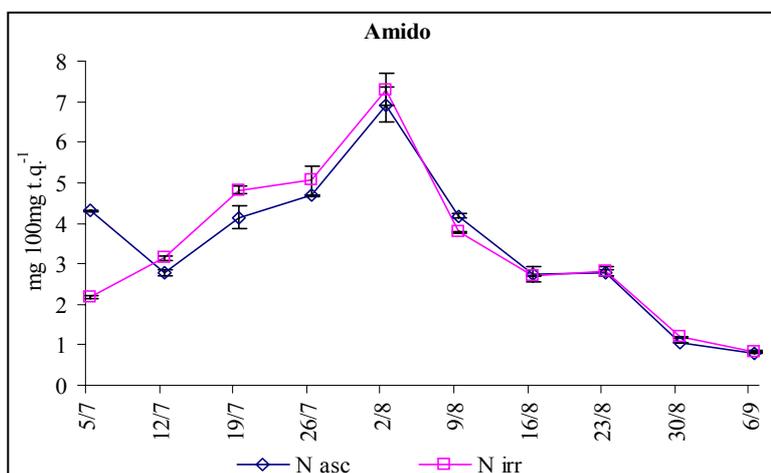


Figura 4.58: accumulo di amido, rispetto alla sostanza secca, nei semi della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr) (media \pm deviazione standard).

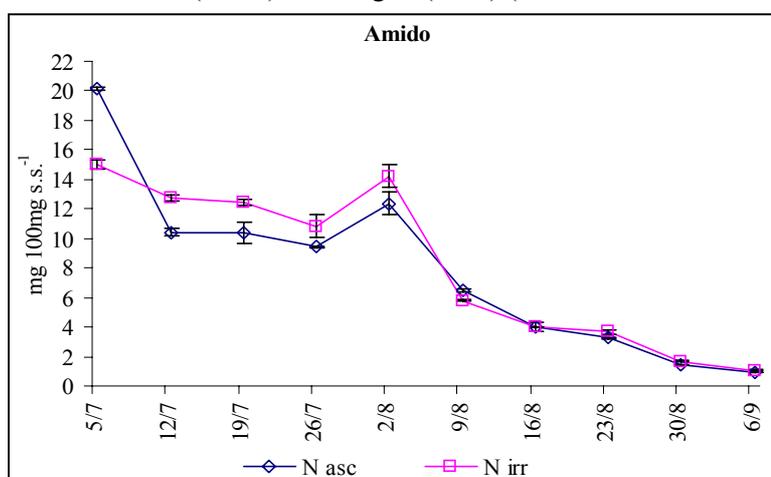


Tabella 4.2.7: contenuto medio di amido, nei semi della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr), negli stadi iniziale, intermedio e finale di crescita della nocciola.

prelievo	cultivar	mg amido 100 mg t.q. ⁻¹	mg amido 100 mg s.s. ⁻¹
<i>Effetto tesi</i>			
	N asc	4,01	11,15
	N irr	3,44	10,09
	dms (p=0,05)	0,67	1,30
<i>Effetto data</i>			
05/07		3,24	17,58
02/08		7,11	13,28
06/09		0,82	1,00
	dms (p=0,05)	0,75	1,83
<i>Effetto tesi x data</i>			
05/07	N asc	4,30	20,17
	N irr	2,18	14,99
02/08	N asc	6,92	12,36
	N irr	7,30	14,19
06/09	N asc	0,80	0,92
	N irr	0,83	1,07
	dms (p=0,05)	1,16	2,26

4.2.8 – Contenuto di polifenoli totali nei semi.

Il contenuto di polifenoli totali del seme è variato in funzione dell'epoca di rilievo. Si è infatti riscontrato un significativo aumento da luglio a settembre (fig. 4.59 e 4.60; tab. 4.2.8). L'irrigazione ha esercitato un significativo effetto su questa componente, in particolare a maturazione (tab. 4.2.8). Le nocciole di Nocchione condotto in irriguo, infatti, presentavano un contenuto in polifenoli più basso ad inizio settembre, rispetto a quelle della tesi in asciutto. Questo risultato confermerebbe anche per questa specie l'influenza negativa che il fattore irrigazione esercita sull'accumulo dei polifenoli, evidenziata per il frutto di alcune specie, come vite e olivo (Fregoni, 1998). Poichè l'irrigazione ha assunto negli ultimi anni anche per il nocciolo un'ampia diffusione, questi risultati meriterebbero studi più approfonditi. Uno degli aspetti qualitativi più interessanti della nocciola destinata al consumo fresco è infatti la sua accertata valenza nutrizionale, che è strettamente dipende anche dal contenuto di sostanze fenoliche e non, caratterizzate da un'elevata capacità antiossidante (Salas-Salvadò *et al.*, 2005)

Fig. 4.59: accumulo di polifenoli, rispetto alla sostanza fresca, nei semi della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr) (media \pm deviazione standard).

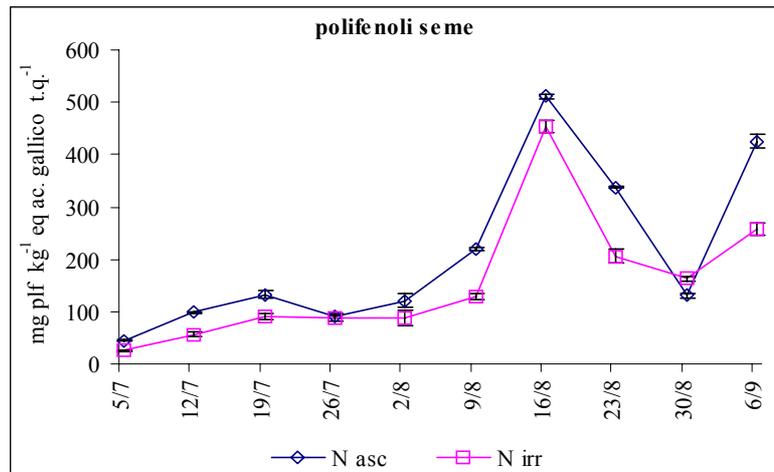


Fig. 4.60: accumulo di polifenoli, rispetto alla sostanza secca, nei semi della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr) (media \pm deviazione standard).

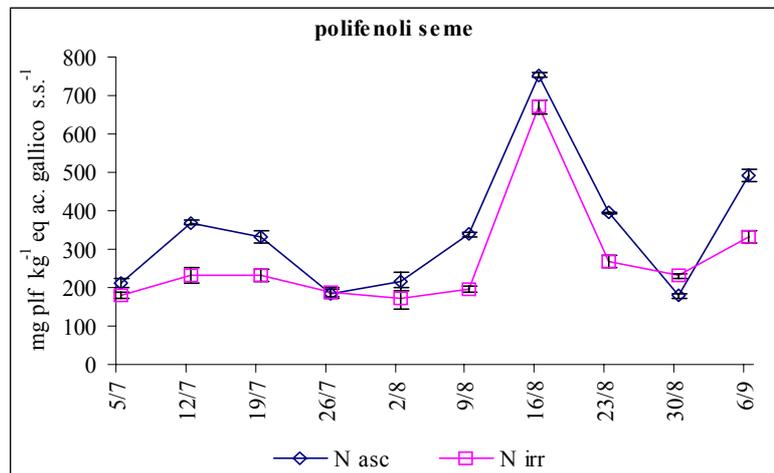


Tabella 4.2.8: contenuto medio di polifenoli totali, nei semi della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr), negli stadi iniziale, intermedio e finale di crescita della nocciola.

prelievo	cultivar	ppm polifenoli t.q. ⁻¹	ppm polifenoli s.s. ⁻¹
<i>Effetto tesi</i>			
	N asc	197,0	305,9
	N irr	124,0	227,4
	dms (p=0,05)	31,0	52,6
<i>Effetto data</i>			
05/07		35,7	195,6
02/08		104,3	193,1
06/09		341,6	411,2
	dms (p=0,05)	55,2	58,8
<i>Effetto tesi x data</i>			
05/07	N asc	45,2	211,7
	N irr	26,2	179,7
02/08	N asc	120,8	215,7
	N irr	87,7	170,6
06/09	N asc	425,1	490,6
	N irr	258,0	332,0
	dms (p=0,05)	53,7	91,2

4.2.9 – Contenuto di umidità e di polifenoli totali nel perisperma.

L'andamento nel tempo dei valori percentuali di umidità nel perisperma di Nocchione, per le tesi irrigue a confronto è riportato in figura 4.61.

Ad inizio luglio il perisperma è risultato dotato di una forte componente acquosa, con contenuti iniziali prossimi all'85% in entrambe le tesi. I contenuti di umidità erano elevati sino alla seconda decade di agosto, ed hanno poi evidenziato una drastica diminuzione, sino a valori percentuali del 40%, e attestandosi in condizioni di piena maturazione del frutto, intorno a valori del 20%, in entrambe le tesi irrigue a confronto.

Dai risultati non si evidenziano infatti differenze sostanziali tra le due tesi, facendo supporre che il fattore irrigazione non abbia particolari influenze riguardo gli eventi fisiologici coinvolti nel completamento di crescita di tale componente del frutto.

Relativamente al contenuto di polifenoli totali del perisperma, sono emerse delle differenze significative dovute all'effetto irrigazione, in particolare in epoca di maturazione (tab. 4.2.9). In data 06/09 infatti, il Nocchione asciutto (N asc) ha evidenziato un contenuto di polifenoli nel perisperma rispetto alla sostanza secca,

quasi doppio rispetto al Nocchione irrigato (N irr), con contenuti rispettivamente di 31,8 e 18,2 g su kg equivalenti di acido gallico. Inoltre, sono emerse delle differenze relative all'accumulo dei polifenoli nel tempo, più evidenti per la sostanza secca (fig. 4.64) rispetto alla sostanza fresca (fig. 4.63), e caratterizzate da più ampie fluttuazioni nei quantitativi rinvenuti a carico del Nocchione irrigato.

In linea generale anche per il perisperma è possibile avanzare le considerazioni espresse circa il contenuto di polifenoli nel seme, avvalorando l'ipotesi di una correlazione negativa tra disponibilità idriche e accumulo di polifenoli nel frutto, secondo quanto già accertato per altre specie legnose di interesse agrario (Fregoni, 1998).

Figura 4.62: andamento dell'umidità nel perisperma della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr) (media \pm deviazione standard).

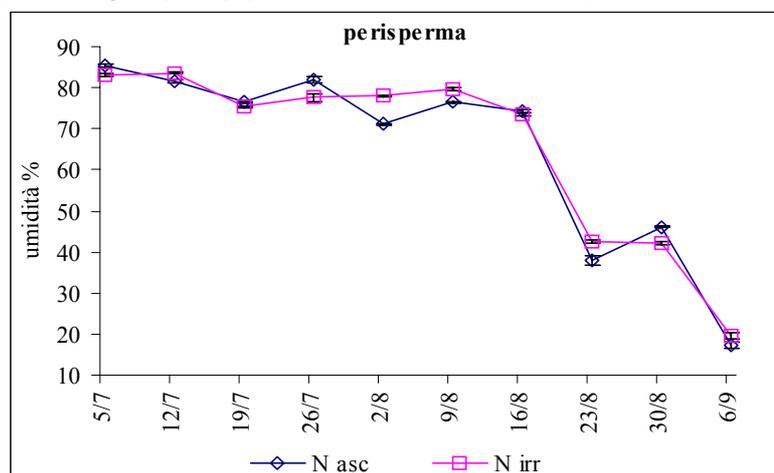


Figura 4.63: accumulo di polifenoli, rispetto alla sostanza fresca, nel perisperma della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr) (media \pm deviazione standard).

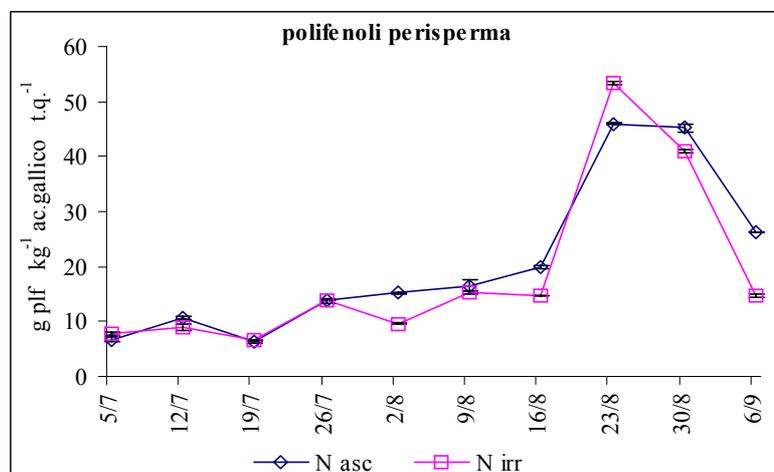


Figura 4.64: accumulo di polifenoli, rispetto alla sostanza secca, nel perisperma della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr) (media \pm deviazione standard).

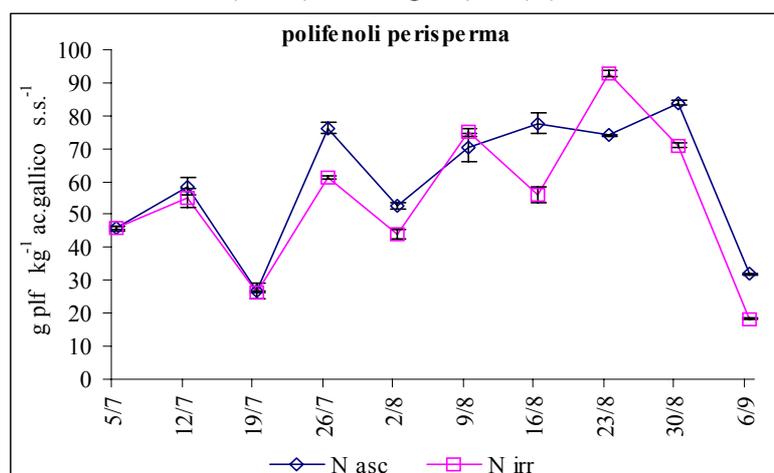


Tabella 4.2.9: contenuto medio di polifenoli totali, nel perisperma della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr), negli stadi iniziale, intermedio e finale di crescita della nocciola.

prelievo	cultivar	g polifenoli Kg ⁻¹ eq ac. gallico t.q. ⁻¹	g polifenoli Kg ⁻¹ eq ac. gallico s.s. ⁻¹
Effetto tesi			
	N asc	16,0	43,4
	N irr	10,7	36,0
	dms (p=0,05)	0,7	2,1
Effetto data			
05/07		7,2	45,7
02/08		12,4	48,3
06/09		20,5	25,1
	dms (p=0,05)	3,9	5,0
Effetto tesi x data			
05/07	N asc	6,7	45,8
	N irr	7,7	45,7
02/08	N asc	15,2	52,6
	N irr	9,6	44,1
06/09	N asc	26,3	31,8
	N irr	14,7	18,2
	dms (p=0,05)	1,3	3,7

4.2.10 – Potere antiossidante del seme e del perisperma in funzione del fattore irrigazione.

In tabella 4.2.10 è riportato il potere antiossidante della frazione lipofila determinato sul seme fresco, e della frazione idrofila, determinato sia sul seme fresco che sul perisperma. L'indagine è stata condotta su campioni di nocciole delle tesi irrigua ed

asciutta, raccolti in tre stadi di crescita rappresentativi delle fasi iniziale, intermedia e finale della maturazione del seme: inizio luglio, inizio agosto, ed inizio settembre, in corrispondenza della cascola a terra delle nocule mature. Dai risultati ottenuti è emerso un comportamento antitetico circa l'attività antiossidante delle due frazioni indagate. In particolare la frazione idrofila ha evidenziato una diminuzione del potere antiossidante durante la crescita della nocciola, mentre la frazione lipofila ha fatto registrare un incremento. Tale fenomeno potrebbe essere correlato alla diversa dinamica di biosintesi ed accumulo nel seme dei diversi composti ad azione antiossidante, quali principalmente fenoli per la fase idrofila (Wang *et al.*, 1996), legati presumibilmente alla progressiva disidratazione del frutto durante la maturazione, nonché tocoferoli, vitamine C e B6, steroli e carotenoidi per la fase lipofila (Leklem *et al.*, 1991; Richardson, 1997), probabilmente influenzati dai vari riarrangiamenti della componente lipidica che si verificano nel corso della formazione del seme (Lotti *et al.*, 1985).

L'irrigazione ha influenzato significativamente il potere antiossidante delle nocciole; infatti, entrambe le frazioni indagate, hanno evidenziato un'attività superiore nelle nocciole raccolte dalla tesi condotta in asciutto, rispetto alla tesi condotta in irriguo. In particolare, la tesi asciutta, in condizioni di piena maturazione, ha evidenziato un potere antiossidante pari 0,13 e 0,14 mM equivalenti di Trolox su 100 g di sostanza fresca, rispettivamente per la frazione idrofila e lipofila, mentre la tesi irrigata ha evidenziato valori inferiori e pari a 0,10 e 0,09 mM equivalenti di Trolox. Relativamente alla fase idrofila, le differenze emerse a carico della capacità antiossidante totale delle tesi a confronto, possono essere correlate al contenuto superiore di polifenoli totali riscontrato nelle nocciole mature del Nocchione asciutto rispetto a quello irrigato, secondo quanto precedentemente descritto.

Il potere antiossidante della fase idrofila del perisperma ha evidenziato valori nettamente superiori a quelli riscontrati nel seme, probabilmente per effetto dell'elevato contenuto di polifenoli che è stato rilevato a carico di tale componente del frutto.

Tali differenze, peraltro statisticamente significative (tab. 4.2.10), si prestano a riflessioni circa il ruolo che il fattore colturale irrigazione svolge a carico di alcune componenti chimiche del seme con proprietà antiossidanti, giustificando l'importanza di ulteriori approfondimenti.

Tab. 4.2.10: potere antiossidante di seme e perisperma, rispetto alla sostanza fresca, della cv Nocchione in asciutto (N asc) e in irriguo (N irr), negli stadi iniziale, intermedio e finale di crescita della nocciola.

prelievo	cultivar	mM Trolox eq. 100 g t.q. ⁻¹	mM Trolox eq. 100 g t.q. ⁻¹	mM Trolox eq. 100 g t.q. ⁻¹
		seme	perisperma	seme
		Frazione idrofila		Frazione lipofila
<i>Effetto tesi</i>				
	N asc	0,24	13,4	0,09
	N irr	0,27	9,6	0,07
dms (p=0,05)		0,01	0,7	0,008
<i>Effetto data</i>				
05/07		0,40	12,1	0,04
02/08		0,25	11,9	0,08
06/09		0,12	10,5	0,11
dms (p=0,05)		0,04	n.s.	0,02
<i>Effetto tesi x data</i>				
05/07	N asc	0,34	8,7	0,03
	N irr	0,46	12,2	0,04
02/08	N asc	0,26	15,1	0,09
	N irr	0,24	12,0	0,08
06/09	N asc	0,13	13,2	0,14
	N irr	0,10	7,8	0,09
dms (p=0,05)		0,01	1,21	0,01

4.3. TERZO LAVORO: CARATTERIZZAZIONE DI CULTIVAR DI NOCCIOLO NAZIONALI ED INTERNAZIONALI

Nel triennio 2002-04, sono stati prelevati campioni di nocciole di cultivar di interesse nazionale ed internazionale, per approfondimenti di alcune analisi, integrando i risultati con attività di analisi sensoriale, così da valutarne l'efficacia come strumento di definizione della qualità della nocciola, nonché per approfondire le conoscenze sulla composizione della piattaforma varietale potenziale che caratterizza la specie coltivata.

4.3.1 – Caratteristiche carpologiche di frutti e semi

Le principali caratteristiche biometriche di nocciole e semi delle cultivar allo studio sono riportate nelle tabelle 4.3.1a, 4.3.1b.

All'analisi della varianza, tutti i caratteri sono risultati variare significativamente per effetto della cultivar, dell'anno di produzione e dell'interazione tra questi due fattori, ad esclusione dell'indice di rotondità del seme, che non ha evidenziato differenze significative dovute all'effetto dell'anno.

Alcune cultivar, come Tonda Gentile delle Langhe, Tonda Gentile Romana, Tonda di Giffoni, Nocchione, Tonda Rossa, Montebello, Barrettona e Santa Maria del Gesù, hanno confermato l'idoneità all'utilizzazione industriale per le caratteristiche di forma e dimensioni della nocciola e del seme, evidenziando un indice di rotondità del frutto pari a 1. Anche la dimensione del seme si è attestata nelle classi valide per l'utilizzo industriale, mantenendo tale caratteristica durante tutto il triennio di indagine. Relativamente alla resa in sgusciato (tab. 4.3.2 b), calcolata come rapporto tra il peso fresco medio del seme e peso fresco medio del frutto, sono emerse le differenze più significative. Le migliori rese, calcolate come media del triennio di indagine, sono state riscontrate in Daviana, Gironell, Camponica, Karidaty con valori prossimi al 48%, e Tonda Gentile Romana (47,2 %), mentre i valori più bassi hanno riguardato le cultivar Nocchione, Napoletana II, Montebello, Santa Maria del Gesù con valori prossimi al 38%, e Lunga di Spagna (36%). La cultivar caratterizzata dalla resa in sgusciato più elevata fra tutte le accessioni è risultata Tombul (51,7%), che tuttavia presenta nocciole di piccole dimensioni, meno idonee per l'impiego nell'industria dolciaria.

Dalle tabelle si notano anche le notevoli dimensioni del frutto e del seme di Camponica, Karidaty e Daviana, cultivar destinate prevalentemente o esclusivamente al consumo da tavola.

Interessanti informazioni sono emerse dall'analisi dei caratteri carpologici espressi come media delle cultivar, rispetto all'anno di produzione. In particolare, le nocciole campionate nell'anno 2002 hanno evidenziato nel complesso pesi maggiori dovuti principalmente al guscio, e rese alla sgusciatura inferiori di circa il 2% rispetto alle nocciole raccolte nel biennio successivo. Tali risultati lasciano supporre che alcune delle caratteristiche carpologiche della nocciola, certamente genotipo dipendenti, possano risultare influenzate anche dalle variazioni ambientali.

Tab. 4.3.1 a: caratteristiche carpologiche delle 24 cultivar di nocciolo osservate; media dei valori nel triennio 2002-2004

Cultivar	Peso frutto (g)	Peso guscio (g)	Ø > frutto (mm)	Ø < frutto (mm)	h frutto (mm)	Ir frutto
TGL	2,5	1,4	17,8	15,6	16,6	1,0
TGR	2,5	1,3	18,9	17,1	17,4	1,0
TG	2,6	1,5	19,8	16,8	18,9	1,0
Nocchione	2,8	1,7	19,0	15,9	17,7	1,0
Tombul	1,7	0,8	15,0	13,4	17,2	0,8
San Giovanni	2,3	1,3	16,7	13,8	21,4	0,7
Mortarella	1,8	1,0	15,3	13,2	17,9	0,8
Gironell	1,9	1,0	15,6	13,9	18,7	0,8
Daviana	2,7	1,4	17,2	15,5	22,7	0,7
Napoletana II	3,0	1,9	19,9	17,4	19,0	1,0
Riccia di Talanico	2,5	1,5	16,2	14,4	21,0	0,7
Sivri A	2,4	1,4	17,1	14,1	20,7	0,8
Merveille de Boll.	1,6	0,9	14,9	13,3	16,9	0,9
Tonda Rossa	2,4	1,3	17,8	15,5	16,5	1,0
Tonda Bianca	2,6	1,5	19,8	16,2	19,6	0,9
Gunslebert	2,5	1,4	17,6	16,3	23,2	0,7
Camponica	2,8	1,5	19,9	17,0	18,9	1,0
Lunga di Spagna	2,4	1,6	17,4	14,2	19,4	0,8
Montebello	2,9	1,8	19,6	16,3	18,3	1,0
Grifoll	1,8	1,0	14,5	12,3	18,6	0,7
Barrettona	2,4	1,4	18,0	15,3	17,0	1,0
S.M. del Gesù	3,0	1,9	19,9	16,7	17,6	1,0
Karidaty	3,0	1,6	21,6	20,1	18,2	1,2
Comen	1,7	0,9	15,1	12,8	17,2	0,8
Anno 2002	2,7	1,6	17,3	14,8	17,5	0,9
Anno 2003	2,4	1,3	17,6	15,2	19,0	0,9
Anno 2004	2,1	1,2	18,0	15,8	19,3	0,9
Effetti: dms (p = 0,01)						
Cultivar	0,26	0,16	0,66	0,58	0,76	0,04
Anno	0,11	0,07	0,40	0,35	0,36	0,02
Cultivar * Anno	0,53	0,35	1,89	1,74	1,73	0,11

Tab. 4.3.1 b: caratteristiche tecnologiche del seme delle 24 cultivar di nocciolo osservate; media dei valori nel triennio 2002-2004

Cultivar	Peso seme (g)	∅ > seme (mm)	∅ < seme (mm)	h seme (mm)	Ir seme	Resa in sgusciato %
TGL	1,1	13,6	11,6	12,5	1,2	45,6
TGR	1,2	13,8	12,6	12,5	1,1	47,2
TG	1,2	13,8	11,5	14,0	0,9	44,4
Nocchione	1,1	12,9	10,8	12,9	0,9	38,6
Tombul	0,9	10,9	10,0	13,4	0,8	51,7
San Giovanni	1,0	11,4	8,8	16,7	0,6	44,3
Mortarella	0,8	10,1	8,5	14,1	0,7	42,4
Gironell	0,9	11,7	9,9	14,5	0,8	48,7
Daviana	1,3	11,2	10,1	19,2	0,6	48,8
Napoletana II	1,1	12,9	11,0	13,3	1,0	38,0
Riccia di Talanico	1,0	10,8	9,7	16,4	0,6	41,9
Sivri A	1,0	11,9	9,1	16,0	0,7	41,6
Merveille de Boll.	0,7	10,6	8,8	13,4	0,7	44,4
Tonda Rossa	1,1	13,1	11,1	12,4	1,0	44,7
Tonda Bianca	1,1	13,3	10,2	16,1	0,7	41,4
Gunslebert	1,2	12,6	10,8	17,7	0,7	46,2
Camponica	1,4	14,0	11,9	14,4	0,9	48,0
Lunga di Spagna	0,9	10,9	8,8	14,4	0,7	36,0
Montebello	1,1	13,1	10,5	13,4	0,9	38,5
Grifoll	0,8	10,2	8,6	14,3	0,7	43,1
Barrettona	1,0	12,4	10,4	12,4	0,9	41,1
S.M. del Gesù	1,1	13,5	11,1	12,7	1,0	37,4
Karidaty	1,5	15,5	13,9	12,4	1,2	48,9
Comen	0,8	11,1	9,4	13,2	0,8	47,0
Anno 2002	1,1	11,2	9,5	12,8	0,9	42,4
Anno 2003	1,1	12,8	10,9	15,0	0,8	44,3
Ann0 2004	1,0	12,8	10,7	14,6	0,8	44,4
Effetti: dms (p = 0,01)						
Cultivar	0,11	0,80	0,73	0,79	0,09	2,53
Anno	0,05	0,34	0,32	0,36	n.s.	1,11
Cultivar * Anno	0,07	1,60	1,50	1,75	0,19	5,28

I principali difetti osservati nelle diverse cultivar durante il triennio di indagine sono stati il vuoto, i semi doppi e il raggrinzito, come riportato in tabella 4.3.1 c. Negli anni 2002 e 2004 si è riscontrata per la cultivar Nocchione una elevata incidenza di semi doppi, che ha pesato mediamente per un 9%. Questa caratteristica negativa è stata anche riscontrata in Napoletana II per gli anni 2002 e 2003. Relativamente all'incidenza dei vuoti, San Giovanni, Napoletana II, Camponica, Gunslebert e Comen sono risultate le cultivar maggiormente interessate da questo difetto, pari al 10%, in un solo anno di prova. Tonda di Giffoni è stata l'unica cultivar caratterizzata da incidenza dei vuoti in due anni di sperimentazione, mediamente per un 4,5%. L'incidenza percentuale di raggrinzito, ha rappresentato il difetto più manifesto

durante i tre anni di indagine. In particolare, le cultivar campane San Giovanni e Mortarella hanno evidenziato la più elevata incidenza, con valori rispettivamente pari a 20% e 25%, nel solo anno 2004. Le cultivar Riccia di Talanico e Napoletana II hanno manifestato una tendenza al difetto nei tre anni di prove con un'incidenza compresa tra 4% e 10%. In tabella si nota anche una lieve presenza di questo fenomeno nella cultivar Tonda Gentile Romana per gli anni 2003 e 2004. Dai risultati ottenuti è possibile affermare che mentre l'incidenza di semi doppi è quasi esclusivamente dovuta alla matrice genetica, sull'entità del vuoto e del raggrinzito possono incidere diversi fattori sia ambientali che genetici.

Tab. 4.3.1 c: principali difetti nei semi delle 24 cultivar di nocciolo osservate nel triennio 2002-2004

Cultivar	Vuoto %			Semi doppi %			Raggrinzito %		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
TGL	-	-	-	-	-	-	4	-	-
TGR	-	-	-	-	-	-	-	5	5
TG	4	-	5	-	-	-	4	-	-
Nocchione	-	-	-	8	-	10	-	-	-
Tombul	-	-	-	-	-	-	4	-	-
San Giovanni	-	10	-	-	-	-	-	-	20
Mortarella	-	-	-	-	-	-	-	-	25
Gironell	-	-	5	-	-	-	-	-	-
Daviana	-	-	5	-	-	-	-	-	-
Napoletana II	10	-	-	10	5	-	4	10	10
Riccia di Talanico	-	5	-	-	-	-	-	10	5
Sivri A	-	-	5	-	-	-	5	-	-
Merveille de Boll.	-	5	-	-	-	-	-	5	-
Tonda Rossa	-	-	-	-	-	-	4	-	-
Tonda Bianca	-	-	-	-	-	-	-	-	10
Gunslebert	-	-	10	-	-	-	-	-	15
Camponica	-	10	-	-	-	-	-	-	10
Lunga di Spagna	-	-	-	-	-	-	4	-	-
Montebello	-	5	-	-	-	-	-	-	-
Grifoll	4	-	-	-	-	-	-	5	-
Barrettona	-	-	5	-	-	-	-	5	5
S.M. del Gesù	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Karidaty	-	-	10	-	-	-	-	-	15
Comen	-	-	-	-	-	-	8	5	-

4.3.2 – Caratteri qualitativi fisici di frutti e semi

I rilievi colorimetrici effettuati a carico dei gusci e dei semi hanno evidenziato una tonalità di colore compresa tra il giallo ed il rosso, ed in entrambi i casi variabile dal marrone scuro al nocciola pallido.

Le caratteristiche cromatiche del guscio e del seme hanno evidenziato differenze significative legate all'effetto cultivar (tab. 4.3.2 a), facendo supporre che tali caratteri fisici siano principalmente influenzati dalla componente genetica.

In particolare, le cultivar Tombul, Riccia di Talanico e Gunselebert hanno evidenziato una tonalità di colore del guscio con maggiore componente rossa, diversamente da Mortarella e Tonda Bianca, che hanno evidenziato la tinta con minore intensità di tale componente. Inoltre, la cultivar Tombul ha evidenziato i minori livelli di luminosità e saturazione del colore del guscio, mentre la saturazione di colore più elevata è stata osservata nella cultivar Merveille de Bollwiller. La cultivar Tonda Bianca ha evidenziato i livelli di luminosità del guscio più elevati.

I caratteri cromatici del seme, dovuti principalmente alla tinta di fondo del perisperma, hanno evidenziato nel complesso una componente rossa più bassa rispetto al guscio, con i valori maggiori riscontrati a carico delle cultivar Daviana e Grifoll. Le cultivar caratterizzate dal croma più pallido sono state San Giovanni, Barrettona e Comen. Analogamente alla tinta, anche la saturazione del colore è risultata minore rispetto al guscio, ed in specifico le cultivar Montebello e Napoletana II hanno evidenziato rispettivamente i livelli maggiori e minori di intensità del colore.

Tab. 4.3.2 a: caratteri fisici esterni di guscio e seme delle 24 cultivar indagate nell'anno 2004 (L = luminosità; S = saturazione; T = tinta o croma)

Cultivar	Colore					
	Guscio			Seme		
	L	S	T	L	S	T
TGL	46,1	37,4	57,1	45,8	24,1	57,8
TGR	46,1	30,7	55,3	49,6	29,9	58,0
TG	43,7	28,9	54,3	49,3	28,3	55,0
Nocchione	47,0	37,4	57,7	57,0	30,5	61,7
Tombul	37,4	22,5	44,5	42,7	27,3	52,1
San Giovanni	51,8	32,9	60,0	55,4	30,3	63,1
Mortarella	51,7	34,1	61,2	52,9	32,9	58,1
Gironell	42,0	27,6	52,6	44,5	28,9	53,3
Daviana	46,0	31,2	57,3	46,5	32,7	52,6
Napoletana II	45,1	31,2	55,5	33,1	17,2	54,2
Riccia di Talanico	40,8	29,9	48,9	57,5	30,7	60,9
Sivri A	45,0	32,2	55,5	55,4	31,2	59,1
Merveille de Boll.	46,8	38,0	58,4	49,6	29,4	59,0
Tonda Rossa	47,1	36,3	57,4	43,9	25,1	56,9
Tonda Bianca	53,0	26,4	65,4	51,6	29,4	58,3
Gunslebert	38,4	24,9	47,8	44,5	26,5	56,1
Camponica	50,2	32,2	60,0	54,7	29,5	57,5
Lunga di Spagna	50,2	33,5	60,6	54,6	28,3	62,6
Montebello	45,6	21,8	56,9	53,5	33,9	62,1
Grifoll	44,9	21,4	51,8	44,0	31,0	50,2
Barrettona	51,2	31,7	60,5	58,6	29,5	63,8
S.M. del Gesù	46,4	33,2	58,4	52,3	32,9	58,4
Karidaty	44,5	35,6	57,8	53,0	29,2	56,6
Comen	41,9	31,4	53,0	56,9	30,7	63,5
dms (p = 0,01)	4,4	6,7	5,4	7,4	6,1	6,6

Tra i caratteri qualitativi fisici della nocciola, di particolare interesse sono lo spessore del guscio, la presenza di fibre esterne al seme, e la distaccabilità del perisperma dopo tostatura. In particolare l'ultimo carattere può rappresentare uno dei principali difetti, in grado penalizzare le cultivar che evidenziano una difficile rimozione della pellicola.

Dalle indagini condotte, sono emersi dei dati interessanti su tali caratteri. In particolare lo spessore del guscio ha evidenziato delle differenze significative legate all'effetto cultivar, con Barrettona e Napoletana II caratterizzate dai gusci più spessi. Le cultivar Tombul, Gironell, Daviana, Merveille de Bollwiller e Comen hanno evidenziato i gusci più sottili. È interessante osservare come lo spessore del guscio sia correlato negativamente con la resa in sgusciato delle nocciole, facendo supporre, per le cultivar a guscio spesso, una preferenziale destinazione al consumo fresco.

La presenza di fibre esterne al seme è risultata elevata in Gunslebert, Tonda Bianca, Camponica e Montebello. Le cultivar caratterizzate dall'assenza di fibre sono state Santa Maria del Gesù, Karidaty e Comen.

Relativamente alla distaccabilità del perisperma dopo tostatura le cultivar Tonda Gentile Romana, Gunselebert, Lunga di Spagna e Grifoll hanno evidenziato una bassa propensione alla tostatura dovuta proprio alla difficoltà di distacco della pellicola dal seme, effetto già noto e penalizzante, in particolare per la cultivar Tonda Gentile Romana. Tra le cultivar che hanno evidenziato una elevata propensione alla tostatura sono emerse Tonda Gentile delle Langhe, Nocchione e Tonda di Giffoni, a testimonianza della spiccata idoneità che queste manifestano per l'utilizzazione industriale.

Tab. 4.3.2 b: caratteri qualitativi esterni di guscio (spessore) e seme (fibrosità e distaccabilità del perisperma dopo tostatura) delle 24 cultivar indagate nell'anno 2004.

(A = assente; T = tracce; M = media; E = elevata)

Cultivar	Spessore guscio (mm)	Seme			
		Presenza di fibre	Pelabilità		
			bassa	media	alta
TGL	1,2	M			■
TGR	1,1	T	■		
TG	1,1	T			■
Nocchione	1,5	M			■
Tombul	0,9	T			■
San Giovanni	1,1	T		■	
Mortarella	1,3	T			■
Gironell	0,9	T			■
Daviana	0,9	T		■	
Napoletana II	1,7	T - M		■	
Riccia di Talanico	1,3	T		■	
Sivri A	1,2	T - M		■	
Merveille de Bollwiller	0,9	T			■
Tonda Rossa	1,3	T - M		■	
Tonda Bianca	1,4	M - E			■
Gunselebert	1,0	E	■		
Camponica	1,3	M - E		■	
Lunga di Spagna	1,4	T	■		
Montebello	1,5	M - E		■	
Grifoll	1,2	T - M	■		
Barrettona	1,7	T			■
Santa Maria del Gesù	1,6	A - T		■	
Karidaty	1,3	A			■
Comen	0,9	A			■
dms (p=0,01)	0,2	---	---	---	---

4.3.3 – Contenuto di sostanza grassa dei semi

Il contenuto in sostanza grassa nel seme non è variato significativamente nei tre anni, mentre differenze statisticamente significative sono emerse tra le cultivar, verosimilmente dovute all'influenza della matrice genetica sull'espressione di tale carattere. La quantità di sostanza grassa nei semi è variata da valori minimi di 56 mg su 100 mg di sostanza secca a valori massimi di 65 mg. Le cultivar con maggiore contenuto in olio sono state Tonda Gentile Romana e Tombul, mentre Tonda Bianca e Karidaty hanno presentato i valori più bassi.

Dai valori medi del triennio è possibile trarre informazioni interessanti; infatti, la sostanza grassa è il principale componente del seme coinvolto nella conservabilità e qualità delle nocciole. Il miglior compromesso per una buona conservazione ed elevate caratteristiche qualitative prevede che la sostanza grassa contenuta nei semi vari dal 62 al 65%. Quantità superiori a queste influiscono negativamente, in quanto sono la base per un facile irrancidimento. All'interno di questo range si sono posizionate undici delle cultivar prese in esame.

Tab. 4.3.3: contenuto di sostanza grassa nel seme delle 24 cultivar oggetto di studio (medie del triennio 2002-04)

Cultivar	Sostanza grassa	
	mg 100 mg ⁻¹ t.q.	mg 100 mg ⁻¹ s.s.
Tonda Gentile delle Langhe	61,9	64,6
Tonda Gentile Romana	62,8	65,6
Tonda di Giffoni	61,0	63,7
Nocchione	59,9	62,8
Tombul	62,5	65,0
San Giovanni	58,7	61,5
Mortarella	56,5	59,1
Gironell	61,6	64,1
Daviana	56,4	58,8
Napoletana II	55,0	57,5
Riccia di Talanico	59,5	62,1
Sivri A	57,9	60,1
Merveille de Bollwiller	56,2	58,7
Tonda Rossa	56,7	58,9
Tonda Bianca	55,6	58,3
Gunslebert	57,5	60,0
Camponica	60,7	63,5
Lunga di Spagna	58,5	61,6
Montebello	61,8	64,4
Grifoll	58,8	61,2
Barrettona	60,1	62,7
Santa Maria del Gesù	60,4	63,2
Karidaty	53,8	56,3
Comen	62,5	64,8
dms (p=0,01)	3,0	2,9
Anno 2002	59,6	61,9
Anno 2003	58,2	60,8
Anno 2004	59,3	62,1
dms (p=0,01)	n.s.	n.s.

4.3.4 – Composizione acidica dell'olio

In tabella 4.3.4 a sono riportati i cinque principali acidi grassi (acido stearico, palmitico, oleico, linoleico e linolenico), che nel loro insieme rappresentano il 97-98% degli acidi grassi totali. Erano presenti anche piccoli quantitativi di acido miristico, palmitico, palmitoleico, stearico, eptadecanoico, eptadecenoico, arachico e behenico e lignocerico.

Il profilo acidico dell'olio ha presentato variazioni significative tra le cultivar. I vari acidi grassi esaminati sono stati influenzati significativamente dall'annata e, nel caso dell'acido oleico e linoleico, dall'interazione con le cultivar.

Dall'analisi qualitativa dell'olio presente nei semi è emerso che l'acido oleico (18:1) rappresenta il principale acido grasso. In quasi tutte cultivar il suo valore si aggira intorno all'80%. Tra le accessioni prese in esame, le cultivar Mortarella e Karidaty sono risultate a più basso contenuto di acido oleico, con valori che si aggirano sul 79%. In contrapposizione a questo si sono avuti i più alti valori di acido linoleico (18:2), che è risultato, per Mortarella, superiore al 13%. Nel complesso dei dati di cultivar ed annate si osserva una relazione negativa tra contenuto di acido oleico e linoleico (fig. 4.65), come riscontrato anche in precedenti lavori (Ozdemir *et al.*, 2001). Sempre per quanto riguarda l'acido linoleico, oltre alle due cultivar sopracitate, altre quattro accessioni (Riccia di Talanico, Camponica, Comen, Montebello) hanno evidenziato valori superiori al 10%, mentre in tutte le altre il valore si è mantenuto intorno al 6-9%. Sono state inoltre osservate percentuali basse di acido palmitico (16:0) e stearico (18:0). I valori del primo sono oscillati tra 5,2% di Camponica e 6,4% di Tonda Rossa, e per il secondo tra 1,7% di San Giovanni e 3,3% di Tombul. L'acido linolenico (18:3) era presente in quantità molto piccole nei campioni esaminati, con differenze significative tra le cultivar, e con contenuti lievemente superiori nel primo anno. Anche se presente in piccola percentuale, l'acido linolenico, è un importante fattore di qualità, perché influisce negativamente sulla conservazione delle nocciole, essendo poco stabile nel tempo (Bonvehi *et al.*, 1993).

Per Tombul, Nocchione Tonda Gentile delle Langhe e Tonda Rossa è stato determinato un basso rapporto insaturi/saturi (tab.4.3.4 b). Mortarella ha evidenziato il più elevato contenuto in acidi grassi polinsaturi (PUFA).

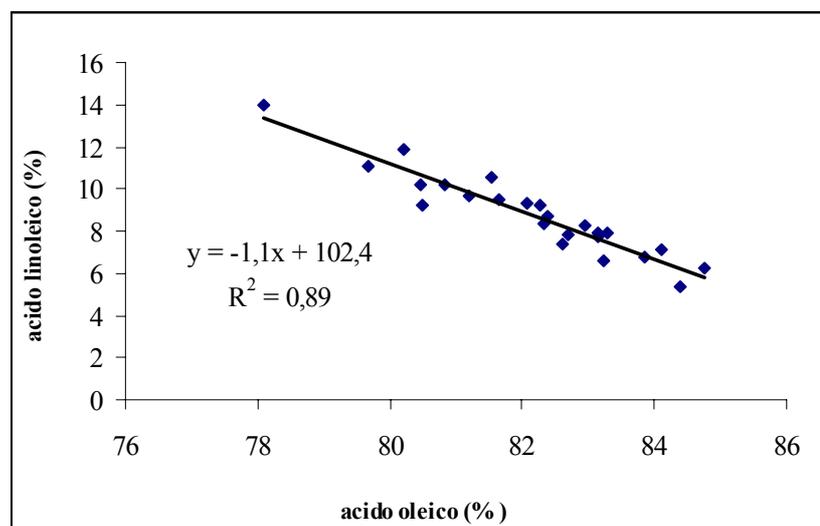
Tab. 4.3.4 a: distribuzione percentuale dei principali acidi grassi nell'olio estratto dai semi delle 24 cultivar di nocciolo osservate; media dei valori nel triennio 2002-2004.

Cultivar	Acidi grassi (%)				
	C 16:0	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 18:3
TGL	6,14	2,87	84,40	5,35	0,03
TGR	6,29	2,13	83,16	7,76	0,07
TG	5,91	2,75	83,85	6,79	0,04
Nocchione	6,32	2,98	83,24	6,63	0,06
Tombul	6,07	3,27	80,49	9,21	0,06
San Giovanni	6,32	1,74	81,64	9,53	0,07
Mortarella	5,54	2,50	78,10	13,99	0,06
Gironell	5,47	2,47	82,27	9,19	0,07
Daviana	6,14	2,61	82,70	7,86	0,06
Napoletana II	5,24	3,18	83,28	7,88	0,06
Riccia di Talanico	5,61	1,95	80,20	11,83	0,07
Sivri A	5,47	2,69	82,39	8,71	0,06
Merveille de Boll.	6,08	2,27	81,19	9,65	0,04
Tonda Rossa	6,41	3,04	82,62	7,36	0,06
Tonda Bianca	5,65	2,97	82,34	8,37	0,06
Gunslebert	5,52	2,59	82,06	9,34	0,08
Camponica	5,21	2,08	81,53	10,56	0,08
Lunga di Spagna	6,01	2,41	84,12	7,10	0,05
Montebello	6,01	2,45	80,46	10,17	0,06
Grifoll	5,46	2,53	84,76	6,20	0,06
Barrettona	5,63	2,54	83,15	7,88	0,05
S.M. del Gesù	5,29	2,56	82,94	8,28	0,08
Karidaty	5,77	3,07	79,66	11,05	0,09
Comen	5,23	3,08	80,83	10,23	0,09
Anno 2002	5,40	2,98	82,79	7,78	0,07
Anno 2003	6,18	2,55	81,87	8,95	0,05
Anno 2004	5,76	2,31	81,75	9,63	0,06
Effetti: dms (p = 0,01)					
Cultivar	0,58	0,58	2,07	0,43	0,02
Anno	0,21	0,21	0,90	1,06	0,008
Cultivar * Anno	n.s.	n.s.	4,04	4,94	n.s.

Tab. 4.3.4 b: distribuzione di acidi saturi ed insaturi all'interno dei semi delle 24 cultivar di nocciolo osservate; media dei valori nel triennio 2002-2004 (* acidi polinsaturi)

Cultivar	PUFA*	Totale saturi	Totale insaturi	Insaturi * saturi ¹
TGL	5,39	9,25	90,20	9,75
TGR	7,83	8,59	91,39	10,75
TG	6,84	8,97	91,06	10,20
Nocchione	6,69	9,58	90,36	9,43
Tombul	9,26	9,58	90,16	9,42
San Giovanni	9,60	8,23	91,75	11,23
Mortarella	14,05	8,35	92,54	11,22
Gironell	9,27	8,12	91,91	11,35
Daviana	7,93	8,99	91,04	10,15
Napoletana II	7,94	8,67	91,62	10,63
Riccia di Talanico	11,90	7,75	92,52	11,95
Sivri A	8,77	8,43	91,53	10,89
Merveille de Boll.	9,70	8,52	91,35	10,78
Tonda Rossa	7,42	9,66	90,44	9,38
Tonda Bianca	8,43	8,91	91,16	10,33
Gunslebert	9,42	8,29	91,87	11,09
Camponica	10,64	7,50	92,53	12,36
Lunga di Spagna	7,15	8,64	91,63	10,63
Montebello	10,23	8,85	91,12	10,61
Grifoll	6,26	8,22	91,39	11,12
Barrettona	7,93	8,34	91,44	10,98
S.M. del Gesù	8,36	8,06	91,63	11,37
Karidaty	11,13	9,12	91,17	10,05
Comen	10,32	8,77	91,56	10,59
Anno 2002	7,85	8,85	91,11	10,37
Anno 2003	9,00	8,87	91,26	10,39
Anno 2004	9,69	8,20	91,80	11,27
Effetti (dms = 0,05)				
Cultivar	0,39	0,74	1,01	1,02
Anno	1,06	0,30	0,40	0,41
Cultivar * Anno	4,95	n.s.	n.s.	n.s.

(Figura 4.65) – Relazione fra acido oleico e linoleico nelle cultivar studiate.



4.3.5 – Contenuto di zuccheri solubili, polialcoli e acidi organici nei semi.

Il contenuto ed il profilo degli zuccheri solubili e degli acidi organici sono ritenuti importanti nel determinismo delle proprietà sensoriali e nutrizionali della frutta. Tuttavia le informazioni sono carenti anche per le specie di più vasta diffusione (Suni *et al.*, 2000).

Nel nocciolo zuccheri solubili ed acidi organici sono componenti minori del seme (Botta *et al.*, 1997; Bignami *et al.*, 2005), ma anche a basse concentrazioni sono considerati in grado di influire sulla qualità organolettica e nutrizionale del prodotto fresco e tostato (Mehlenbacher, 1991).

Le analisi effettuate nell'ambito del lavoro hanno evidenziato differenze significative tra le cultivar per quanto riguarda il contenuto di zuccheri solubili totali, che è variato da valori di 3,9 mg per 100 mg di s.s. nella cv Tonda Rossa ad un massimo di 5,9 mg per 100 mg di s.s. nella cv Tonda Gentile Romana. Anche Lunga di Spagna e Karidaty si sono distinte per il livello elevato di zuccheri. Tra le cultivar italiane Tonda Gentile Romana ha presentato un contenuto significativamente superiore rispetto a Tonda Gentile delle Langhe, mentre i valori di Tonda di Giffoni e Nocchione sono risultati intermedi tra le due cultivar citate.

Anche l'annata ha influito significativamente, determinando valori leggermente più elevati nel 2002 (tab. 4.3.5 a).

Gli zuccheri estratti dalle nocciole delle cultivar esaminate sono risultati costituiti in prevalenza da saccarosio, stachiosio, raffiniosio, glucosio e fruttosio; sono stati rilevati anche quantitativi minimi di xilosio. I polialcoli erano rappresentati da sorbitolo e inositolo. In particolare, il saccarosio è risultato lo zucchero prevalente, con un contributo agli zuccheri solubili totali in misura variabile dall'84% di Napoletana II e Tonda Bianca, al 70% di Tombul e Gunslebert. Quest'ultima cultivar ha evidenziato inoltre i contenuti più elevati di glucosio e fruttosio, con valori rispettivamente di 0,49 mg per 100 mg di s.s. (pari al 10,8% degli zuccheri solubili), e 0,32 mg per 100 mg di s.s. (pari al 7,1% degli zuccheri solubili). Lo stachiosio è risultato il secondo zucchero solubile in ordine di importanza dopo il saccarosio, con contenuti variabili da 0,25 mg a 0,62 mg per 100 mg di s.s. rispettivamente in Napoletana II e Nocchione. Tra le cultivar italiane, Tonda Gentile Romana ha evidenziato contenuti più elevati di fruttosio e glucosio rispetto a Tonda di Giffoni, Tonda Gentile delle Langhe e Nocchione (tab. 3.4.5 a). E' infine opportuno ricordare

che dal punto di vista nutrizionale, il potenziale glicemico degli zuccheri solubili è crescente passando da fruttosio a saccarosio, a glucosio.

Tab. 4.3.5 a: contenuto di zuccheri totali e dei principali zuccheri solubili, rispetto alla sostanza secca, nei semi delle 24 cultivar di nocciolo osservate; media dei valori nel triennio 2002-2004 (mg 100mg⁻¹ s.s.)

Cultivar	Zuccheri totali	Saccarosio	Glucosio	Fruttosio	Stachiosio	Raffinosio
TGL	4,02	3,17	0,10	0,10	0,43	0,16
TGR	5,95	4,49	0,34	0,25	0,55	0,22
TG	4,68	3,76	0,10	0,08	0,52	0,16
Nocchione	4,81	3,60	0,21	0,13	0,62	0,18
Tombul	4,54	3,21	0,33	0,25	0,51	0,17
San Giovanni	4,87	3,83	0,11	0,10	0,52	0,21
Mortarella	4,70	3,71	0,11	0,10	0,47	0,24
Gironell	4,60	3,37	0,23	0,21	0,49	0,22
Daviana	4,80	3,86	0,13	0,12	0,44	0,18
Napoletana II	5,39	4,55	0,23	0,15	0,25	0,15
Riccia di Talanico	5,19	4,15	0,16	0,12	0,42	0,26
Sivri A	4,64	3,75	0,10	0,08	0,48	0,18
Merveille de Boll.	4,38	3,54	0,12	0,10	0,41	0,18
Tonda Rossa	3,98	3,06	0,16	0,12	0,40	0,18
Tonda Bianca	5,38	4,55	0,18	0,13	0,32	0,19
Gunslebert	4,56	3,20	0,49	0,32	0,37	0,16
Camponica	5,30	4,14	0,16	0,13	0,55	0,20
Lunga di Spagna	5,83	4,77	0,13	0,11	0,54	0,20
Montebello	5,02	3,91	0,21	0,16	0,45	0,21
Grifoll	4,61	3,78	0,13	0,10	0,40	0,20
Barrettona	5,04	3,99	0,18	0,15	0,46	0,18
S.M. del Gesù	4,68	3,75	0,14	0,12	0,40	0,21
Karidaty	5,53	4,44	0,15	0,12	0,52	0,24
Comen	5,03	4,01	0,14	0,09	0,50	0,24
Anno 2002	5,25	4,03	0,22	0,15	0,62	0,21
Anno 2003	4,65	3,67	0,13	0,10	0,50	0,20
Anno 2004	4,68	3,69	0,18	0,17	0,34	0,19
Effetti: dms (p = 0,01)						
Cultivar	1,21	1,01	0,16	0,12	n.s.	n.s.
Anno	0,45	n.s.	0,06	0,04	0,07	n.s.
Cultivar * Anno	1,73	1,54	n.s.	0,21	n.s.	0,11

Il contenuto di acidi organici totali (tab. 3.4.5 b) è risultato compreso tra 0,36 mg per 100 mg di sostanza secca di Tombul e 0,94 mg di Gunslebert. Questi valori non si discostano sensibilmente da quelli ottenuti in altre aree (Botta *et al.*, 1997). Contenuti elevati sono stati riscontrati, oltre che per Gunslebert, anche per Lunga di Spagna, Karidaty, Camponica e San Giovanni. Nella nocciola è stata rilevata la presenza di acido citrico, malico, succinico, tartarico, chinico. Tra questi il peso maggiore è dato

dall'acido malico, che contribuisce per il 68-82% al totale degli acidi organici. L'acido citrico è risultato presente in percentuali comprese tra il 6 ed il 20%. Anche per il profilo degli acidi organici sono emerse differenze varietali; infatti, tra le cultivar italiane Tonda Gentile Romana, San Giovanni e Mortarella hanno rivelato contenuti più elevati di acido citrico e succinico rispetto a Tonda di Giffoni, Tonda Gentile delle Langhe e Nocchione.

L'annata ha influito significativamente sul contenuto di acidi organici totali nel seme, espresso come media delle cultivar, determinando valori più elevati nel 2004 e pari a 0,58 mg, rispetto ai 0,48 mg per 100 mg di s.s. rilevati negli anni 2002 e 2003 (tab. 4.3.5 b).

Tab. 4.3.5 b: contenuto medio di acidi totali e dei principali acidi organici nei semi delle 24 cultivar di nocciolo osservate; media dei valori nel triennio 2002-2004 (mg 100mg⁻¹ s.s.).

Cultivar	Acidi totali	Ac. malico	Ac. citrico	Ac. succinico	Ac. chinico
TGL	0,37	0,26	0,06	0,010	0,032
TGR	0,59	0,48	0,09	0,010	0,006
TG	0,45	0,36	0,07	0,007	0,005
Nocchione	0,41	0,32	0,08	0,009	0,006
Tombul	0,36	0,27	0,07	0,007	0,006
San Giovanni	0,66	0,48	0,16	0,010	0,007
Mortarella	0,45	0,34	0,09	0,011	0,006
Gironell	0,47	0,37	0,08	0,010	0,005
Daviana	0,42	0,32	0,07	0,011	0,014
Napoletana II	0,62	0,45	0,14	0,012	0,011
Riccia di Talanico	0,50	0,41	0,07	0,008	0,006
Sivri A	0,47	0,39	0,06	0,009	0,006
Merveille de Boll.	0,44	0,33	0,08	0,016	0,006
Tonda Rossa	0,37	0,28	0,06	0,010	0,004
Tonda Bianca	0,63	0,43	0,17	0,013	0,007
Gunslebert	0,94	0,72	0,19	0,016	0,006
Camponica	0,71	0,54	0,14	0,013	0,008
Lunga di Spagna	0,69	0,56	0,11	0,008	0,007
Montebello	0,40	0,30	0,08	0,014	0,007
Grifoll	0,37	0,30	0,05	0,010	0,007
Barrettona	0,48	0,35	0,11	0,013	0,006
S.M. del Gesù	0,41	0,30	0,08	0,010	0,006
Karidaty	0,67	0,54	0,10	0,012	0,007
Comen	0,60	0,44	0,14	0,010	0,008
Anno 2002	0,48	0,39	0,07	0,007	0,006
Anno 2003	0,49	0,36	0,10	0,011	0,010
Anno 2004	0,58	0,42	0,13	0,011	0,005
Effetti: dms (p = 0,01)					
Cultivar	0,21	0,17	0,08	0,005	0,01
Anno	0,09	0,07	0,03	0,001	n.s.
Cultivar * Anno	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,01

4.3.6 – Contenuto di amido nel seme

In tabella 4.3.6 sono riportati i valori del contenuto di amido nel seme rispetto alla sostanza fresca e secca delle 24 cultivar oggetto di indagine, relativamente al biennio 2003-04.

Le analisi, effettuate a carico del pellet residuo derivante dall'estrazione degli zuccheri solubili, hanno evidenziato differenze significative tra le cultivar per quanto riguarda il contenuto di amido, che è variato da valori medi di 0,82 mg per 100 mg di s.s. nella cv Merveille de Bollwiller ad un massimo di 2 mg per 100 mg di s.s. nella cv San Giovanni. Tra le cultivar indagate anche Daviana e Tonda di Giffoni si sono distinte per il livello piuttosto elevato di amido. Per quanto riguarda le cultivar italiane, Tonda Gentile delle Langhe ha evidenziato il contenuto più basso in amido, con valori prossimi a 1,2 mg per 100 mg di s.s.; in linea generale i risultati ottenuti sembrano in accordo con quanto riportato in letteratura (Savage *et al.*, 1998).

Dalle elaborazioni eseguite è emerso che, oltre all'effetto della cultivar, anche l'annata e l'interazione di questi due fattori hanno influito significativamente, determinando valori leggermente più elevati nell'anno 2003 (tab. 4.3.6).

Tab. 4.3.6: contenuto di amido nel seme delle 24 cultivar oggetto di studio (medie del biennio 2003-04).

Cultivar	Amido	
	mg 100 mg ⁻¹ t.q.	mg 100 mg ⁻¹ s.s.
Tonda Gentile delle Langhe	1,19	1,26
Tonda Gentile Romana	1,35	1,42
Tonda di Giffoni	1,54	1,62
Nocchione	1,29	1,35
Tombul	1,16	1,24
San Giovanni	1,92	2,01
Mortarella	1,24	1,31
Gironell	1,36	1,45
Daviana	1,79	1,90
Napoletana II	1,23	1,28
Riccia di Talanico	1,42	1,51
Sivri A	1,19	1,24
Merveille de Bollwiller	0,79	0,82
Tonda Rossa	0,87	0,90
Tonda Bianca	1,28	1,35
Gunslebert	0,84	0,88
Camponica	1,47	1,57
Lunga di Spagna	1,36	1,45
Montebello	1,24	1,29
Grifoll	1,07	1,11
Barrettona	0,94	1,00
Santa Maria del Gesù	1,47	1,55
Karidaty	1,25	1,32
Comen	1,21	1,26
Anno 2003	1,45	1,54
Anno 2004	1,09	1,14
Effetti: dms (p = 0,05)		
Cultivar	0,55	0,59
Anno	0,16	0,17
Cultivar * anno	0,77	0,83

4.3.7 – Contenuto di polifenoli totali nel seme

La concentrazione dei polifenoli nel seme, espressa come mg su kg equivalenti di acido gallico, è risultata significativamente diversa tra le cultivar e gli anni, mentre non sono emerse differenze significative dovute all'interazione tra questi due fattori (tab. 4.3.7). I valori, riferiti alla sostanza secca, sono risultati compresi tra 157 e 640 ppm, ed in linea con quanto riportato in letteratura (Tombesi *et al.*, 2001). Le concentrazioni più elevate sono state riscontrate in San Giovanni, Napoletana II e Merveille de Bollwiller con valori rispettivamente di 640 ppm per la prima e 512 ppm per le altre due accessioni. Il contenuto più basso è stato rilevato in Gunselebert, con 157 ppm, e in Santa Maria del Gesù e Karidaty con valori di 230 ppm. Il contenuto di polifenoli totali nel seme, calcolato come media delle cultivar, ha inoltre evidenziato delle differenze significative legate all'effetto dell'anno. In particolare, nel 2003 è stato rilevato un contenuto medio in polifenoli superiore a 400 ppm, mentre nel 2004 si è attestato intorno a valori di 280 ppm.

Sulla base dei risultati ottenuti è ipotizzabile che l'accumulo nel seme di sostanze originate da processi metabolici secondari nella pianta, anche per il nocciolo sia influenzato, oltre che dal genotipo, anche dalla variabilità delle caratteristiche ambientali e della tecnica colturale, secondo quanto già accertato per altre specie legnose di interesse agrario (Fregoni, 1998; Inglese *et al.*, 1999; Patumi *et al.*, 2002).

Tab. 4.3.7: contenuto di polifenoli totali nel seme delle 24 cultivar oggetto di studio (medie del biennio 2003-04; media delle cultivar)

Cultivar	Polifenoli totati	
	ppm t.q. ⁻¹	ppm s.s. ⁻¹
Tonda Gentile delle Langhe	364,7	382,8
Tonda Gentile Romana	250,4	263,9
Tonda di Giffoni	228,3	239,0
Nocchione	307,0	322,6
Tombul	221,9	236,3
San Giovanni	609,6	639,6
Mortarella	309,7	329,4
Gironell	326,4	345,4
Daviana	400,5	425,0
Napoletana II	488,0	511,9
Riccia di Talanico	305,8	323,8
Sivri A	349,8	363,2
Merveille de Bollwiller	491,1	512,8
Tonda Rossa	427,7	445,9
Tonda Bianca	428,3	447,1
Gunslebert	150,4	157,3
Camponica	436,3	466,2
Lunga di Spagna	268,1	289,2
Montebello	225,7	236,0
Grifoll	260,4	272,4
Barrettona	305,8	327,3
Santa Maria del Gesù	216,1	229,3
Karidaty	216,4	228,5
Comen	332,6	346,8
dms (p=0,01)	189,2	199,8
Anno 2003	390,4	412,7
Anno 2004	269,7	282,5
dms (p=0,01)	67,4	70,3

4.3.8 – Potere antiossidante del seme.

In tabella 4.3.8 è riportato il potere antiossidante totale espresso in TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) della fase idrofila e lipofila, determinato sul seme fresco. L'indagine è stata condotta su campioni di nocciole raccolti nel settembre 2004 in condizioni di cascola a terra delle nucule. Dai risultati ottenuti è interessante osservare come il potere antiossidante delle due frazioni analizzate presenti un ampio range di concentrazioni, passando per la fase idrofila da 0,02 mmol di TE su 100 g nella cultivar Gunselebert, a 0,29 mmol in Tonda Gentile delle Langhe. La capacità antiossidante della componente lipofila del seme si è attestata tra valori di 0,2 mmol di TE in Gironell e valori di 0,08 mmol di TE in Grifoll. In linea generale, la fase idrofila ha evidenziato una variabilità più ampia del potere antiossidante, con differenze significative dovute all'effetto cultivar, rispetto alla fase lipofila, per la quale le differenze osservate non sono risultate significative. Ciò nonostante, la capacità antiossidante delle due fasi analizzate ha evidenziato valori piuttosto simili.

Un dato interessante è emerso dall'analisi del potere antiossidante totale del seme di nocciola, determinato come somma delle due fasi precedentemente descritte, per il quale alcune cultivar risultano differenziarsi nettamente. La cultivar caratterizzata dal potere antiossidante totale più elevato è risultata Tonda Gentile delle Langhe, con valori pari a 0,45 mmol di TE, mentre Tonda di Giffoni ha evidenziato la capacità antiossidante minore, con valori pari a 0,15 mmol TE su 100 g di peso fresco. L'ampia variabilità della capacità antiossidante è stata riscontrata anche per altra frutta, ed è attribuita non solo alla matrice genetica, ma anche a fattori ambientali, colturali e alla conservazione (Mezzetti *et al.*, 2003). Poiché i campioni provenivano da piante poste nelle stesse condizioni ambientali e colturali, si può supporre che la variabilità osservata sia principalmente legata alla cultivar, anche se l'effetto dell'annata sulla stabilità di questo carattere richiede ulteriori indagini.

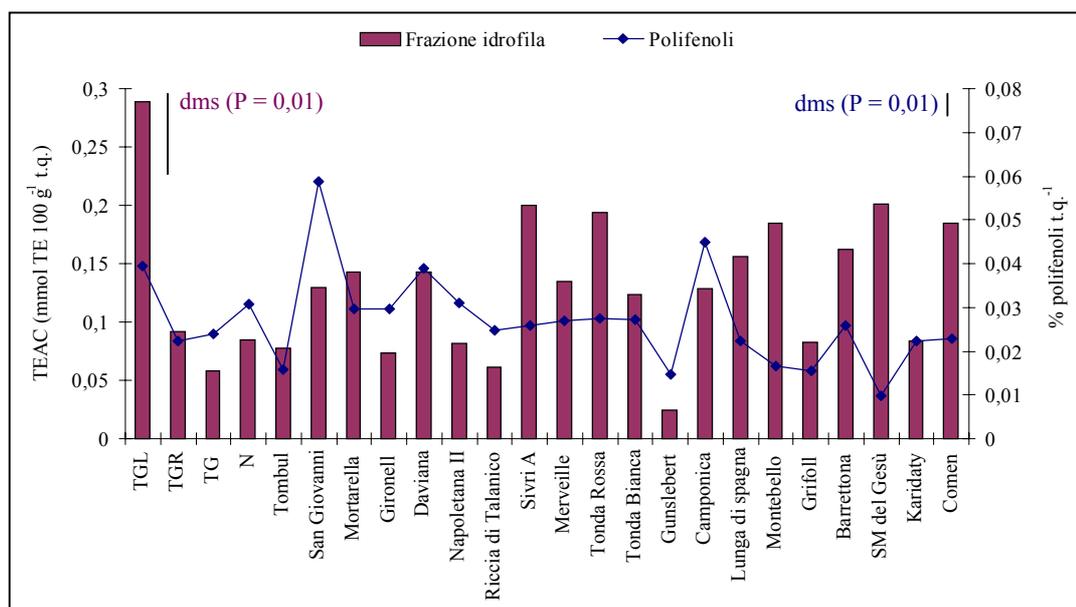
Nel complesso, dai risultati ottenuti è possibile affermare che la nocciola è dotata di una buona capacità antiossidante totale, mediamente superiore a 3 μ mol di TE per g di sostanza fresca, e superiore a quella della frutta fresca di uso comune (Battino *et al.*, 2003; Scalzo *et al.*, 2004).

Tabella 4.3.8: Potere antiossidante di seme e perisperma, rispetto alla sostanza fresca, delle tre cultivar analizzate, in tre date di rilievo rappresentative.

Cultivar	TEAC (mmol Trolox eq 100g t.q. ⁻¹)		
	Fase idrofila	Fase lipofila	TEAC totale
Tonda Gentile delle Langhe	0,29	0,16	0,45
Tonda Gentile Romana	0,09	0,11	0,20
Tonda di Giffoni	0,06	0,09	0,15
Nocchione	0,08	0,12	0,20
Tombul	0,07	0,12	0,19
San Giovanni	0,13	0,10	0,23
Mortarella	0,14	0,17	0,31
Gironell	0,07	0,20	0,27
Daviana	0,14	0,13	0,27
Napoletana II	0,08	0,17	0,25
Riccia di Talanico	0,06	0,13	0,19
Sivri A	0,19	0,13	0,32
Merveille de Bollwiller	0,13	0,11	0,24
Tonda Rossa	0,19	0,11	0,30
Tonda Bianca	0,12	0,16	0,28
Gunslebert	0,02	0,15	0,17
Camponica	0,13	0,09	0,22
Lunga di Spagna	0,15	0,15	0,30
Montebello	0,18	0,14	0,32
Grifoll	0,08	0,08	0,16
Barrettona	0,16	0,13	0,29
Santa Maria del Gesù	0,20	0,15	0,35
Karidaty	0,08	0,13	0,21
Comen	0,18	0,18	0,36
dms (p=0,01)	0,07	n.s.	0,13

La capacità antiossidante della fase idrofila della nocciola è stata posta in relazione con il contenuto di polifenoli totali rilevato nei semi campionati nell'anno 2004 (fig. 4.66). Anche se all'analisi della regressione lineare il contenuto di polifenoli non è risultato significativamente coinvolto nella determinazione della CA idrofila, verosimilmente a causa della variabilità della composizione fenolica, costituita da classi di fenoli ad accertata attività antiossidante e non, per alcune cultivar, come Camponica e Daviana, è stato rilevato un potere antiossidante elevato probabilmente dipendente da un elevato contenuto di polifenoli totali. Esiste comunque una differenza della CA idrofila all'interno della specie, considerando le componenti TEAC e polifenoli totali.

Figura 4.66: Potenziale antiossidante (TEAC) della fase idrofila e contenuto di polifenoli totali delle 24 cultivar oggetto di indagine (anno 2004).

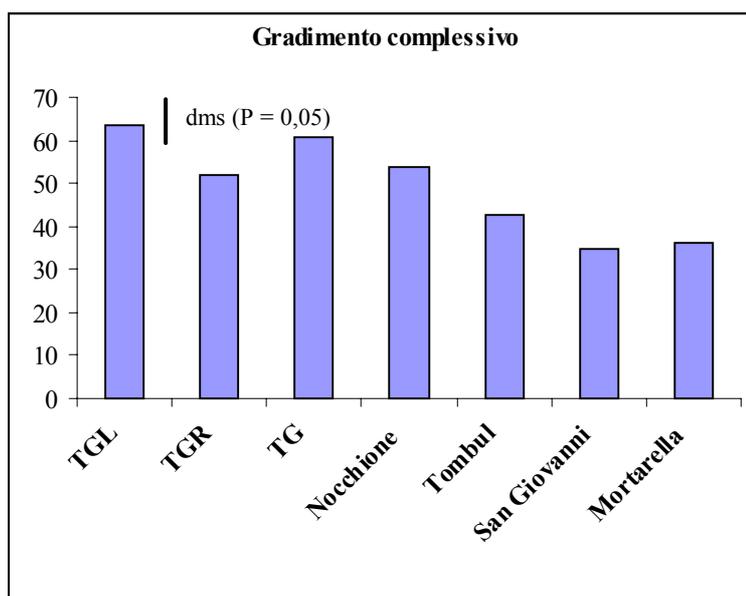


4.3.9 – Analisi sensoriale

Alcune delle cultivar oggetto di indagine sono state sottoposte ad analisi sensoriale. In particolare, le principali cultivar italiane, Tonda Gentile Romana (TGR) e Nocchione, di origine laziale, Tonda Gentile delle Langhe (TGL), di origine piemontese, e Tonda di Giffoni (TG), San Giovanni e Mortarella, di origine campana, sono state poste a confronto, previa tostatura a 130°C per 20 minuti, con la più rappresentativa delle cultivar di provenienza turca, Tombul.

Il gradimento globale espresso dagli assaggiatori per le caratteristiche visive, strutturali, gustative, olfattive e retroolfattive delle cultivar loro sottoposte è riportato in figura 4.67. I punteggi più elevati sono stati attribuiti a Tonda di Giffoni e Tonda Gentile delle Langhe, confermando le valide caratteristiche organolettiche di queste cultivar. Un apprezzamento medio-elevato è stato espresso per Tonda Gentile Romana, e Nocchione. San Giovanni e Mortarella hanno ricevuto il più basso punteggio da parte del panel.

(Figura 4.67) – Gradimento complessivo espresso nel panel test (anno 2003)



I giudizi espressi sui singoli attributi sensoriali hanno rivelato la capacità degli assaggiatori di individuare differenze varietali per diversi caratteri visivi (sfericità, regolarità, pelabilità, aspetto complessivo), per alcune sensazioni olfattive (rancido, legnoso) e gustative (dolcezza, oleosità, amaro, astringenza) (tab. 4.3.9 a; tab. 4.3.9 b; tab. 4.3.9.c). Non sono emerse invece differenze significative per quanto riguarda le caratteristiche strutturali (durezza e croccantezza), nè sono state percepite differenze di colore del seme. Relativamente alle caratteristiche olfattive, nel loro insieme i risultati relativi a gradevolezza e intensità dell'odore attribuiscono a Tonda Gentile delle Langhe e Tonda di Giffoni una superiorità rispetto alle altre cultivar, che conferma il generale apprezzamento per le loro particolari caratteristiche aromatiche.

(Tabella 4.3.9 a) – Giudizi su caratteristiche visive e strutturali dei semi delle cultivar sottoposte ad assaggio.

Cultivar	Sensazioni visive					Caratteristiche strutturali	
	colore	sfericità	regolarità	aspetto	pelabilità	durezza	croccantezza
TGL	52,6	69,0	57,7	61,4	62,6	42,7	53,6
TGR	47,6	64,6	69,8	69,9	16,8	51,8	49,8
TG	61,1	58,2	61,3	63,8	69,7	53,7	51,0
Nocchione	62,2	66,2	66,4	64,5	57,0	49,5	56,9
Tombul	46,7	50,4	44,0	43,5	56,4	42,7	51,0
San Giovanni	54,8	22,7	33,3	39,8	30,1	47,9	50,0
Mortarella	46,8	19,9	26,4	30,9	40,0	48,0	48,4
dms (p=0,05)	n.s.	9,7	10,9	12,1	10,4	n.s.	n.s.

(Tabella 4.3.9 b) – Giudizi su caratteristiche olfattive e retroolfattive dei semi delle cultivar sottoposte all'assaggio.

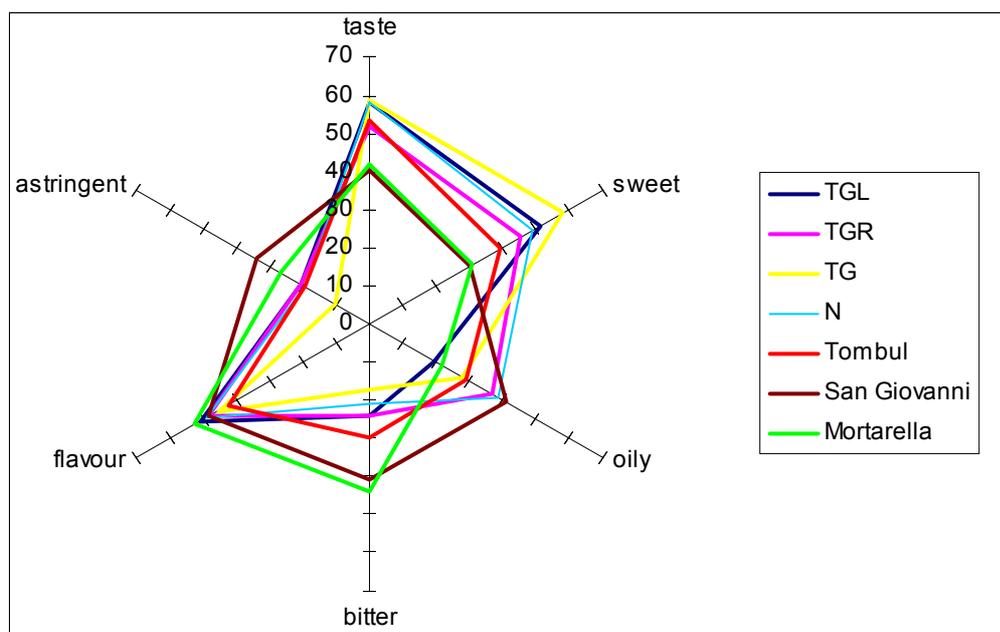
Cultivar	Sensazioni olfattive			Sensazioni retroolfattive		
	Gradevolezza	Intensità odore	Rancido	Rancido	Vegetale	Legnoso
TGL	55,0	42,7	8,7	12,8	17,6	17,7
TGR	43,8	37,6	11,4	21,2	27,7	34,2
TG	54,5	41,9	13,6	12,0	16,4	16,5
Nocchione	47,7	42,8	10,5	8,9	25,2	24,7
Tombul	49,8	36,6	16,3	17,4	21,2	27,2
San Giovanni	47,3	45,0	28,0	27,3	33,7	42,0
Mortarella	41,0	43,0	12,0	24,8	28,9	24,6
dms (p=0,05)	n.s.	n.s.	8,1	10,4	10,1	11,7

(Tabella 4.3.9 c) – Giudizi su caratteristiche gustative dei semi delle cultivar sottoposte all'assaggio.

Cultivar	Sensazioni gustative					
	Sapore	Dolce	Oleoso	Amaro	Intensità	Astringente
TGL	58,1	51,0	19,2	24,0	50,7	20,4
TGR	51,6	45,5	36,8	24,3	48,1	20,6
TG	58,3	57,9	27,6	17,3	45,3	10,5
Nocchione	58,2	48,9	38,8	20,8	48,6	19,6
Tombul	53,3	39,2	28,7	29,9	42,4	19,5
San Giovanni	40,3	30,1	40,6	40,6	47,9	34,0
Mortarella	41,9	31,0	21,3	43,8	52,3	26,4
dms (p=0,05)	10,8	11,2	11,1	11,6	n.s.	11,2

Tra i giudizi relativi alle caratteristiche gustative, di primaria importanza è risultato il sapore, che, consentendo all'assaggiatore di confrontarsi con un termine ben noto e che rappresenta la sintesi di plurime sensazioni, ha consentito di discriminare bene le cultivar (fig. 4.68).

(Figura 4.68) – Relazioni tra punteggi attribuiti alle sensazioni gustative, espressi nel panel test (anno 2003).



In base all'analisi della regressione multipla tra sensazioni gustative e gradimento complessivo (tab. 4.3.9 d), il sapore, la dolcezza, l'intensità e l'oleosità si sono rivelati caratteri significativamente coinvolti nella determinazione del giudizio di apprezzamento globale da parte degli assaggiatori.

Tali attributi hanno inoltre evidenziato delle interessanti correlazioni tra loro (tab. 4.3.9 e). In particolare, il sapore, la dolcezza e l'oleosità sono risultati positivamente correlati, mentre per i primi due attributi è emersa una correlazione negativa con il carattere amaro. Inoltre, una correlazione positiva è emersa tra gli attributi astringenza, amaro, intensità del sapore.

(Tabella 4.3.9 d) – Coefficiente di regressione multipla (\pm errore standard) e di correlazione tra gradimento complessivo e attributi legati alle sensazioni gustative.

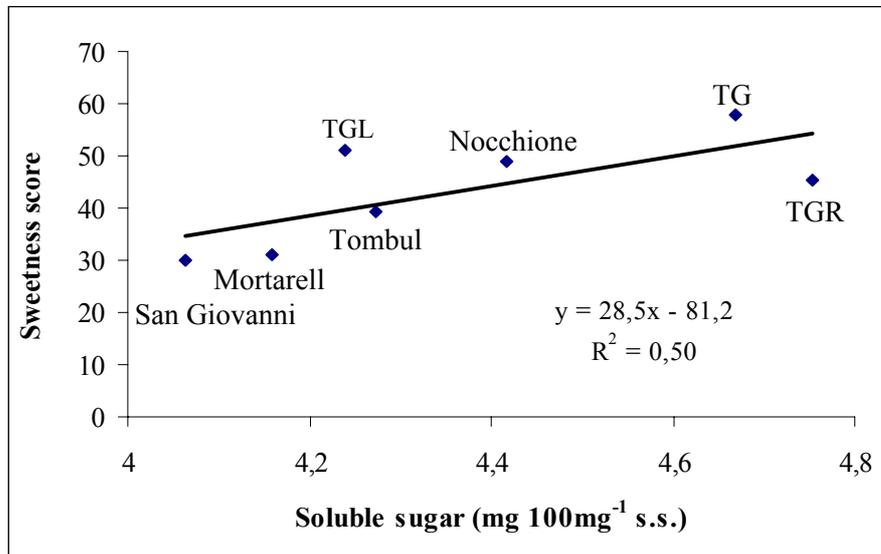
Attributi	Coefficiente di regressione multipla	Significatività	Coefficiente di correlazione
<i>Sapore</i>	0,467 \pm 0,083	***	0,42**
<i>Dolce</i>	0,237 \pm 0,078	**	0,23*
<i>Intensità</i>	0,196 \pm 0,069	**	0,20*
<i>Oleoso</i>	-0,152 \pm 0,076	*	-0,14*
<i>Amaro</i>	-0,026 \pm 0,083	n.s.	-0,02
<i>Astringente</i>	-0,083 \pm 0,088	n.s.	-0,07

(Tabella 4.3.9 e) – Coefficienti di correlazione tra variabili sensoriali gustative per le cultivar sottoposte a panel.

Attributi	<i>Sapore</i>	<i>Dolce</i>	<i>Oleoso</i>	<i>Amaro</i>	<i>Astringente</i>	<i>Intensità</i>
<i>Sapore</i>	1,00					
<i>Dolce</i>	0,33**	1,00				
<i>Oleoso</i>	0,23*	0,11*	1,00			
<i>Amaro</i>	-0,16*	-0,25*	0,0001	1,00		
<i>Astringente</i>	-0,05	-0,05	0,12*	0,48**	1,00	
<i>Intensità</i>	0,04	0,07	0,07	0,23*	0,21*	1,00

La capacità degli assaggiatori di percepire differenze di dolcezza della nocciola è dimostrata dalla buona relazione tra misure analitiche del contenuto di zuccheri solubili e punteggi attribuiti alla dolcezza per le cultivar sottoposte al panel test (fig.4.69). Per Mortarella, San Giovanni e Tonda Gentile Romana, che si discostano dalla linea di tendenza interpolante i valori delle cultivar, il giudizio è stato probabilmente influenzato da altre caratteristiche gustative negative, tra cui in particolare l'amaro (tab.4.9.1 c), che hanno mascherato il gusto dolce, fuorviando l'assaggiatore.

Figura 4.69) – Relazione tra misure analitiche e punteggi medi attribuiti dagli assaggiatori alla dolcezza della nocciola (anno 2003).



5. CONCLUSIONI

La composizione del seme durante la crescita del frutto è caratterizzata da alcuni processi: accumulo dell'olio, variazione del contenuto di zuccheri, diminuzione dell'umidità. Si modificano anche il profilo degli acidi grassi e degli zuccheri. Il complesso di queste dinamiche determina il differente sapore della nocciola matura ed immatura e conferma la necessità di una corretta epoca di raccolta, evidenziando l'opportunità della applicazione dell'analisi sensoriale per la valutazione qualitativa. I risultati indicano che composizione del seme e del perisperma variano con la cultivar in alcune fasi di crescita. La pellicola del seme presenta un elevato contenuto di polifenoli totali, metaboliti secondari con attività antiossidante, strettamente connessi con la stabilità della nocciola durante la conservazione (Yuritas *et al.*, 2000) e con il sapore della nocciola sia fresca sia tostata (Mehlenbacher, 1991). La presenza di antiossidanti nel perisperma e l'alto livello di acidi grassi monoinsaturi e polinsaturi sono aspetti interessanti per la promozione del consumo di nocciole e per la valutazione del perisperma come potenziale fonte di antiossidanti naturali per usi alimentari (Andreoni, 1997). Un momento cruciale nella definizione della composizione finale della nocciola può essere individuata nei mesi di luglio e agosto, quando si verificano importanti processi fisiologici, in stretta dipendenza delle condizioni ambientali e colturali. In particolare, si è osservato un elevato accumulo di olio nel seme, che può essere a sua volta influenzato dalla produzione e disponibilità *in situ* di zuccheri. A causa dell'insolubilità in acqua e della difficoltà di trasporto per via floematica o xilematica, i lipidi nei semi e nei frutti sono infatti sintetizzati soprattutto direttamente nei siti di riserva, utilizzando come substrato l'amido, il saccarosio o altri zuccheri traslocati.

Dalle prove effettuate a carico del Nocchione si è potuto confermare che l'irrigazione influisce in maniera significativa su alcune componenti della produzione, come la resa in sgusciato. Tale aspetto, insieme agli effetti positivi ampiamente accertati che tale fattore colturale ha sulla produzione per pianta (Tombesi *et al.*, 1997; Bignami *et al.*, 2002 e 2005), esalta gli effetti benefici dell'irrigazione a carico di una coltura che ritrova collocazioni di mercato più o meno favorevoli anche in funzione della resa in sgusciato. L'apporto idrico ha esercitato un ruolo marginale sulla composizione biochimica della nocciola. Non sono emerse variazioni significative in risposta

all'irrigazione per il contenuto in olio ed il profilo degli acidi grassi, per il contenuto di zuccheri nel seme e per il loro profilo, mentre sono emerse delle lievi differenze per la quantità di polifenoli totali presenti nel seme e perisperma. In particolare, la tesi irrigata ha evidenziato un accumulo di polifenoli lievemente inferiore rispetto alla tesi condotta in asciutto, avvalorando l'ipotesi di una correlazione negativa tra disponibilità idriche e accumulo di polifenoli nel seme, analogamente a quanto già accertato per i frutti di altre specie legnose di interesse agrario (Fregoni, 1998). Tale effetto è stato riscontrato anche a carico del potere antiossidante totale delle nocciole, evidenziando che tale carattere è fortemente influenzato dal tipo di frutto, ma che anche dalle condizioni di coltivazione, dalle condizioni ambientali, dalla durata e dalle tecniche di conservazione (Battino *et al.*, 2004).

Nel complesso l'irrigazione non sembra potere influire in misura rilevante sulla conservabilità della nocciola e sulle sue caratteristiche organolettiche. Tuttavia, ulteriori approfondimenti che considerino anche altre componenti può essere utile a formulare un quadro più completo.

La caratterizzazione carpologica e l'analisi della composizione del seme di cultivar di nocciolo di diversa origine geografica ha consentito di evidenziare rilevanti differenze qualitative tra genotipi, legate sia agli aspetti morfologici e fisici, sia a quelli tecnologici e chimici. I risultati confermano le valide proprietà nutrizionali della nocciola, dovute in particolare agli elevati livelli di acidi grassi monoinsaturi, principalmente oleico e linoleico, e alle discrete concentrazioni di sostanze antiossidanti. Oltre al genotipo, anche l'annata ha influenzato la composizione del seme. Tra le varie cultivar indagate, le tonde italiane, in particolare Tonda Gentile delle Langhe, Tonda Gentile Romana, Tonda di Giffoni e Nocchione, hanno mostrato caratteristiche qualitative superiori, tra cui un elevato contenuto in sostanza grassa, caratterizzato tra l'altro da un basso contenuto in acidi grassi polinsaturi, principali responsabili dell'irrancidimento delle nocciole (Bonvehi *et al.*, 1993). Alcune delle cultivar esaminate potrebbero rappresentare una valida alternativa per un turnover in aree caratterizzate da una piattaforma varietale ristretta.

È stato riscontrato un discreto contenuto in polifenoli ed una buona capacità antiossidante totale delle nocciole, avvalorando il ruolo importante del consumo fresco di frutta in guscio, in grado di esercitare un forte effetto protettivo contro alcune patologie umane (Arlorio *et al.*, 1996; Richardson, 1997).

Le informazioni relative ai componenti minori, zuccheri in particolare, possono rappresentare un valido strumento per discriminare le cultivar e valutarne la qualità gustativa. Infatti, l'analisi sensoriale tra le cultivar di principale utilizzazione industriale, ha permesso di rilevare delle differenze varietali, legate principalmente ad alcuni attributi come il sapore e la dolcezza. In particolare le differenze di dolcezza sono state nettamente percepite dal panel, confermando l'importanza dei componenti minori del seme, soprattutto i carboidrati, nel ruolo di elementi determinanti la qualità delle nocciole.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano il Dott. Giampaolo Bertazza dell'Istituto di Biometeorologia del Consiglio Nazionale delle Ricerche della sezione di Bologna (IBIMET), per l'aiuto nell'acquisizione delle tecniche di gascromatografia e nella messa a punto dei protocolli sperimentali; ringraziano inoltre il Sig. Stefano Bizzarri (ARSIAL), ed il Dott. Agr. Benedetto F. Valentini (ASSOFRUTTI), per il prezioso contributo durante i campionamenti.

6. BIBLIOGRAFIA

- Alberghina O. (1979) - Prova comparativa con diversi erbicidi per il controllo dell'attività pollonifera del nocciolo. Atti del Convegno Nazionale "Il miglioramento della coltura del mandorlo e del nocciolo. Aspetti genetici e tecnici". Messina e Siracusa. p. 203-220.
- Alberghina O. (1983) - Una nuova cultivar di nocciolo: Armerina. Convegno Internazionale sul Nocciuolo. Avellino, 22-24 settembre, 379-382.
- Aloj B., D'Errico F., Olmi M., Papparatti B., Ragozzino A., Tombesi A., Varvaro L. (1994) - Moria del nocciolo dei Colli Cimini: aspetti diagnostici e consigli di profilassi e terapia. L'Informatore Agrario, 10, 65-67.
- Alphan E., Pala M., Açkurt F., Yimlmaz T. (1997) - Nutritional composition of hazelnut and its effects on glucose and lipid metabolism. Acta Horticulturae 445: 305-310.
- Andreoni N. (1997) - Hazelnut phenolic substances as natural antioxidants. Acta Horticulturae 445 ISHS.
- Antoniazzi F. (1996) - La qualità delle nocciole dal punto di vista dell'industria. Atti del Convegno "Il Nocciuolo". Avellino, 27 aprile, 71-77.
- Arcoleo G. (1991) - Caratteristiche e composizione di nocciole di alcune varietà coltivate in Sicilia. Rivista Italiana delle Sostanze Grasse, LXVIII: 257-260.
- Arlorio M., Martelli A., Tourn M.L. (1996) - Atti del Convegno internazionale sugli alimenti montani; 9-11 ottobre 1996.
- Azarenko A.N., McCluskey R.L., Hampson C.R. (1997) - Time of shading influences yield, nut quality and flowering. Acta Horticulturae, 445, 179-183.
- Bacchetta L., Bernardini C., Di Stefano G., Pelliccia O. (2005) - Molecular Characterization by RAPDS and Micropropagation of Italian Hazelnut Cultivar. Sixth International Congress on hazelnut. Tarragona-Reus, Spain, 14th-18th June. Acta Horticulturae n° 686, 99-104.
- Baldioni M. (1999) - Corso per assaggiatori di olio d'oliva. Comunicazione personale.
- Baldwin B., Gilchrist K., Snare L. (2005) - An Evaluation of Hazelnut Genotypes in Australia. Tarragona-Reus, Spain, 14th-18th June. Acta Horticulturae n° 686, 47-56.
- Bartolozzi F., Bertazza G., Bassi D. e Cristofori G. (1997) - Simultaneous GLC determination of soluble sugars and organic acids as trimethylsilyl derivatives in apricot fruits by gas-liquid chromatography. J. Chromatography, Vol 758 n.1: 99-107.
- Basu T.K., Temple N.G., Garg M.L. (1999) - Antioxidants in human health and disease. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Bignami C. (1989) - Stato attuale delle conoscenze sull'irrigazione del nocciolo. Atti del Convegno su "Le problematiche del nocciolo", Capranica (VT), 13 settembre, 25-43.
- Bignami C., Natali S. (1996) - Influence of irrigation on the growth and production of young hazelnuts. Acta Hort. 445: 247-251.
- Bignami C., Strabbioli G. (1998) - Aspetti agronomici e prospettive di valorizzazione della corilicoltura del Lazio. Atti del Convegno su "Ortofrutticoltura, politiche e tecniche internazionali a confronto per un progetto di sviluppo", ARSIAL, 10-11 dicembre, Roma.
- Bignami C., Cammilli C., Moretti G., Romoli F. (1999) - Irrigation of *Corylus avellana* L.: effects on canopy development and production of young plants. International Symposium on Irrigation of horticultural crops. Lisbon, June-July. Acta Horticulturae n. 53: 903-910.
- Bignami C., Cammilli C. (2002) - Fattori ambientali e colturali e funzionalità fogliare del nocciolo. Giornate Scientifiche S.O.I. aprile.
- Bignami C. (2002) - Attualità e problematiche del nocciolo nel Lazio. Atti del Convegno Nazionale sul Nocciuolo, le frontiere della corilicoltura italiana. Giffoni Valle Piana (SA), 5-6 ottobre; p. 122-132.
- Bignami C., Bertazza G., Cristofori V., Scossa A. (2002) - Effetto dell'irrigazione sulla composizione della nocciola. II Convegno Nazionale sul nocciolo, Giffoni, 5-6 ottobre, Atti p. 206-212.

- Bignami C., Bertazza G., Cristofori V., Scossa A. (2002) - Dinamica della composizione del seme di tre cultivar di nocciolo (*Corylus avellana* L.) durante lo sviluppo del frutto. II Convegno Nazionale sul nocciolo, Giffoni, 5-6 ottobre, Atti p. 270-278.
- Bignami C., Bertazza G., Bizzarri S., Bruziches A., Cammilli C., Cristofori V. (2005) - Effect of high density and dynamic tree spacing on yield and quality of hazelnut. Sixth International Congress on hazelnut. Tarragona-Reus, Spain, 14th-18th June. Acta Horticulturae n° 686, 263-270.
- Bignami C., Bertazza G., Cristofori V., Troso D. (2005) - Kernel quality and composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars. Sixth International Congress on hazelnut. Tarragona-Reus, Spain, 14th-18th June. Acta Horticulturae n° 686, 477-484.
- Bignami C., Cristofori V., Catulli S., Bertazza G. (2005) - Esperienze sull'irrigazione del nocciolo. 3° Convegno AISSA "Il Pianeta Acqua nel Continente Agricoltura". Reggio Emilia, 6-7 Dicembre. Atti, p.51-52.
- Botta R., Gianotti C., Richardson D., (1994) - Hazelnut variety organic acids, sugars and total lipid fatty acids. Acta Horticulturae 351, 693-699.
- Botta R., Gianotti C., Me G., (1997) - Kernel quality in hazelnut cultivars and selections analysed for sugar, lipids and fatty acid composition. Acta Horticulturae 445: 319-325.
- Botta R., Radicati L., Vergano G. (1997) - DNA characterization of *Corylus* seedlings and their evaluation as roostocks for hazelnut. Acta Horticulturae 445: 423-431.
- Botu I., Turcu E., Perda S., Botu M., Achim G. (2005) - 25 Years of Achievements and Perspectives in hazelnut Breeding in Romania. Sixth International Congress on hazelnut. Tarragona-Reus, Spain, 14th-18th June. Acta Horticulturae n° 686, 91-98.
- Bottazzi M., Romisondo P., Salaris G., Bernard G. & Iacurti G. (1994) - New hazelnut hybrids. Acta Horticulturae, 351, 123-128.
- Campiglia E., Caporali F. (1995) - Confronto tra diverse tecniche di inerbimento negli arboreti specializzati dell'Alto Lazio. Rivista di Frutticoltura, 3, 57-61.
- Caliskan N., Ozenc N. (2001) - Effects of husk compost on hazelnut yield and quality. V Int. Congress on Hazelnut. Acta Hort. 556 ISHS, 559-562.
- Caporali F., Campiglia E., Paolini R. (1987) - Inerbimento del nocciolo con *Trifolium subterraneum* L. nel territorio viterbese. L'Informatore Agrario, 1, 57-60.
- Caporali F., Campiglia E., Anselmo V. (1994) - Prospettive per l'uso di *Trifolium subterraneum* L. come cover crop in un nocciolo dell'Italia centrale. Rivista di Agricoltura, 4, 331-5.
- Caramiello R., Potenza A., Me G. (1994) - Caratteristiche merceologiche e biologiche di ibridi di *Corylus avellana* L. (TGL) x *Corylus maxima* Miller. Acta Horticulturae, 3451, 225-231.
- Cassani G. (1996) - Il miglioramento genetico del nocciolo mediante ingegneria genetica. Atti del Convegno "Il Nocciolo". Avellino, 27 aprile, 113-119.
- Contini M., De Santis D., Frangipane T., Anelli G., (1994) - Ipotesi di utilizzazione alternativa della nocciola. Acta Horticulturae 351, 657-667.
- De Salvador F.R., Monastra F. (1997) - Water regime and soil management in hazelnut trees: preliminary studies in pots. Acta Horticulturae, 445, 255-262.
- De Salvador F.R. (1998) - Indagine preliminare sulle caratteristiche produttive e merceologiche di alcuni presunti cloni della cultivar di nocciolo "Tonda Romana". "La coltura viterbese: risultato di un triennio di ricerche", Caprarola (VT), 19 dicembre.
- De Salvador F.R., Bizzarri S., Bignami C., Cristofori V., Temperini O., De Benedetto A., Giorgioni M.: Ottobre 2005. Monografia di cultivar di nocciolo, p. 47.
- Dias R., Silva A.P., Carvalho J.L., Goncalves B., Moutinho-Pereira J. (2005) - Effects of Irrigation on Physiological and Biochemical Traits of Hazelnuts (*Corylus avellana* L.) Tarragona-Reus, Spain, 14th-18th June. Acta Horticulturae n° 686, 201-206.
- Dimoulas J., (1979) - Etude de divers aspects de la reproduction sexuee chez la Noisetier (*Corylus avellana* L.). These Docteur-Ingenieur, Univ. Bordeaux II, 162 s.

- Ebrahim K.S., Richardson D.G., Tetley R.M., Mehlenbacher S.A., (1994) - Oil content, fatty acid composition, and vitamin E concentration of 17 hazelnut varieties, compared to other types of nuts and oils seeds. *Acta Horticulturae* 351: 685-692.
- Fang S. and Butts J. S., (1949) - Investigation of Barcelona and DuChilly filbert nuts. Isolation, nutricional evaluation, and amino acid distribution of filbert globulins. *J. Nutrition* 40: 329-333.
- Farinelli D., Tombesi A., (1999) - Influenza dei fattori agronomici sulla qualità dei frutti di *Corylus avellana* L.; dottorato di ricerca in "Produttività delle piante coltivate"- 12° CICLO.
- Fregoni M., (1998) – Viticoltura di qualità. Edizioni L'Informatore Agrario.
- Forbus W. R. JR, Senter S. D., Lyon B.G. and Dupy H. P., (1980) - Correlation of objective and subjective measurements of pecan kernel quality. *Journal of food Science*, vol. 45, 1376-1379.
- Gargano A., Magro A. and Manzo P., (1982) - Caratteristiche chimiche dei frutti di alcune delle principali cultivar di nocciole. *Industrie Alimentari*, 1: 15-16.
- Garrone W. e Vacchetti M., (1994) - La qualità delle nocciole in rapporto alle esigenze dell'industria dolciaria utilizzatrice. *Acta Horticulturae* n. 351, 641-656.
- Girona J., Cohen M., Mata M., Marsal J., Miravete C., (1994) - Physiological, growth and yield responses of hazelnut (*Corylus avellana* L.) to different irrigation regimes. *Acta Horticulturae*. 351: 463-472.
- Giusti A.M., Cannella C. (2002) - La nocciole: aspetti nutrizionali. 2° Convegno nazionale sul nocciuolo, Giffoni V. P. 104-113.
- Gokirmark T., Mehlenbacher S.A., Bassil N.V. (2005) - Investigation of Genetic Diversity among European Hazelnut (*Corylus avellana*) Cultivars Using SSR Markers. Tarragona-Reus, Spain, 14th-18th June. *Acta Horticulturae* n° 686, 141-147.
- Grau P., Bastias R. (2005) - Productivity and Yeld Efficiency of Hazelnut (*Corylus avellana* L.) Cultivars in Chile. Sixth International Congress on hazelnut. Tarragona-Reus, Spain, 14th-18th June. *Acta Horticulturae* n° 686, 57-64.
- Hampson C.R., Azarenko A.N., Potter J.R. (1996) - Photosynthetic rate, flowering and yeld component alteration in hazelnut in response to different light enviroments. *Soc. Hort. Sci.* 121 (6): 1103-1111.
- Koyuncu M.A., Bostan S.Z., Islam A., (1997) - Change of fat content and fatty acid composition during the fruit development period in the hazelnuts Tombul and Palaz cultivars grown in Ordu. *Acta Horticulturae* 445, 229-233.
- Koksal A.Y. (2000) – Inventory of hazelnut research, gremoplasma and references. FAO Regional Office for Europe, Technical Series 56.
- Lagerstedt H.B., (1973) - Studies on spacing, training and cultural practices of filbert trees. A progress report Nut Growers Society of Oregon, Proceedings: 71-76.
- Latorse M. P., (1981) Etude de deux facteurs limitant la productivité du noisetier *Corylus avellana* L. : incompatibilité pollinique et fruits depourvus d'amande (in French). Thesis, Univ. Of Bordeaux 57 pp.
- Limongelli F., (1980) - Selezione clonale della Tonda "Giffoni". Incontro frutticolo su: "Frutta secca", Caserta 24 Ottobre, 337-343.
- Limongelli F., Consoli D., (1996) - Il miglioramento genetico della "Tonda di Giffoni" mediante selezione clonale. Atti del Convegno "Il nocciuolo". Avellino, 27 Aprile, 95-101.
- Lotti G., Paradossi C., Marchini F., (1985) - La biosintesi dei gliceridi nei semi di *Corylus avellana* durante la maturazione. *La rivista della Società Italiana di Scienza dell'Alimentazione*, anno 14, n. 4/1985.
- Manzo P., Tamponi G. (1982) - Monografia di cultivar di nocciuolo. Istituto Sperimentale di Frutticoltura, Roma. P. 62.
- Mehenbacher S. (1990) - Hazelnut. *Horticulturae*, 791, 789-836.
- Mehenbacher S. (1991) - Hazelnut (*Corylus*). In: Genetic resouces of temperate fruit and crops. *Acta Horticulturae*, 791-829.

- Mehenbacher S., Bassil N.V., Botta R. (2005) - Additional Microsatellite markers of the European Hazelnut. Tarragona-Reus, Spain, 14th-18th June. Acta Horticulturae n° 686, 105-110.
- Mezzetti B., Battino M. (2003) - Antioxidant capacity of fruit depends on plant genotype. Free Radic. Biol. Med., 35 Suppl. 1: 42.
- Mingeau M., Rousseau P. (1994) - Water use of hazelnut trees as measured with lisimeters. Acta Horticulturae. 351: 315-322.
- Miuccio F. C. (1968) - Valore nutritivo della nocciola. Atti del convegno nazionale di studi sul nocciolo, Viterbo 10-11 ottobre 1968.
- Monarca D., Cecchini M., Antonelli D. (2005) - Innovations in Harvesting Machines. Tarragona-Reus, Spain, 14th-18th June. Acta Horticulturae n° 686, 343-350.
- Monastra F., Raparelli E., Fanigliulo R., (1997) - Clonal Selection of "Tonda Gentile Romana". Acta Horticulturae n.445, 39-43.
- Nardi P., Neri U., Canali S. (2005) - Leaf Analysis as a Tool for Evaluating Nutritional Status of Hazelnut Orchard in Central Italy. Tarragona-Reus, Spain, 14th-18th June. Acta Horticulturae n° 686, 201-206.
- Olsen J. (1997) - Nitrogen management in Oregon hazelnuts Acta Hort. 445: 263-268.
- Ozdemir M., Açkurt F., Yildiz M., Biringen G., Gurcan T., Loker M. (2001) - Effect of roasting on some nutrients of hazelnut (*Corylus avellana* L.). Food Chemistry 73, 185-190.
- Ozdemir M., Açkurt F., Kaplan M., Yildiz M., Loker M., Gurcan T., Biringen G., Okay A., Seyhan G. F. (2001) - Evaluation of new Turkish hybrid hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties: fatty acid composition, α -tocopherol content, mineral composition and stability. Food Chemistry 73, 411-415.
- Painter J. M., Hariman M. (1957) - Length of fruiting twigs in relation to production and grade of filbert nuts, 49 th Ann. Rept. Oregon Sta. Hort. Soc., 1957.
- Pala M., Ackurt F., Loker M., Yildiz M., Omeroglu S. (1996) - Tr. J. Agri Forestry 20: 43-48.
- Paoletti F., Raffo A., Finotti E., Nobili F., Nardo N., Baiamonte I., (2005) - Miglioramento della qualità post-raccolta delle nocciole del viterbese. Viterbo, Atti.
- Parcerisa J., Rafecas M., Castellote I. A., Codony R., Farràn A., Garcia J., Gonzales C., Lopez A., Romero A., Boatella J. (1995) - Influence of variety and geographical on the lipid fraction of hazelnut (*Corylus avellana* L.) from Spain: (III) Oil stability, tocopherol content and some mineral contents (Mn, Fe, Cu). Food Chemistry 53: 71-74.
- Parcerisa J., Rafecas M., Codony R., Boatella J. (1999) - Triacylglycerol and Phospholipid Composition of Hazelnut (*Corylus avellana* L.) lipid fraction during Development. J. Agric. Food Chemistry 47: 1410-1415.
- Parcker L., Hiramatsu M., e Yoshikawa (1999) - Antioxidants food supplements in human health. Academic Press, San Diego, California.
- Pedica A., Vittori D., Ciofo A., De Pace C., (1996) - Evaluation and utilization of *C. avellana* genetic resources to select clones for hazelnut turnover in the Latium region (Italy). Acta Horticulturae 445: 39-43.
- Pellegrini N., Re R., Yang M., Rice-Evans C.A. (1999) - Screening of dietary carotenoids and carotenoid-rich fruit extracts for antioxidant activities applying the ABTS+ radical cation decolorization. Methods in Enzymology, 299, 589-603.
- Pilone N., Rotundo S. e Rotundo A., (1995) - Contributo alla conoscenza delle risorse genetiche del nocciolo (*Corylus avellana* L.) in Campania, Rivista di Frutticoltura, n.1, 59-64.
- Preziosi P., Cartechini A. (1979) - Indagine preliminare su alcune caratteristiche merceologiche di alcuni presunti cloni della cultivar di nocciolo Tonda Romana. Convegno Nazionale "Il miglioramento genetico della coltura del Mandorlo e del Nocciolo. Aspetti genetici e tecnici". Messina e Siracusa 29 ott.-1 dic., 67-82.
- Rivella F. (1984) - Qualità delle nocciole per l'utilizzazione industriale. Riv Frutticoltura n.11, 26-31.

- Rice-Evans C.A. and Parcker L. (1997) - Flavonoids in health and disease. Marcel Dekker, New York.
- Richardson D.G., (1997) - The health benefits of heating hazelnuts: implications for blood lipid profile, coronary heart disease and cancer risks. *Acta Horticulturae* 445, 295-300.
- Romisondo P. (1963 a & b) - L'impollinazione incrociata del nocciolo "Tonda Gentile delle Langhe", 1° Contributo. *Riv. dell'Ortoflorofrutt. Ital.*, 42 (3), 202-215. 2° Contributo. *Frutticoltura*, 25 (11-12), 887-895.
- Romisondo P., Radicati L., Me G., (1983 a) - Risultati nel campo del miglioramento genetico del nocciolo attraverso l'incrocio e la mutagenesi. *Atti del Convegno Internazionale sul nocciolo. Avellino 22-24 settembre*, 405-408.
- Romisondo P., Me G., Manzo P., Tombesi A., (1983 b) - Scelta delle cultivar. *Aspetti della tecnica colturale e loro riflessi sulla qualità delle produzioni. Atti del Convegno Internazionale sul nocciolo. Avellino 22-24 settembre*, 61-68.
- Salas Salvadó J. and Megias I. (2005) - Health and Tree Nuts: Scientific Evidence of Disease Prevention. *Sixth International Congress on hazelnut. Tarragona-Reus, Spain, 14th-18th June. Acta Horticulturae n° 686*, 507-514.
- Savage G.R., McNeil D.L. (1998) - Chemical composition of hazelnuts (*Corylus avellana* L.) grown in New Zealand. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 49 (3), pp 199-203.
- Savage G.R., McNeil D.L., Dutta P. C. (1999) - Lipid composition and oxidative stability of oils in hazelnuts (*Corylus avellana* L.) grown in New Zealand. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 49 (3).
- Scalbert A., Monties B., Janin G. (1989) - *J.Agric. Food. Chem: Tannins in wood: comparison of different estimation methods.*
- Scalbert A., Williamson G. (2000) - Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *J. of nutrition*, 2073S-2085S.
- Scalzo J., Pacocasa F., Palandriani A., Battino M., Mezzetti B. (2004) - Quality and nutritional value in strawberry breeding and variety evaluation. *Acta Hort.* 649, 61-64.
- Schepers H.T.A.M., Kwanten E.F.J. (2005) - Selection and Breeding of Hazelnut Cultivars Suitable for Organic Cultivation in the Netherlands. *Sixth International Congress on hazelnut. Tarragona-Reus, Spain, 14th-18th June. Acta Horticulturae n° 686*, 87-89.
- Scortichini M., Rossi M.P., Lazzari M., Valentini B., Testa F., Micheli R. (1994) - Moria del nocciolo nel Viterbese: indagine sulla presenza di *Pseudomonas Syringae* pv. *Avellanae*. *Informatore fitopatologico*, 1, 56-60.
- Serra Bonvhei J., Ventura C.F. (1993) - Oil content, stability and fatty acid composition on the main varieties of Catalonian hazelnut (*Corylus avellana* L.) phenolics. *J. Food Sci.* 2: 276-279.
- Serra Bonvhei J. (1995) - A chemical study of the protein fractions of Tarragona hazelnuts (*Corylus avellana* L.). *European Food Research and Technology* 201 (4), pp. 371-374.
- Silva A.P., Santos F., Rosa E., Santos A., Goncalves B. (2005) - Effects of Cultivar and Year on the Quality of Hazelnut Fruits (*Corylus avellana* L.). *Tarragona-Reus, Spain, 14th-18th June. Acta Horticulturae n° 686*, 469-475.
- Singleton V.L. (1999) - *Methods in Enzimology*, 299, 152-178.
- Soliva M., Serena C., Garcia M.D. and Riera M., (1983) - Determination et description de l'huile de l'amandon de differentes varietes de noisetier. *Convegno Internazionale sul Nocciolo, Avellino (Italy), September 22-24: 527-532.*
- Spina P., (1996) - *Frutta secca: la crisi ed il rilancio. Frutticoltura*, n.1; 89.
- Strabbioli G. (1998) - Concimazione ed irrigazione del nocciolo nell'Alto Viterbese. "La corilicoltura viterbese: risultati di un triennio di ricerche" Caprarola (VT); 19 dicembre.
- Tombesi A., Cartechini A. (1983) - La ristrutturazione di piante adulte di nocciolo. *Avellino, 22-24 settembre*, 405-408.
- Tombesi A., (1985) - *Il nocciolo Reda: pp.121.*
- Tombesi A., Preziosi P., Boco M. (1994) - Selection of Tonda Romana and Tonda di Giffoni cross pollinated hazelnut seedlings. *Acta Horticulturae*, 351, 119-122.

- Tombesi A., Rosati A. (1997) - Hazelnut response to water levels in relation to productive cycle. *Acta Horticulturae* 445: 269-278.
- Tombesi A., Farinelli D., Boco M., Trappolini C.S. (2001) - Hazelnut (*Corylus avellana* L.) kernel qualità durino maturity in central Italy. V Int. Congress on Hazelnut. *Acta Hort.* 556 ISHS, 553-558.
- Tombesi A., Me G., Bignami C., (1998) - Hazelnut. In: Italian contribution to plant genetics and breeding. G.T. Scarascia Mugnozza & M.A. Pagnotta editors. Tipolitografia Quatrini, 685-686.
- Tombesi A., Limongelli F., (2002) - Varietà e miglioramento genetico del nocciolo. Atti del Convegno Nazionale sul Nocciolo, le frontiere delle corilicoltura italiana. Giffoni Valle Piana (SA), 5-6 ottobre; p. 11-27.
- Tosini V. (1987) - Introduzione di nuove tecniche nella coltivazione del nocciolo per la difesa e la protezione dell'ambiente. *L'informatore Agrario*, 26, 53-54.
- Tosini V. (1989) - Raccolta meccanica delle nocciole: nuove soluzioni al problema delle polveri. *L'informatore Agrario*, 24, 27-30.
- Tous J., Rovira M., Ferreira J.J., Ciordia M. (2005) - Hazelnut Diversity in Asturias (Northern Spain). Sixth International Congress on hazelnut. Tarragona-Reus, Spain, 14th-18th June. *Acta Horticulturae* n° 686, 41-46.
- Thompson M. M., (1967) - Role of pollination in nut development. *Proc. Nut Growers Soc. Ore. Wash.* 53: 31-36.
- Thompson M. M., Lagerstedt H.B. Mehlenbacher S.A. (1996) - Hazelnut in: *Fruit breeding*. Vol. III. Nut John Wiley and Sons, New York. P. 125-184.
- Yuritas H.C., Schafer H.W., Warthasen J.J. (2000) - Antioxidant Activity of Nontocopherol Hazelnut (*Corylus ssp.*) Phenolics. *Journal of food science*. Vol 65 n.2 276-279.
- Ughini V., Roversi A., Szucs E. (2005) – Una possibile formula per calcolare le esigenze nutritive dei frutteti. Convegno nazionale “La Nutrizione delle colture da Frutto”, Bologna, 6-7 settembre; Atti.
- Valentini N., Miaja M.L., Pancheri G., Villana R., (1998) - Selezione clonale del nocciolo cultivar Tonda Gentile delle Langhe. Atti IV Giornate Scientifiche S.O.I., Sanremo 1-3 Aprile, 131-132.
- Valentini N., Marinoni D., Me G., Botta R. (2001) - Evaluation of “Tonda Gentile delle Langhe” clones. *Acta Horticulturae* 556: 206-215.
- Wang M., Cao G., Prior R.L. (1996) - Total antioxidant capacity of fruit . *J. Agric. Food Chem.* 44, 701-705.
- Xie M., Zheng J., Me G., Radicati L. (2005) - European Hazelnut in China: Present Situation and Future Perspectives. Tarragona-Reus, Spain, 14th-18th June. *Acta Horticulturae* n° 686, 35-40.
- Zeppa G., Rolle L., Gerbi V., Valentini N., Me G., (2000) - Applicazione dell'analisi sensoriale alla caratterizzazione di nuove selezioni di nocciolo. *Industrie Alimentari* XXXIX novembre: 1249-1257.
- Zeppa G., Valentini N., Rolle L. (2003) - Applicazione della colorimetria, della “texture analysis” e dell'analisi sensoriale nella caratterizzazione delle nocciole italiane. *Frutticoltura* 10: 54-57.

www.istat.it

www.fao.it

www.ars-grin.gov/ars/PacWest/corvallis/ncgr/corylus/corinfo.html