



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

SCUOLA DI DOTTORATO DI RICERCA IN

SCIENZE DELLE PRODUZIONI VEGETALI

INDIRIZZO IN AGRONOMIA AMBIENTALE - CICLO XXII

Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali

CARATTERIZZAZIONE QUALITATIVA DI ALCUNI ORTAGGI TIPICI DEL VENETO

Direttore della Scuola : Ch.mo Prof. Andrea Battisti

Supervisore : Ch.mo Prof. Ferdinando Pimpini

Dottorando : Carlo Nicoletto

DATA CONSEGNA TESI

01 febbraio 2010

Declaration

I hereby declare that this submission is my own work and that, to the best of my knowledge and belief, it contains no material previously published or written by another person nor material which to a substantial extent has been accepted for the award of any other degree or diploma of the university or other institute of higher learning, except where due acknowledgment has been made in the text.

01 febbraio 2010

Carlo Nicoletto

A copy of the thesis will be available at <http://paduaresearch.cab.unipd.it/>

Dichiarazione

Con la presente affermo che questa tesi è frutto del mio lavoro e che, per quanto io ne sia a conoscenza, non contiene materiale precedentemente pubblicato o scritto da un'altra persona né materiale che è stato utilizzato per l'ottenimento di qualunque altro titolo o diploma dell'università o altro istituto di apprendimento, a eccezione del caso in cui ciò venga riconosciuto nel testo.

01 febbraio 2010

Carlo Nicoletto

Una copia della tesi sarà disponibile presso <http://paduaresearch.cab.unipd.it/>

INDICE

INTRODUZIONE	9
Qualità e prodotti orticoli	9
Denominazioni e marchi.....	12
Alcune componenti chimiche determinanti la qualità degli ortaggi.....	15
La qualità in funzione delle varianti di processo	22
BIBLIOGRAFIA	25
RADICCHIO	29
INTRODUZIONE	31
Cenni storici.....	31
Caratteri botanici	33
Tipologie di radicchi e loro derivazione.....	35
Caratteristiche agronomiche e interventi tecnico-colturali.....	36
Importanza economica.....	42
Aspetti qualitativi	44
PROVA 1 - VARIEGATO DI CASTELFRANCO	47
RIASSUNTO	49
SUMMARY	51
MATERIALI E METODI	53
Andamento meteorologico	55
RISULTATI	57
<i>Dati produttivi</i>	57
<i>Contenuto di sostanza secca</i>	57
<i>Azoto proteico</i>	59
<i>Capacità antiossidasica totale</i>	60
<i>Fenoli totali</i>	61
<i>Nitrati</i>	63
DISCUSSIONE E CONCLUSIONI	67
PROVA 2 - ROSSO DI TREVISO TARDIVO	71
RIASSUNTO	73
SUMMARY	75
MATERIALI E METODI	77
Andamento meteorologico	78
RISULTATI	81
<i>Sostanza secca</i>	81
<i>Capacità antiossidasica totale</i>	82
<i>Fenoli totali</i>	82
<i>Acido ascorbico</i>	83
<i>Correlazioni</i>	83
<i>Azoto proteico</i>	84
<i>Nitrati</i>	84
<i>Nitriti</i>	85

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI	87
BIBLIOGRAFIA	91
TABELLE E FIGURE	95
ASPARAGO	147
INTRODUZIONE	149
Cenni storici.....	149
Caratteri botanici	150
Caratteristiche agronomiche e interventi tecnico-colturali.....	150
Raccolta, lavorazione del prodotto e aspetti qualitativi.....	153
Importanza economica.....	157
PROVA 1 - ASPARAGO BIANCO	159
RIASSUNTO	161
SUMMARY	163
MATERIALI E METODI	165
Andamento meteorologico	166
RISULTATI	169
<i>Dati produttivi</i>	169
<i>Sostanza secca</i>	169
<i>Capacità antiossidasica totale</i>	169
<i>Fenoli totali</i>	170
<i>Nitrati</i>	171
<i>Nitriti</i>	173
DISCUSSIONE E CONCLUSIONI	175
PROVA 2 - ASPARAGO VERDE	177
RIASSUNTO	179
SUMMARY	181
MATERIALI E METODI	183
Andamento meteorologico	184
RISULTATI	187
<i>Dati produttivi</i>	187
<i>Sostanza secca</i>	187
<i>Capacità antiossidasica totale</i>	188
<i>Fenoli totali</i>	189
<i>Pigmenti</i>	190
<i>Nitrati</i>	192
<i>Nitriti</i>	193
DISCUSSIONE E CONCLUSIONI	197
BIBLIOGRAFIA	201
TABELLE E FIGURE	203
PATATA DOLCE	253
INTRODUZIONE	255
Cenni storici.....	255
Caratteristiche botaniche	256
Diffusione ed importanza economica nel Mondo e in Italia	257
Caratteristiche agronomiche e interventi tecnico-colturali.....	259

Indice

Aspetti qualitativi	261
RIASSUNTO	263
SUMMARY	265
MATERIALI E METODI	267
Andamento meteorologico	269
RISULTATI	271
Risultati relativi alla pianta intera.....	271
<i>Rilievi morfologici</i>	271
<i>Aspetti ponderali delle diverse parti di pianta e superficie fogliare</i>	271
Aspetti qualitativi della pianta intera e delle parti epigee e ipogee	272
<i>Capacità antiossidasica totale</i>	272
<i>Fenoli totali</i>	273
<i>Acido ascorbico</i>	274
<i>Zuccheri</i>	275
<i>Nitrati</i>	278
<i>Azoto proteico</i>	279
<i>Nitriti</i>	279
Risultati relativi alle sole radici ingrossate alla raccolta suddivise in classi di peso e porzioni.....	281
<i>Capacità antiossidasica totale</i>	281
<i>Fenoli totali</i>	281
<i>Acido ascorbico</i>	282
<i>Zuccheri</i>	283
<i>Nitrati, nitriti e azoto proteico</i>	283
CONSIDERAZIONI E CONCLUSIONI	285
BIBLIOGRAFIA	289
TABELLE E FIGURE	293

INTRODUZIONE

Qualità e prodotti orticoli

Il termine “qualità” e i diversi significati che questa parola può assumere, occupa da alcuni anni un ruolo chiave in qualsiasi discussione inerente la produzione e il mercato di beni e servizi. Per quanto riguarda gli ortaggi per il consumo fresco il concetto “qualità” ha subito una profonda evoluzione, infatti si è passati dai soli parametri commerciali e organolettici per giungere ad un ambito ampio e articolato che spazia dalle caratteristiche igienico-sanitarie a quelle salutistiche e nutrizionali intrinseche, fino a considerare anche l’aspetto “etico” legato al processo produttivo. Al momento attuale, a livello internazionale si è giunti ad accettare come definizione *“l’insieme delle priorità e delle caratteristiche di un prodotto o di un servizio che conferiscono ad esso la capacità di soddisfare le esigenze espresse o implicite del consumatore”* (Peri, 2004). Tale definizione delinea una concezione più ampia di quella tradizionale che faceva riferimento principalmente alle caratteristiche estetiche dei beni, rendendo implicita la necessità di adeguare le produzioni ad un sistema di qualità che invece impone l’avvicinamento al mercato per soddisfare tutti i requisiti che il consumatore esige nel bene acquistato.

Il settore della produzione orto-frutticola non rappresenta una eccezione a questa tendenza, tutt’altro. In tempi di rapidi cambiamenti sociali ed economici e di globalizzazione dei mercati il successo nell’accesa competizione internazionale si gioca principalmente sulla qualità dei prodotti.

E’ importante quindi approfondire il significato della qualità e comprendere come questa cambi nelle più diverse circostanze e nell’ambito degli attori che sono inseriti nella filiera della stessa che inizia con il produttore e finisce sulla tavola del consumatore. La qualità, pertanto, esiste soltanto nella mente del soggetto osservatore, cioè il consumatore ed è fortemente vincolata a specifiche realtà contingenti destinate a cambiare nel tempo con una certa frequenza e intensità legate all’evoluzione culturale del consumatore. In questo contesto sembra opportuno e interessante approfondire in qual modo gli aspetti della qualità, applicati al mercato della produzione orto-frutticola, si sono evoluti nel corso del tempo e in quali direzioni predominanti si stanno orientando nel prossimo futuro sempre per seguire la domanda del consumatore molto spesso pilotata dalla pubblicità e dalla politica commerciale della Grande Distribuzione Organizzata (GDO).

Da quanto esposto appare che la qualità di un prodotto è la risultante di una serie di fattori, alcuni dei quali sono percepiti senza poter essere misurati e quindi soggettivi (es. gusto, aroma, ecc.) altri, invece, sono misurabili e di conseguenza oggettivi (es. grado zuccherino, acidità, concentrazione di polifenoli, antiossidanti, vitamine, nitrati e altri).

Nell’ambito di questo contesto generale una definizione univoca di qualità appare non facile ed è possibile affermare che, nel caso della frutticoltura questa definizione può essere più semplice poiché nella grande generalità dei casi si attribuisce sempre ad un frutto, mentre nel settore orticolo può essere più difficoltosa, dal momento che i prodotti destinati all’alimentazione umana (crudi, cotti o in qualche modo preparati e conservati), si ottengono da piante erbacee angiosperme annuali o poliennali alle quali

afferiscono più di cento specie oltre a funghi e felci; va tenuto poi presente che nell'ambito della stessa famiglia le parti di piante consumate sono a volte drasticamente differenziate (es. fiori, foglie, gemme, fusti e radici nelle brassicacee). Inoltre, nell'ambito della stessa specie, è possibile riscontrare un elevato numero di cultivar che presentano lo stesso organo edibile ma con caratteristiche morfologiche diverse. Ad esempio nelle solanacee possiamo avere il pomodoro con bacche di colore giallo, rosso o viola-nero più o meno intensi, di forma globosa (sferica fino a schiacciata, liscia o costoluta), allungata (es. San Marzano), ciliegino, datterino. Nelle cucurbitacee il melone presenta frutti da sferici più o meno regolari ad ovoidali, colore dell'epidermide da verde a giallo, con o senza retatura e segni più o meno evidenti della fetta, colore della polpa da bianco a giallo fino all'arancione più o meno carico. Sempre nella stessa famiglia lo zucchini presenta frutti più o meno allungati o sferici, con colori dell'epidermide dal verde più o meno intenso al giallo chiaro, distribuiti in modo uniforme sull'intera superficie oppure striati in vario modo. Considerazioni analoghe possono essere effettuate per l'anguria che presenta frutti che, oltre a colore e forma, possono raggiungere valori ponderali che, nei confronti del peso unitario partendo da circa 1 kg possono raggiungere e superare i 20 kg. Da queste sommarie considerazioni si può facilmente dedurre che è estremamente difficile individuare requisiti qualitativi generalizzabili sotto il profilo botanico e ciò comporta l'individuazione di altri parametri che consentano di praticare raggruppamenti omogenei sui quali può essere più facile generalizzare una definizione di qualità.

Tra i parametri che possono consentire delle classificazioni spesso sufficientemente omogenee, all'interno delle quali pilotare gli interventi destinati ad esaltare le caratteristiche qualitative delle parti edibili, quelli più rispondenti allo scopo possono riguardare, come esempio, il tipo di quota commerciabile e lo stadio fenologico alla raccolta.

Oltre a questo, attualmente, è sempre più sentita la necessità di adeguare le produzioni ad un sistema di qualità che impone l'avvicinamento al mercato al fine di garantire che tutti i requisiti sempre più richiesti e in grado di soddisfare le esigenze del consumatore siano presenti nel bene acquistato. In questo caso si pone l'attenzione alla genuinità, assenza di residui di trattamenti vari (fitofarmaci), caratteristiche igienico sanitarie, salubrità, naturalezza, stagionalità, con interesse crescente nei confronti dei prodotti derivati da coltivazioni biologiche od organiche, senza trascurare l'interesse nei confronti degli aspetti salutistici. Si evidenzia, inoltre, che in merito all'aspetto igienico sanitario, sono previsti precisi e accurati interventi che, quando non imposti, vengono definiti dalle diverse imprese che si impegnano a sottostare ad opportuni metodi di autocontrollo delle loro attività seguendo la metodologia HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point). Il tutto viene realizzato per fornire maggiori garanzie nei confronti dei propri clienti, consentendo, inoltre, di entrare in alcuni mercati altrimenti inaccessibili. Tali certificazioni garantiscono di aver messo in atto tutte le misure tecnologiche e organizzative necessarie ad assicurare che in ogni passaggio dell'intera filiera, che inizia con la semina delle colture e si conclude con la distribuzione e vendita dei prodotti edibili, si sono seguiti tutti gli accorgimenti di ordine tecnologico e organizzativo necessari a prevenire possibili rischi igienico-sanitari per i consumatori. In questa nuova concezione di qualità sono coinvolti tutti i protagonisti che concorrono

alla realizzazione della filiera stessa e, di conseguenza, gli interventi non potranno più avere lo scopo primario di risolvere soltanto aspetti particolari del singolo attore, ma dovranno entrare in un contesto molto più ampio all'interno del quale verranno considerati anche i consigli e le esigenze degli altri comparti che subentrano nelle diverse tappe.

Al fine di rendere più immediata la conoscenza relativa all'intera filiera qualità, si ritiene opportuno riportare sinteticamente, in sequenza, la successione degli interventi praticati nelle fasi salienti del percorso che, iniziato con la scelta della specie da coltivare e, nell'ambito della stessa, della cultivar, termina sulla tavola del consumatore. Appare pertanto ovvio che devono essere considerati aspetti molto diversificati e complessi che sempre interagiscono tra loro. Per semplificare la conoscenza dei vari effetti, può risultare opportuno considerare due fasi nella prima delle quali l'attore principale è il produttore con la sua azienda agricola, mentre nella seconda sono compresi gli attori che interverranno per gestire i prodotti in tutte le tappe che dovranno percorrere prima di raggiungere l'utilizzatore finale come appare dalla figura 1.



Figura 1 – Rappresentazione schematica delle molteplici fasi coinvolte nella filiera qualità.

Nella prima fase, che comprende il momento in cui si può direttamente intervenire nel determinare la qualità dei prodotti, particolare attenzione dovrà essere rivolta alla scelta delle cultivar, alla valutazione del seme, alla preparazione del terreno, alle modalità e sesti d'impianto, alla concimazione, all'irrigazione, alla difesa delle colture da avversità diverse, ai principi guida per le produzioni biologiche, fino a raggiungere il traguardo più importante rappresentato dalla raccolta. In questo momento, infatti, la produzione verrà valutata non solo sotto il profilo quantitativo, ma soprattutto sotto quello qualitativo che esprimerà il valore massimo raggiunto con gli accorgimenti tecnico-culturali applicati. Nella seconda fase dovranno essere considerati tutti gli interventi

necessari per poter gestire al meglio la produzione; questi prevedono la movimentazione, la preparazione, la manipolazione, il confezionamento, l'immagazzinaggio, il trasporto, la trasformazione, la distribuzione, il mercato e il consumo. In questi passaggi si dovrà operare con estrema attenzione poiché in ognuno di essi si inciderà più o meno intensamente nel provocare riduzioni degli aspetti legati alla qualità.

Denominazioni e marchi

E' ormai a tutti noto che la qualità superiore di un prodotto, consumato sia fresco che trasformato, è condizionata da fattori genetici, umani, ambientali ed agronomici che, pur difficilmente scindibili tra loro, consentono di affermare che il primo passo mosso verso la ricerca della qualità deve essere rivolto alla individuazione delle zone vocazionalmente più idonee. Ambiente e qualità assumono attualmente valori e valenze ben differenziate da quelli del passato. Il concetto di vocazione ambientale dovrà fare riferimento a particolari condizioni idonee a conferire al prodotto orticolo caratteristiche peculiari e rispondenti a specifiche esigenze del mercato.

A questo proposito sembra opportuno ricordare le disposizioni emanate a livello UE concretizzatesi nell'istituzione di marchi finalizzati alla differenziazione dei prodotti all'origine e distinti in individuali e collettivi. I primi hanno avuto negli anni più recenti una espansione molto rapida anche se la drastica frammentazione, tipica del settore orticolo italiano, dovrebbe stimolare ad una maggiore attenzione nei confronti di quelli collettivi poiché, soprattutto nella fase produttiva, rappresentano un meccanismo efficace per la valorizzazione dei prodotti e la ripartizione dei costi legati a tale intervento (es. comunicazione, promozione, controllo).

I marchi collettivi, infatti, oltre a garantire, come del resto gli individuali, la corrispondenza del prodotto a quanto definito negli stessi, assicurano il mantenimento di standard ben precisi poiché, anche quando il singolo imprenditore, entro certi limiti, apporta variazioni alle caratteristiche dei prodotti, per il mantenimento del marchio collettivo è necessario che gli enti e/o le associazioni assicurino che le produzioni dei singoli associati siano conformi agli standard predefiniti (art. 3 legge 942/42). Sotto tale ottica il marchio collettivo presenta una maggiore forza di rappresentanza delle caratteristiche dei prodotti nei confronti di altre forme di identificazione.

Con i Reg. 20081 e 20082/92 del Consiglio della UE relativi alla definizione e regolamentazione delle Denominazione di Origine Protetta (DOP), Indicazione Geografica Protetta (IGP) e Attestazione di Specificità (AS) si sono volute valorizzare e salvaguardare le caratteristiche peculiari di tipicità e qualità di alcuni prodotti. Questi requisiti rappresentano validi strumenti per il raggiungimento della diversificazione agricola e mezzi di sostegno del mondo rurale, indissolubilmente legati ad un luogo geografico di produzione, soprattutto a tutela delle zone svantaggiate e periferiche (marginali), nel caso delle DOP e IGP, mentre nei confronti della AS si è tenuto in particolare considerazione il soddisfacimento della sempre crescente ricerca di qualità e informazioni da parte dei consumatori.

Nei regolamenti comunitari le diverse forme di riconoscimento vengono definite come segue:

- a) **Denominazione di Origine Protetta (DOP)** può essere concessa a prodotti agricoli e alimentari *“le cui caratteristiche siano dovute essenzialmente o esclusivamente all’ambiente geografico comprensivo dei fattori naturali e umani e la cui produzione, trasformazione ed elaborazione avvengano nel luogo di origine”*;
- b) **Indicazione Geografica Protetta (IGP)** può essere concessa a prodotti agricoli e alimentari *“di cui una determinata utilità possa essere attribuita all’origine geografica e la cui produzione e/o trasformazione e/o elaborazione avvengano nell’area geografica determinata”*;
- c) **Attestazione di Specificità (AS)** può essere concessa a prodotti agricoli e alimentari cui si riconosce carattere di specificità, dove con il termine specificità si intende *“l’elemento o l’insieme di elementi che distinguono nettamente un prodotto agricolo o alimentare da altri prodotti o alimenti analoghi appartenenti alla stessa categoria”*.

Quando ad un prodotto è stata riconosciuta la AS, se questo è caratterizzato dall’ambiente geografico, sia nelle fasi di produzione che di trasformazione, si può richiedere la DOP; se la particolarità del prodotto è in funzione dell’area geografica si potrà richiedere il riconoscimento dell’IGP.

Sembra opportuno ricordare in questo momento che, nel contesto generale di tutte le attestazioni, un ruolo fondamentale deve essere attribuito ai disciplinari di produzione nei quali sono riportati in dettaglio gli interventi agronomici che il produttore dovrà seguire al fine di fornire al consumatore finale un prodotto con garanzie certe.

A livello nazionale i dati più recenti attestano complessivamente 186 denominazioni iscritte nel Registro delle denominazioni di origine protette e delle indicazioni geografiche protette (Regolamento (CE) n. 510/2006 del Consiglio del 20 marzo 2006 – aggiornato al 25 novembre 2009). L’elenco delle denominazioni italiane, mette in evidenza che, nell’ambito delle certificazioni, 69 sono IGP e 117 DOP. Considerando inoltre tale aspetto a livello regionale, in figura 2 risulta evidente che il Veneto, unitamente ad Emilia Romagna, rappresentano le Regioni con più denominazioni, rispettivamente 28 e 29 nel complesso.

Per quanto riguarda i soli prodotti orticoli a livello nazionale, ne risultano certificati in totale 21. Di questi la Regione che ne presenta il maggior numero è rappresentata dal Veneto (Fig. 3) con 7 ortaggi (Asparago Bianco di Bassano, Asparago Bianco di Cimadolmo, Fagiolo di Lamon della Vallata Bellunese, Radicchio “Rosso di Chioggia”, Radicchio “Rosso di Verona”, Radicchio “Rosso di Treviso”, Radicchio “Variegato di Castelfranco”). Tale primato è giustificato dalla tradizionale vocazione orticola della Regione che, grazie alle molteplici ed eterogenee condizioni pedoclimatiche, è in grado di soddisfare le diversificate esigenze di numerose specie orticole. A tale proposito si

delinea chiaramente la necessità di incrementare le conoscenze dei cospicui prodotti da orto regionali al fine di aumentare ed individuarne le caratteristiche peculiari.

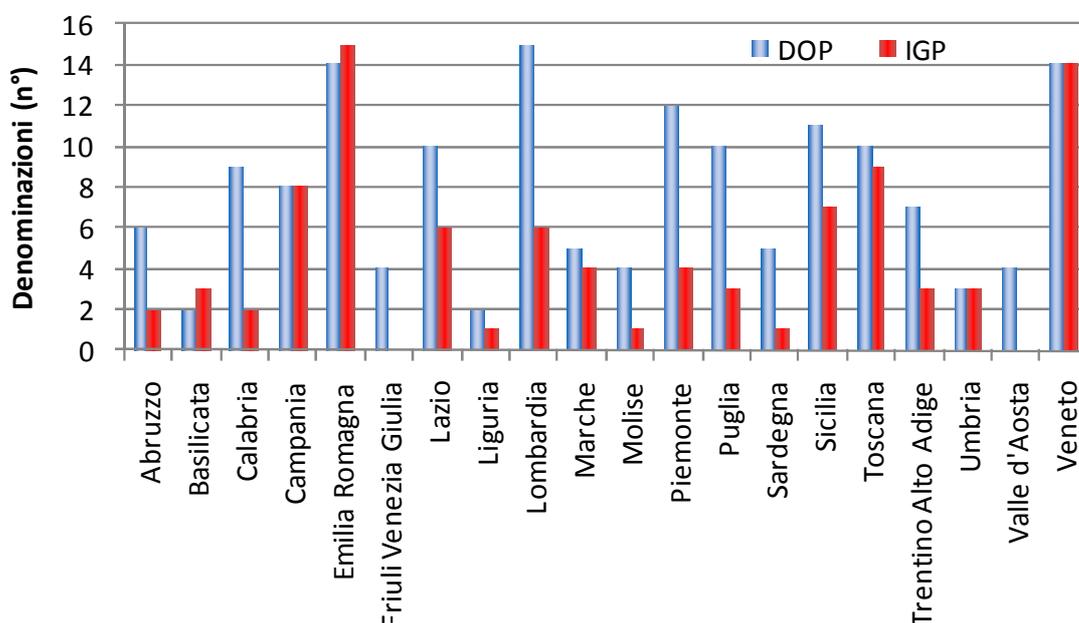


Figura 2 – Numero di denominazioni DOP e IGP presenti nelle diverse regioni italiane. (Regolamento (CE) n. 510/2006 del Consiglio del 20 marzo 2006 – aggiornato al 25 novembre 2009)

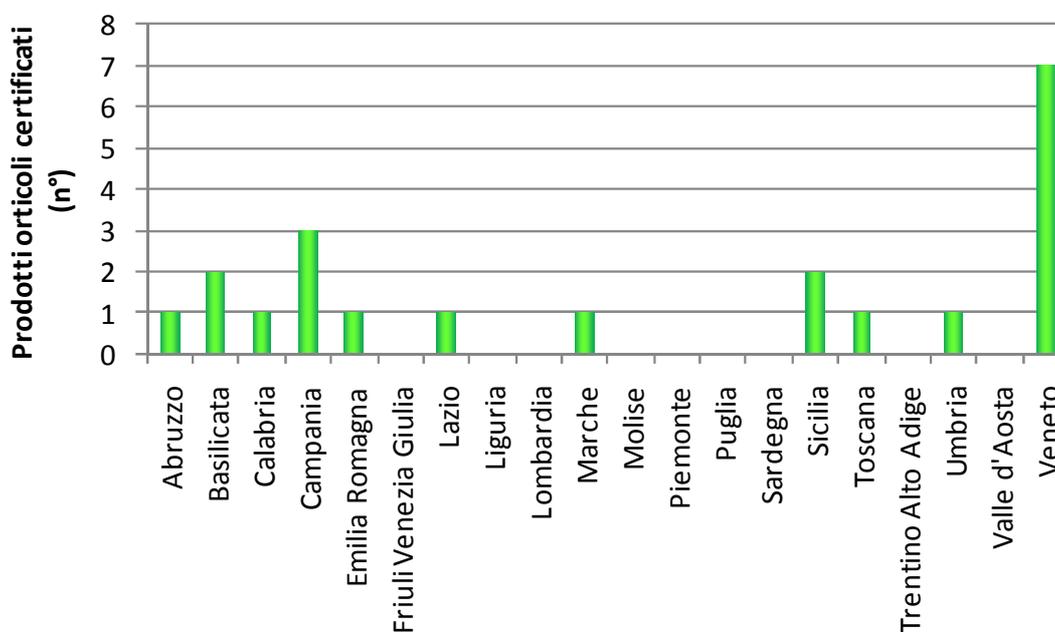


Figura 3 – Numero di prodotti orticoli certificati DOP e IGP nelle diverse regioni italiane. (Regolamento (CE) n. 510/2006 del Consiglio del 20 marzo 2006 – aggiornato al 25 novembre 2009)

Alcune componenti chimiche determinanti la qualità degli ortaggi

Attualmente, le elevate produzioni e le grandi superfici investite con orticole, come si può notare dai dati appena esposti, non sempre riescono a garantire la coltivazione di un prodotto dalle caratteristiche che il mercato richiede, soprattutto in questi ultimi anni. In modo molto conciso e diretto, il consumatore ora esige un prodotto “di qualità” sotto i più svariati punti di vista e, ancor meglio, “di qualità garantita”. Quello della qualità è un concetto dal significato molto ampio, difficile da definire, fortemente ancorato a valutazioni soggettive ed in continua evoluzione in funzione dei progressivi mutamenti dei gusti, degli stili di vita e delle esigenze tipici delle società del mondo occidentale. Secondo una definizione internazionale, come già riportato, la qualità rappresenta *“l’insieme degli aspetti e delle caratteristiche di un prodotto o di un servizio che si riveli in grado di soddisfare esigenze dichiarate o implicite”* (norma UNI EN ISO).

La qualità può essere distinta in “qualità strutturale” e “qualità funzionale” (Mezzetti e Leonardi, 2009): la prima si riferisce alle caratteristiche intrinseche di un prodotto (es. contenuto zuccherino di un frutto); la seconda, riguarda l’esplicitazione di queste caratteristiche nei confronti dell’utilizzatore del prodotto (es. gusto dolce del frutto). Più recentemente, inoltre, si fa riferimento anche al concetto di “qualità globale”, espressione che racchiude molteplici significati in cui coesistono più aspetti riguardanti sia il prodotto che il processo. La qualità, infatti, cambia a seconda del diverso punto di vista: per gli agricoltori qualità significa elevata produzione, resistenza alle malattie, contemporaneità di maturazione, facilità di raccolta e bell’aspetto; per il commerciante significa resistenza alle manipolazioni e trasporti; per il grossista è importante la lunga conservabilità ed infine il consumatore è interessato al buon sapore, al giusto prezzo, all’assenza di residui e all’elevato contenuto nutrizionale, tralasciando piuttosto l’aspetto esteriore che lo attirava fino a pochi anni fa (www.silsismi.unimi.it). Recentemente c’è poi la tendenza ad allargare il concetto di qualità e di sicurezza alimentare al di là delle caratteristiche intrinseche del prodotto, considerando sempre più la qualità del processo produttivo. Nelle scelte del consumatore, ormai, le percezioni gustative e i bisogni nutrizionali si combinano e si confrontano con le sue attese riguardanti il rispetto dell’ambiente, della biosfera e delle garanzie offerte dai produttori (Peri, 2004). Quindi oltre all’esigenza di mangiare un prodotto dalle caratteristiche organolettiche e chimico-nutrizionali ottimali, sono apparsi all’orizzonte nuovi elementi, che non si riferiscono al prodotto in sé, ma a condizioni di contorno relative all’ambiente e alle modalità di produzione.

Questi elementi possono riguardare la tradizione e la coltura (importanza dell’origine geografica e forte legame tra alimento autoctono e tradizione), l’impatto ambientale del processo produttivo ed elementi legati alla correttezza, trasparenza e deontologia del produttore (Menesatti, 2000).

In molti studi negli ultimi anni si è sentito parlare di qualità degli ortaggi freschi. Questo è dovuto al fatto che essi sono a tutti gli effetti alimenti regolatori dell’attività metabolica attraverso il loro apporto di acqua, di elementi minerali, di vitamine, di fibre ed altri nutrienti. Inoltre, ultimamente gli ortaggi sono sempre più apprezzati per la ricchezza di sostanze come vitamina C e polifenoli, composti protettivi nell’insorgenza

di varie forme di tumore, malattie cardiovascolari, invecchiamento precoce delle cellule, ecc. (Vinson *et al.*, 2001).

Purtroppo, il settore orticolo a volte non soddisfa pienamente le esigenze del consumatore perché le conoscenze relative a questo ambito sono scarse o del tutto assenti per alcuni ortaggi, soprattutto per quelli che non sono conosciuti e apprezzati universalmente. Ciò rappresenta un notevole limite di espansione per numerosi prodotti orticoli che, se opportunamente caratterizzati sotto un punto di vista qualitativo, potrebbero offrire una maggiore redditività. Numerosi sono i parametri che vanno a caratterizzare gli ortaggi sotto questo aspetto e tra i più interessanti da un punto di vista salutistico appaiono la capacità antiossidativa totale, i fenoli totali, l'acido ascorbico, i pigmenti, gli zuccheri, l'azoto proteico che rappresentano alcuni dei principali aspetti utili all'organismo, tuttavia anche le componenti potenzialmente dannose quali nitrati e nitriti devono essere tenute in considerazione.

Antiossidanti

Molti dei composti fitochimici di frutta e verdura hanno una funzione antiossidante in grado di offrire una fondamentale protezione contro alcune delle patologie più diffuse, quali malattie cardiovascolari, cancro e molte altre patologie di tipo degenerativo legate all'invecchiamento (Ames *et al.*, 1993; World Health Organization, 1990; Willet, 1999). Il termine antiossidante viene generalmente inteso come la proprietà di una sostanza di prevenire o inibire l'ossidazione che consiste in una reazione chimica che trasferisce elettroni da una sostanza ad un ossidante. Questi metaboliti reagiscono con i radicali liberi prodotti dalle reazioni sopracitate e interrompono quindi le reazioni a catena che vengono avviate intervenendo sui radicali intermedi, inibendo altre reazioni di ossidazione e facendo pertanto ossidare se stessi al posto del substrato ossidabile. Una definizione più allargata definisce antiossidante una sostanza che, addizionata in basse concentrazioni comparate con quella del substrato ossidabile, è in grado di ritardare o prevenire significativamente l'ossidazione del substrato stesso (Cabras, 2004).

La presenza di antiossidanti in un alimento svolge un ruolo significativo nella riduzione dei fenomeni ossidativi *in vitro* e *in vivo* e nella relazione tra tale attività e l'insorgenza di patologie quali l'arteriosclerosi (ossidazione delle Low Density Lipoprotein - LDL), gli eventi tumorali (danni ossidativi a carico del DNA) e altre patologie, come evidenziato da studi epidemiologici (Dalla Rosa, 1996). Essi si possono dividere in antiossidanti essenziali, quali alcune vitamine (A, C, E, acido folico), e antiossidanti non essenziali, comprendenti alcuni composti secondari del metabolismo vegetale (polifenoli, tannini, glucosinolati, metoxantina, ubiquinone, acido fitico, acido lipoico). Un'altra classificazione prende in considerazione i meccanismi d'azione degli antiossidanti e, in base a questi, essi si distinguono in antiossidanti primari e secondari. Gli antiossidanti primari sono delle sostanze riducenti, si ossidano al posto dell'alimento, proteggendolo così dall'alterazione; sono accettori di radicali liberi e così ritardano o inibiscono l'iniziazione o interrompono la propagazione della reazione di autoossidazione. Gli antiossidanti di questo tipo reagiscono con i radicali lipidici e perossidici e li convertono in composti più stabili e non radicalici, donando un atomo di idrogeno. Gli antiossidanti secondari, invece, sono in grado di ridurre gli antiossidanti

primari, quando questi hanno reagito con l'alimento, rendendoli nuovamente idonei a continuare la loro attività. Rallentano la velocità di ossidazione in diversi modi ma non convertono i radicali in composti più stabili. Gli antiossidanti secondari possono chelare i metalli pro-ossidanti e disattivarli (antiossidanti chelanti), restituire l'idrogeno agli antiossidanti primari (agenti riducenti), decomporre gli idroperossidi in specie non radicaliche, disattivare l'ossigeno singoletto (*singlet oxygen quenchers*), assorbire radiazioni ultraviolette o comportarsi da "*oxygen scavengers*". Questi antiossidanti vengono spesso definiti sinergici perché promuovono l'attività degli antiossidanti primari. E' plausibile che gli effetti benefici dovuti al consumo di prodotti vegetali siano determinati dalla presenza di una miscela di composti antiossidanti che svolgono un'attività sinergica tra di loro, conferendo a frutti e ortaggi un'attività antiossidante molto maggiore rispetto alla semplice somma dell'azione antiradicalica dei singoli composti (Cabras, 2004).

Il potenziale ruolo benefico delle molecole antiossidanti è immediatamente comprensibile se consideriamo che il nostro organismo è continuamente esposto all'aggressione di specie chimiche altamente reattive, prodotte dal metabolismo intermedio dell'ossigeno e note come radicali liberi capaci di danneggiare cellule e tessuti. Una parte di tali sostanze è prodotta durante i normali cicli metabolici, mentre un'altra è in relazione con lo stile di vita o il frutto di diverse patologie (Fogliano, 2009). I radicali liberi diventano pericolosi quando la loro produzione è superiore alla capacità di eliminazione da parte dei sistemi di difesa naturali. Per contrastare tali azioni negative, l'organismo umano ha sviluppato un sistema di difesa molto articolato che utilizza enzimi endogeni e numerose sostanze con attività antiossidativa che provengono in maniera diretta o indiretta dall'alimentazione. Accanto all'azione fondamentale svolta dagli enzimi inibitori dell'ossidazione, quali la superossido dismutasi, la catalasi e la glutazione perossidasi, diversi composti sono in grado di interagire con le specie reattive dell'ossigeno e di svolgere un effetto regolatore. Nell'ambito di questi ultimi si può far riferimento a vitamina C ed E, carotenoidi e tutti i composti fenolici.

In particolare, per quanto riguarda le vitamine, frutta e verdura rappresentano la fonte primaria di vitamina C o acido ascorbico, una molecola idrosolubile che svolge nell'organismo molteplici funzioni. Essendo un potente riducente, la vitamina C esercita una forte azione antiossidante, reagendo rapidamente con i radicali liberi in diverse reazioni, ossidandosi ad acido deidroascorbico. Insieme al glutatione, l'acido ascorbico risulta essere un'importante riserva di potere riducente e viene accumulato in una certa misura dall'organismo. Tuttavia quantità eccessive vengono immediatamente eliminate per cui è importante assumere la vitamina C in modo continuo con la dieta (King *et al.*, 1994). La vitamina E è invece la principale vitamina con struttura lipofila e per tale motivo è indispensabile per la protezione delle membrane cellulari e delle altre strutture lipidiche subcellulari. Essa ha dimostrato una discreta attività antiossidativa grazie alla sua capacità di bloccare la perossidazione lipidica. Questa proprietà è dovuta alla sua trasformazione in un composto radicalico stabile, rigenerato successivamente dall'intervento della vitamina C e del glutatione (Rimm *et al.*, 1993; Balz, 1999).

Per prevenire le reazioni di ossidazione è importante disporre di diverse molecole con potenziale riducente diverso o comunque in grado di prevenire l'ossidazione con

molteplici meccanismi. Per tale motivo la presenza della maggiore varietà possibile di molecole antiossidanti assicura la migliore protezione nei vari tessuti (Fogliano, 2009). Le pratiche agronomiche, la stagionalità e il miglioramento genetico possono influenzare in modo significativo la presenza degli elementi aventi attività antiossidante, così come, in tal senso, possono rivestire una certa importanza i trattamenti post-raccolta dei prodotti vegetali (Dalla Rosa, 1996; Shao *et al.*, 2008).

Polifenoli

I composti fenolici o polifenoli rappresentano uno dei gruppi più numerosi e ampiamente distribuiti di sostanze nel regno vegetale, con più di 8000 strutture fenoliche conosciute fino al momento corrente. Essi sono dei composti che derivano dal metabolismo secondario delle piante e sono tutti caratterizzati dalla presenza di un anello aromatico dotato di uno o più gruppi idrossilici (Urquiaga e Leighton, 2000). La struttura dei polifenoli varia da semplici molecole, come gli acidi fenolici, a composti altamente polimerizzati, come i tannini (Harborne e Dey, 1989). Per semplificazione, i polifenoli possono essere distinti in due grandi famiglie:

- i *flavonoidi* che a loro volta includono gli antociani (pigmenti di colore rosso o blu), i flavanoli (pigmenti di colore giallo), i flavoni e flavonoli (pigmenti di colore bianco o avorio). Dai flavanoli derivano anche i tannini (di colore marrone o nerastro);

- i *non flavonoidi* o *acidi fenolici* che si possono trovare sotto forma di acidi benzoici (es. acido gallico e acido catechico) e acidi cinnamici (es. acido caffeico e acido cumarico). Questi ultimi possono combinarsi con gli antociani e con l'acido tartarico, formando polifenoli condensati (Taiz e Zeiger, 2002). Con particolare riferimento ai flavonoidi, essi rappresentano una vastissima famiglia di composti polifenolici a basso peso molecolare la maggior parte dei quali è disposta nello strato più esterno dei tessuti vegetali (Clifford, 1999). Dal punto di vista quantitativo sono di grande importanza i polimeri dei flavonoidi, soprattutto delle catechine. Le ortive, assieme ad alcuni frutti, rappresentano le principali fonti alimentari di flavonoidi. Esistono diverse teorie relative al ruolo svolto dai flavonoidi nelle piante; tra le più accreditate ci sono quella della protezione contro i raggi UV-B e di difesa da attacchi patogeni (Takeda *et al.*, 1994). Poiché anche i flavonoidi giocano un ruolo attivo nei processi fotosintetici (Middleton e Teramura, 1993), la loro quantità è influenzata dall'esposizione alla luce. In particolare essa aumenta con l'aumentare dell'intensità luminosa e soprattutto della radiazione UV-B (Takeda *et al.*, 1994).

Pigmenti

Oltre alle clorofille, principali pigmenti presenti nei vegetali, carotenoidi e xantofille rappresentano composti estremamente importanti per le piante e anche per il nostro organismo. I carotenoidi, pigmenti arancioni e rossi, dal punto di vista chimico sono composti appartenenti alla famiglia dei tetraterpeni. La presenza di doppi legami coniugati consente loro di accettare facilmente elettroni e funzionare quindi da inibitori dell'ossidazione. I carotenoidi prendono parte alla catena di trasporto dell'energia durante la fotosintesi, mentre negli organismi non fotosintetici svolgono un ruolo

importante come antiossidanti. A questa famiglia appartengono sia i caroteni, formati solo da carbonio e idrogeno, che le xantofille, contenenti anche ossigeno. Dal punto di vista nutrizionale è importante distinguere tra i carotenoidi che sono precursori della vitamina A (principalmente il beta-carotene) e quelli non vitaminici. I principali caroteni sono licopene e beta-carotene, mentre tra le xantofille si ricordano la luteina e la zeaxantina.

Nitrati

Nell'ambito dei molteplici composti bioattivi utili per l'organismo ne troviamo alcuni che, potenzialmente rappresentano un pericolo. Il nitrato (NO_3) è largamente diffuso in natura, nel suolo, nei vegetali e nelle acque (Trinchera, 2001) e rappresenta la fonte di azoto più importante per le piante che destinano una significativa porzione delle loro riserve di carbonio e di energia per il suo assorbimento e la sua assimilazione (Buchanan, 2003). Il nitrato, come tale, non viene introdotto nei composti organici, ma deve essere prima ridotto ad ammonio attraverso un processo a due fasi. Dapprima il nitrato è ridotto a nitrito (NO_2) dalla nitrato riduttasi, successivamente il nitrito viene ridotto ad ammonio dalla nitrito riduttasi (Buchanan *et al.*, 2003), infine l'ammonio viene assimilato attraverso varie vie metaboliche nei composti organici, primi fra tutti gli amminoacidi (Gonnella *et al.*, 2002).

Per l'uomo, le tre fonti principali dell'assunzione di nitrato sono nell'ordine: gli ortaggi, l'acqua e le carni insaccate (Santamaria, 1997). Infatti il nitrato e soprattutto il nitrito sono utilizzati come additivi alimentari nelle carni preparate e conservate per l'azione antimicrobica da essi svolta (Santamaria, 2006). La presenza di nitrato, in particolar modo negli ortaggi, è considerata una seria minaccia alla salute umana (Santamaria, 2006).

Dal punto di vista tossicologico, il nitrato di per sé ha una tossicità acuta estremamente bassa (Speijers, 1996). Il problema principale è legato al fatto che nell'uomo il 5-10% del nitrato ingerito è ridotto nella saliva e nel tratto gastrointestinale nel più tossico nitrito (Walters e Smith, 1981) attraverso la riduzione da nitrato a nitrito ad opera di enzimi batterici (Santamaria, 2006). Ancor più grave è il fatto che il nitrito può reagire con ammine e ammidi per formare composti N-nitroso, che sono tossici e possono portare a serie patologie nell'uomo (Santamaria, 2006). L'effetto principale prodotto dal nitrito è rappresentato dall'ossidazione dell'emoglobina nel sangue, che si trasforma in metaemoglobina, composto non più in grado di trasportare ossigeno ai tessuti; un minor trasporto di ossigeno comporta pertanto conseguenze soprattutto nei neonati fino a sei mesi di età in quanto provoca la metaemoglobinemia, conosciuta anche come "blue baby syndrome", che consiste nella colorazione bluastra delle estremità (dita, naso), dovuta alla cattiva ossigenazione del sangue (Santamaria, 2006). Per valutare la cancerogenicità negli animali da laboratorio sono stati studiati circa 300 composti N-nitroso: l'85% delle 209 nitrosammine e il 92% delle 86 nitrosammidi sono risultati cancerogeni in più di 40 specie animali (Gangolli *et al.*, 1994). Queste includono mammiferi, uccelli, rettili e pesci, e non c'è ragione di ipotizzare che gli uomini siano gli unici resistenti (Hill, 1999). Numerosi sono i fattori che influenzano l'assorbimento e l'accumulo di nitrato nei tessuti vegetali: fattori genetici, ambientali e colturali. Tra i

fattori studiati, la luce, valutandone sia l'intensità che la durata, è stata identificata come la principale causa che influenza il contenuto di nitrato negli ortaggi (Santamaria *et al.*, 2002.; Pimpini *et al.* 2005). Infatti, entrambe condizionano l'attività della nitrato riduttasi che è in grado di regolare l'accumulo di nitrati in quanto stimola l'innesco del processo di organicazione dell'azoto. In sostanza, maggiori sono l'intensità luminosa e la lunghezza del fotoperiodo, minore sarà il contenuto di nitrati nei tessuti vegetali (Pimpini *et al.*, 2005). Da ciò deriva la variazione di contenuto di nitrati delle foglie nel corso della giornata, con il riscontro di valori minimi in prossimità del tramonto e massimi all'alba (Minotti e Stanley, 1973). Tale realtà riveste un importante interesse applicativo in quanto consiglia i momenti più opportuni in cui effettuare la raccolta, aspetto questo da non sottovalutare soprattutto se si vuole considerare che il contenuto di nitrati è ora una delle caratteristiche intrinseche maggiormente valutate in un contesto di produzione di qualità.

Oltre alla luce, anche la temperatura è un fattore in grado di influire sulla concentrazione di nitrato nei tessuti, in quanto influenza i processi di assorbimento, traslocazione e assimilazione, spesso in modo combinato (Gonnella *et al.*, 2002). E' stato infatti riscontrato da Behr e Wiebe (1992) che l'attività fotosintetica è inversamente correlata alla temperatura dell'ambiente, giustificando l'incremento dell'accumulo di nitrato all'aumentare della temperatura. Nei confronti della rucola, ad esempio, i risultati forniti da prove condotte da Ventrella *et al.* (1993), hanno messo in evidenza che le foglie presentavano contenuti più elevati di nitrato con temperature di 15 °C rispetto a 10 °C. Un ulteriore fattore da tenere in considerazione è rappresentato dalla dotazione idrica del terreno. Buone disponibilità di acqua favoriscono l'assorbimento dello ione nitrico e il suo accumulo (Paradiso *et al.*, 2001), contemporaneamente, però, aumenta la perdita di azoto nitrico per percolazione verso la falda ipodermica (Patrino, 1987). Inoltre, secondo Maynard *et al.* (1976), sono da evitare stress da carenza idrica poiché, in tali condizioni, la pianta continua l'assorbimento del nitrato anche quando l'attività della nitrato riduttasi è già interrotta e ciò provoca un ovvio aumento della concentrazione di nitrato nei tessuti. Si ricorda, inoltre, che anche la conservazione post-raccolta incide in modo considerevole sul contenuto di nitrati nella parte edibile (Pimpini *et al.*, 2005). In generale, elevate temperature, scarsa ossigenazione (atmosfera ricca di CO₂) ed elevata umidità relativa aumentano la formazione di nitriti (Santamaria *et al.*, 2002).

La nutrizione azotata rimane, comunque, il fattore colturale più importante in grado di determinare la quantità dei nitrati nei tessuti vegetali. Diversi aspetti legati alla concimazione possono infatti assumere un ruolo determinante nell'accumulo di nitrati nella parte edule degli ortaggi. Innanzitutto è stato sperimentato che la concentrazione di nitrato generalmente aumenta con l'aumentare delle disponibilità di azoto nel mezzo di coltivazione (Bonasia *et al.*, 2002). Non sempre, però, ad elevate disponibilità di N corrisponde un aumento di produzione (McCall e Willumsen, 1998). Anzi, in questo modo le piante continuano ad assorbire elementi nutritivi in eccesso, stivandoli a livello del vacuolo, in modo tale da garantire la crescita anche quando le disponibilità del mezzo di coltura diminuiscono (Koch *et al.*, 1988), provocando in questo modo un eccessivo accumulo di nitrati, condizione peraltro difficilmente controllabile se non si coltiva in regime di fuori suolo. Oltre alla dose di azoto, particolare influenza viene

assicurata dal rapporto NH_4/NO_3 . Maggiore è la quota ammoniacale, minore è il contenuto di nitrati (Pimpini *et al.*, 2005). Il problema è che purtroppo di solito NH_4 non è la forma preferita dalle piante (Salsac *et al.*, 1987); inoltre, se assorbito in eccesso, può causare tossicità.

Per quanto riguarda il tipo di concimazione, i concimi a lento rilascio, vista la aleatorietà del rilascio dell'azoto, vanno impiegati dopo attenta valutazione del momento di applicazione e della durata del ciclo colturale per non favorire concentrazioni elevate di nitrati nelle piante fino al momento della raccolta (Pimpini *et al.*, 2005). In merito alla densità d'impianto si dovranno evitare eccessive numerosità di piante per unità di superficie che portano, per l'elevata competizione, ad una riduzione dell'intensità luminosa a livello della coltura. Elevate densità, inoltre, si traducono in fenomeni di filatura con anormale allungamento della foglia e incremento della quota di picciolo nel prodotto edibile dove si osserva la maggiore concentrazione di nitrati. È stato infatti ripetutamente provato che il contenuto di nitrato varia nelle diverse parti della pianta seguendo questa successione in ordine decrescente: picciolo, foglia, stelo, radice, infiorescenza, tubero, bulbo, frutto e seme. Le differenti capacità di accumulare nitrato possono essere correlate alla diversa localizzazione dell'enzima nitrato riduttasi, oltre che al differente grado di assorbimento e trasferimento del nitrato nella pianta (Santamaria, 2006).

Almeno altri due fattori influenzano il contenuto in nitrati negli ortaggi: la famiglia di appartenenza e la parte di foglia. Per quanto riguarda il primo aspetto, gli ortaggi che accumulano più nitrato appartengono alle famiglie delle *Chenopodiaceae* (es. spinacio), *Brassicaceae* (es. cavolo cappuccio), *Apiaceae* (es. carota) e *Asteraceae* (es. radicchio e lattuga) (Santamaria *et al.*, 1999). Per quanto riguarda il secondo, le foglie più interne di lattuga hanno accumulato meno nitrato rispetto alle foglie più esterne. Ciò può essere riconducibile al fatto che le più esterne hanno efficienza fotosintetica minore rispetto alle foglie interne e contengono vacuoli più vasti (siti di accumulo dei nitrati) (Santamaria *et al.*, 1999).

A livello normativo il Comitato scientifico dell'alimentazione umana della Commissione europea (European Commission's Scientific Committee for Food - SCF), in virtù del fatto che gli ortaggi forniscono il contributo più rilevante all'assunzione di nitrato, ha proposto l'introduzione di limiti massimi per il contenuto di nitrato e l'adozione di tecniche colturali finalizzate alla riduzione della sua concentrazione negli ortaggi (Santamaria e Gonnella, 2001). Partendo poi dalle considerazioni del SFC e al fine di proteggere la salute pubblica, il 15 febbraio 1997 è entrato in vigore il Regolamento della Commissione europea n. 194/97 relativo ai tenori massimi di nitrato ammissibili in lattughe e spinaci in tutti i Paesi dell'Unione Europea (Santamaria *et al.*, 2002). Il Regolamento ha stabilito livelli più alti di nitrato per le colture allevate in inverno rispetto a quelle estive. Per la lattuga sono stati previsti limiti più alti per le colture allevate in serra rispetto alle colture in pien'aria (in pieno campo vi è una più elevata intensità luminosa e minore temperatura, di conseguenza il contenuto di nitrati è inferiore). Il 2 aprile 2002 la Commissione delle Comunità Europee ha sostituito il Regolamento n. 194/97 con il Regolamento n. 563 introducendo alcune novità e fissando i limiti massimi ammissibili per i nitrati contenuti negli ortaggi a foglia larga, come lo spinacio e le lattughe. I limiti vengono espressi in milligrammi per kilogrammo

di prodotto fresco e variano da 2000 mg per le lattughe coltivate all'aperto ai 4500 mg per la lattuga coltivata in ambiente protetto. La Commissione Europea ha emesso poi il nuovo regolamento, n. 1822/2005 dell'8 novembre 2005, con il quale prescrive, a carico degli Stati membri dell'Unione, di sottoporre a regolari controlli il tenore di nitrati negli ortaggi, in particolare a foglia verde, comunicando, inoltre, alla Commissione i relativi controlli, entro il 30 giugno di ogni anno. Inoltre, il Dipartimento politiche comunitarie e il Comitato scientifico dell'alimentazione umana della Commissione europea hanno stabilito un Acceptable Daily Intake (ADI) per NO₃ che non deve superare i 3.7 mg kg⁻¹ di peso corporeo.

La qualità in funzione delle varianti di processo

I fattori che condizionano la qualità dei prodotti possono essere considerati tanti quanti quelli che controllano il livello delle rese. Il loro effetto sui diversi parametri qualitativi si può manifestare con modalità diverse e talvolta contrastanti. Nell'ambito della medesima coltura, infatti, la qualità dei prodotti dipende da fattori di ordine genetico, da fattori ambientali, dalle pratiche agronomiche e da aspetti attinenti alla fase di raccolta e post-raccolta. In generale si tratta di fattori che possono presentare riflessi diretti o indiretti in rapporto alla loro influenza sui processi di assimilazione, assorbimento idrico, stato nutrizionale e sulla ripartizione dei fotosintati nelle porzioni eduli della pianta (Mezzetti e Leonardi, 2009).

Aspetti genetici

Per le colture ortofrutticole, la scelta del genotipo ha da sempre costituito un aspetto di primaria importanza in rapporto ai riflessi sulle caratteristiche qualitative del prodotto che derivano dalla continua diffusione di nuove cultivar, caratterizzate da un elevato potenziale produttivo o idonee a far fronte a specifiche condizioni di stress. La variabilità del profilo qualitativo in funzione del genotipo ha sicuramente rappresentato una delle più immediate strategie per la produzione di genotipi dotati di caratteristiche di qualità più rispondenti alle specifiche esigenze espresse dai consumatori.

Nel caso di programmi rivolti ad esaltare la qualità nutrizionale, ad esempio, occorrerebbe in primo luogo conoscere i processi che determinano l'efficacia dei composti bioattivi, quindi è necessario identificarli chimicamente e risulta necessario verificare la loro stabilità nelle varie fasi di conservazione (Finley, 2005).

La qualità nutrizionale di diverse specie ortofrutticole può essere esaltata tramite un approccio di miglioramento genetico tradizionale solo se sono disponibili risorse genetiche in grado di fornire validi progressi nelle diverse generazioni di incrocio. Il sistema transgenico è già stato applicato con successo per alcuni ortaggi come ad esempio il pomodoro (Davoluri *et al.*, 2005) e ciò evidenzia la possibilità di impiegare tali tecnologie per incrementare il contenuto di specifiche componenti bioattive delle piante anche se tali interventi risultano piuttosto complessi.

Clima

Oltre a quanto già riferito per nitrati e nitriti, la variabilità delle condizioni climatiche risulta essere sicuramente un parametro non trascurabile per la qualità delle produzioni. A tale proposito infatti i fattori climatici possono avere riflessi sui processi di assimilazione e sullo stato nutrizionale della pianta (Anttonen *et al.*, 2006). Inoltre la realizzazione di condizioni climatiche “modificate” tramite l’impiego di apprestamenti protettivi più o meno avanzati possono anch’esse avere riflessi sulla qualità dei prodotti. Nell’ambito dei molteplici aspetti che vanno a determinare il clima, temperatura e luce giocano un ruolo di rilievo nell’influenzare la qualità poiché vanno ad interagire pesantemente con i processi biochimici della pianta (Wang *et al.*, 2003). Gli effetti di questi due parametri sui processi di assimilazione si evidenziano in direzione opposta, poiché elevati livelli del primo favoriscono l’accumulo di fotosintati, mentre temperature elevate ne accelerano la demolizione.

Per quanto riguarda gli effetti sulla qualità l’influenza di questi due parametri deve essere considerata in funzione delle molteplici definizioni e attributi di qualità. Estremi termici possono, ad esempio, avere riflessi sui processi di macro e micro sporogenesi (Subodh e Munshi, 2001), sull’assimilazione (Zhang *et al.*, 2007), sulla sintesi e demolizione dei pigmenti (Hamazu, 1994).

In relazione agli ortaggi da foglia, invece, ridotta intensità luminosa può presentare riflessi positivi su alcuni parametri qualitativi (es. elevata acquosità dei tessuti, attenuazione del colore verde, ecc), mentre può comportare un peggioramento delle caratteristiche salutistiche del prodotto per l’elevato accumulo di nitrati (Santamaria *et al.*, 2002; Santamaria, 2006). Sempre nei confronti della luce risulta interessante anche la componente fotoperiodica in quanto per alcune orticole (es. radicchio) può rappresentare il fattore determinante per la transizione di fase con conseguente scadimento qualitativo del prodotto dovuto alla salita a seme della pianta (Pimpini *et al.*, 2007; Pimpini e Nicoletto, 2008). Anche l’umidità relativa può rappresentare un fattore critico per la qualità poiché può determinare rallentamento o attivazione del ricambio idrico ed una diversa allocazione di acqua nelle varie porzioni della pianta (Leonardi *et al.*, 2000).

Concimazione e irrigazione

Effetti rilevanti sulla qualità dei prodotti orticoli sono prevalentemente esercitati dall’irrigazione e dalla concimazione (Ferrante *et al.*, 2008). Il regolare rifornimento idrico migliora generalmente la qualità dei prodotti orticoli mediante un incremento del contenuto d’acqua nelle porzioni edibili. Tuttavia l’elevato contenuto di acqua può, in alcuni casi, pregiudicare la serbevolezza dei prodotti o la sapidità degli stessi. In linea del tutto generale è possibile affermare che la qualità risulta compromessa dalla carenza di acqua per le specie da organi vegetativi e dagli eccessi per quelle da organi riproduttivi (La Malfa, 1988).

Gli effetti della nutrizione minerale sono in primo luogo da ricondurre al ruolo che i diversi elementi hanno sui diversi processi metabolici della pianta che stanno alla base della sintesi e traslocazione dei molteplici composti biochimici. Elevate dosi di fertilizzanti, se da un lato possono rappresentare il presupposto per un miglioramento

dei fattori positivi della qualità, dall'altro possono comportare anche l'accumulo di nitrati nelle porzioni edibili (Malaguti *et al.*, 2001).

Raccolta e post-raccolta

Tra gli aspetti che condizionano indubbiamente la qualità vi sono quelli relativi alla raccolta e al post-raccolta. Nel primo caso ci si riferisce alla stadio di maturazione del prodotto, alla modalità e alle condizioni ambientali al momento della raccolta. Per gran parte dei prodotti ortofrutticoli, le migliori caratteristiche qualitative vengono comunque raggiunte in corrispondenza della raccolta; nelle fasi successive vi è un progressivo decadimento della qualità che può essere solo rallentato con opportune tecniche di difesa. Pertanto le condizioni di mantenimento e le tecniche di lavorazione del prodotto possono assumere un'importanza molto rilevante in fase post-raccolta. Per quest'ultima, infatti, va precisato che i prodotti possono subire danni meccanici, attacchi di patogeni, che vanno ad alterare il quadro metabolico del prodotto (Almirante e Colelli, 1994).

Da quanto esposto finora emerge la necessità da parte del settore orticolo di adeguarsi ai nuovi scenari che si stanno presentando negli ultimi anni mediante innovazione tecnico-agronomica e organizzativa, oltre a considerare con sempre maggiore attenzione le aspettative dei consumatori. Tale figura, infatti, manifesta una crescente diffidenza nei confronti dei prodotti il cui processo produttivo si caratterizza per un elevato grado di intensificazione. Oltre a ciò l'attore finale della filiera produttiva risulta essere sempre più attento ai prodotti salubri, ottenuti con tecniche eco-compatibili. L'interesse nei confronti di questo adeguamento proviene dal sopra citato progressivo cambiamento del concetto di qualità che sta avvenendo per i prodotti orticoli. Quindi, nell'ambito dei principali obiettivi da perseguire ai fini del mantenimento della competitività del comparto, vi è quello relativo alla qualificazione e caratterizzazione delle produzioni. Nell'affrontare questa tematica, appare evidente che i determinanti della qualità dei prodotti ortofrutticoli riguardanti la filiera produttiva sono numerosi e che le relazioni di causa-effetto risultano sufficientemente conosciute solo in alcuni casi. Pertanto al fine di ampliare la panoramica su tale aspetto, di seguito verranno esposti i risultati ricavati dallo studio di specie orticole di interesse nazionale ed internazionale tipiche della Regione Veneto.

BIBLIOGRAFIA

- ALMIRANTE P., COLELLI G. 1994. Criteri costruttivi degli impianti di frigoconservazione in relazione alle esigenze post-raccolta dei prodotti. Atti del Convegno "Scelte Varietali e Aspetti Qualitativi della Frigoconservazione", Firenze, Italy, 129-169.
- AMES B.M., SHIGENS M.K. HAGEN T.M. 1993. Oxidants, antioxidants and the degenerative diseases of aging. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 90:7915-7922.
- ANTTONEN M., HOPPULA K.I., NESTBY R., VERHEUL M.J., KARJALAINEN R.O. 2006. Influence of fertilization, mulch color, early forcing, fruit order, planting date, shading, growing environment and genotype on the content of selected phenolics in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits. J. Agric. Food. Chem., 54:2614-2620.
- BALZ F. 1999. Antioxidant vitamins and heart disease. Presented at the 60th Annual Biology Colloquium, Oregon State University, Corvallis, Oregon, February 25.
- BEHR U., WIEBE H.J. 1992. Relation between photosynthesis and nitrate content of lettuce cultivars. Scientia Hort. 49:175-179.
- BONASIA A., GONNELLA M., SANTAMARIA P. 2002. Nutrizione azotata e contenuto di nitrato negli ortaggi. Supplemento a Colture protette n. 12.
- BUCHANAN B.B. 2003. Biochimica e biologia molecolare delle piante. Ed. Zanichelli. Bologna.
- CABRAS P. 2004. Chimica degli alimenti. Piccin Editore. Padova.
- CLIFFORD M.N. 1999. Chlorogenic acid and other cinnamates nature, occurrence and dietary burden. J. Sci. Food Agric., 79:362-372.
- DALLA ROSA M. 1996. Influenza dei processi di trasformazione sulla presenza di antiossidanti negli alimenti. In Conte L., Dalla Rosa M., Zamorani A.. Antiossidanti naturali negli alimenti. Aspetti tecnologici e qualitativi, CLEUP, Padova pp 125-136.
- DAVOLURI G.R., VAN TUINEN A., FRASER P.D., MANFREDONIA A., NEWMAN R., BURGESS D., BRUMMELL D.A., KING S.R., PALYS J., UHLIG J., BRAMELY P.M., PENNING S.H.J., BOWLER C. 2005. Fruit-specific RNAi-mediated suppression of *DETI* enhances carotenoid and flavonoids content in tomatoes. Nat. Biotechnol., 23:890-895.
- FERRANTE A., SPINARDI A., MAGGIORE T., TESTONI A., GALLINA P.M. 2008. Effect of nitrose fertilization levels on melon fruit quality at the harvest time and during storage. J. Sci. Food and Agriculture, 88(4):707-713.

- FINLEY J.W. 2005. Proposed criteria for assessing the efficacy of cancer reduction by plant foods enriched in carotenoids, glucosinolates, polyphenols and seleno compounds. *Annals of Botany*, 95:1075-1096.
- FOGLIANO V. 2009. Composti salutistici degli ortaggi. *Italus Hortus*, 16(4):43-51.
- GANGOLLI S.D., VAN DEN BRANDT P.A., FERON V.J., JANZOWSKY C., KOEMAN J.H., SPEIJERS G.J.A. SPIEGELHALDER B., WALKER R., WISHNOK J.S. 1994. Nitrate, nitrite and N-nitroso compounds. *Eur. J. of Pharmacology*, 292:1-38.
- GONNELLA M., SERIO F., SANTAMARIA P. 2002. Fattori genetici ed ambientali e contenuto di nitrati negli ortaggi. *Colture protette, Suppl. al n. 12*:14-19.
- HAMAUZU Y., MIYAMOTO Y., CHACHIN K. 1994. Effect of high temperatures on the change of carotenoids contents in tomato fruit after harvest. *J. Jap. Soc. Hortic. Sci.*, 63(3):675-684.
- HARBORNE J.B., DEY P.M. 1989. Methods in plant biochemistry. *Plant Phenolics*, 3:162-168.
- HILL M.J. 1999. Nitrate toxicity: myth or reality?. *British J. Nutr.*, 81:343-344.
- KING G., BEINS M., LARKIN J., SUMMERS B., ORDMAN A.B. 1994. Rate of excretion of vitamin C in human urine. *Age*, 17:87-92.
- KOCH G.W., SCHULZE E.D., PERCIVAL F., MOONEI H.A., CHU C. 1988. The nitrogen balance of *Raphanus sativus* x *Raphanus raphanistrum* plants. *Plant Cell Environ.*, 11:755-767.
- LA MALFA G., 1988. La qualità degli ortaggi destinati al consumo alla stato fresco. Consiglio nazionale delle ricerche. Progetto strategico: Nuovi orientamenti dei consumi e delle produzioni alimentari.
- LEONARDI C., GUICHARD S., BERTIN N. 2000. High vapour pressure deficit influences growth, transpiration and quality of tomato fruits. *Acta Hortic.*, 659:769-774.
- MALAGUTI D. MILLARD P., WENDLER R., HEPBURN A., TAGLIAVINI M. 2001. Translocation of amino acids in the xylem of apple (*Malus domestica* Borkh.) trees in spring as a consequence of both N remobilization and root uptake. *J. Exp. Bot.*, 52(361):1665-1671.
- MAYNARD D.N., BARKER A.V., MINOTTI P.L., PECK N.H. 1976. Nitrate accumulation in vegetables. *Adv. Agron.* 28:71-118.
- MCCALL D., WILLUMSEN J. 1998. Effects of nitrate, ammonium and chloride application on the yield and nitrate content of soil-grown lettuce. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 73(5): 698-703.
- MENESATTI P. 2000. Misura strumentale della qualità in ortofrutticoltura. *Italus Hortus*, 7(2):12-19.

- MEZZETTI B., LEONARDI C. 2009. Determinanti della qualità delle produzioni ortofrutticole. Ital. J. Agron./Riv. Agron., 1 Suppl.:103-113.
- MIDDLETON E.M., TERAMURA A.H. 1993. The Role of Flavonol Glycosides and Carotenoids in Protecting Soybean from Ultraviolet-B Damage. Plant Physiology, 103(3):741-752.
- MINOTTI P.L., STANLEY D.L. 1973. Diurnal variation in the nitrate concentration of beets. Hort. Science, 8:33-34.
- PARADISO R., DE PASCALE S., BARBIERI G. 2001. Effetto del regime irriguo e delle dosi di azoto su consumi idrici, resa e contenuto di nitrati in spinacio. Italus Hortus, 4:14-21.
- PATRUNO A., 1987. Dilavamento dell'azoto nitrico e perdita nelle acque di drenaggio. Irrigazione Drenaggio, 34 (1):37-43.
- PERI C. 2004. Qualità nelle aziende e nelle filiere agroalimentari. Hoepli, Milano.
- PIMPINI F., GIANNINI M., LAZZARIN R. 2005. *Ortaggi da foglia da taglio*. Veneto Agricoltura.
- PIMPINI F., NICOLETTO C. 2008. Effetto della vernalizzazione sull'induzione a fiore in tipologie e classi diverse di radicchio (*Cichorium intybus* L. var *silvestre* Bischoff). Ital. J. Agron./Riv. Agron., 2 Suppl.:69-80.
- PIMPINI F., NICOLETTO C., VAROTTO S. 2007. Radicchio: efficacia del fotoperiodo e della vernalizzazione sull'induzione a fiore. Colture Protette, 1:50-63.
- RIMM E.B., STAMPFER M.J., ASCHERIO A. 1993. Vitamin E consumption and the risk of coronary heart disease in men. Engl. J. Med., 328:1450-1456.
- SALSAC L., CHAILLOU S., MOROT-GAUDRY J.F., LEISANT C., JOLIVET E. 1987. Nitrate and ammonium nutrition in plants. Plant Physiol. Biochem., 25:805-812.
- SANTAMARIA P. 1997. Contributo degli ortaggi all'assunzione giornaliera di nitrato, nitrito e nitrosammine. Industrie Alimentari, 36:1329-1334.
- SANTAMARIA P. 2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. J. Sci. Food Agric., 86:10-17.
- SANTAMARIA P., ELIA A., SERIO F., TODARO, E. 1999. A survey of nitrate and oxalate content in fresh vegetables. J. Sci. Food Agric., 79:1882-1888.
- SANTAMARIA P., GONNELLA M. 2001. Ways of reducing rocket salad nitrate content. Acta Hort., 548:529-536.
- SANTAMARIA P., GONNELLA M., VALENZANO V. 2002. Livelli di nitrato e commercializzazione degli ortaggi. Colture Protette, 12:7-13.

- SHAO H., CHU L., SHAO M., CHERUTH A.J., MI H. 2008. Higher plant antioxidants and redox signaling under environmental stresses. *C. R. Biologies*, 331:433-441.
- SPEIJERS G.J.A. 1996. Nitrate. In *Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants in food. Food Additives Series*, 35:325-360. World Health Organization, Geneva.
- SUBODH J., MUNSHI A.D. 2001. Capsicum germplasm with fruiting ability under high temperature stress. *Capsicum and Eggplant Newsletter*, 20:27-30.
- TAIZ L., ZEIGER E. 2002. *Fisiologia vegetale*. Piccin-Nuova Libreria Editore, Padova.
- TAKEDA, K., TOCHIKA, Y., FUKAZAWA, R., MORI, T. 1994. Flavonoids As Uv-Protectant. *Acta Hort.*, 381:348-354.
- TRINCHERA A. 2001. I nitrati nel metabolismo degli organismi viventi. *Bollettino SISS*, 50:875-884.
- URQUIAGA I., LEIGHTON F. 2000. Plant polyphenol antioxidants and oxidative stress. *Biol. Res.* 33:55-64.
- VENTRELLA D., SANTAMARIA P., MAGNIFICO V., SERIO F., DE BONI A., CORDELLA S. 1993. Influenza dell'azoto sull'accumulo di nitrati in foglie di rucola (*Eruca sativa* Miller) allevata in differenti condizioni di temperatura e irradianza. *Riv. Agron.*, 27:621-626.
- VINSON J.A., PROCH J., BOSE P. 2001. Determination of quantity and quality of polyphenol antioxidants in food and beverages. *Methods Enzymol.*, 335:103-114.
- WALTERS C.L., SMITH P.L.R. 1981. The effect of water-borne nitrate on salivary nitrate. *Food Chem. Toxicol.*, 19:297-302.
- WANG S.Y., ZENG W., MAAS J.L. 2003. High plant growth temperatures increases antioxidant capacities in strawberry fruits. *Acta Hort.*, 626:57-63.
- WILLET W.C. 1999. Goals for nutrition in the year 2000. *CA. Cancer. J. Clin.*, 49:331-352.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1990. *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a WHO study group – Technical Report Series 797*. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- ZHANG J., LI T., XU J. 2007. Effect of daytime sub-high temperature on metabolism of photosynthesis in tomato leaf and fruit after flowering. *Plant Physiology Communications*, 43(4):673-677.

Siti web citati:

www.silsismi.unimi.it

RADICCHIO

INTRODUZIONE

Cenni storici



Figura 1 – La cicoria selvatica nell'iconografia del Cruijdeboek di Rembertus Dodonaeus (1544).

Riportare le origini del radicchio così come oggi lo conosciamo è difficile per mancanza di precise e attendibili documentazioni che ne avvalorino la data di nascita. Le nozioni relative all'origine di questo ortaggio sono affascinanti, ma altrettanto vaghe, indefinite e, a volte, contraddittorie. E' cosa certa che il radicchio derivi dalla cicoria selvatica (Fig. 1), specie spontanea selezionata poi col tempo per la produzione di foglie commestibili.

Come pianta erbacea spontanea, il radicchio ha avuto un impiego sicuramente molto antico, mentre la selezione delle tipologie tuttora coltivate è avvenuta in tempi abbastanza recenti. Per secoli questa cicoria è stata il cibo della gente povera e la mancanza di testimonianze storiche sul consumo della pianta è sicuramente riconducibile ad un suo uso prevalente presso le classi meno abbienti che non riscuotevano dunque un interesse tale da attirare l'attenzione di studiosi e letterati dell'epoca disposti a descrivere le abitudini alimentari dei poveri. Anche Plinio il Vecchio (23-79 d.C.) nella *Naturalis Historia* descrisse la cicoria sia come un cibo per poveri, ma anche come pianta dalle innumerevoli virtù medicinali; il succo estratto veniva utilizzato contro il mal di testa e i dolori al fegato mentre

le radici erano considerate a tutti gli effetti una sorta di panacea efficace contro il mal di stomaco, la gotta e l'insonnia.

Nel Medioevo (476-1492 d.C.), lo sviluppo del Monachesimo determinò un grande impulso al consumo di cicoria, nonostante l'uso culinario rimanesse sostanzialmente limitato ai ceti meno abbienti o addirittura agli animali allevati. Le citazioni letterarie da Orazio (65-8 a.C.) fino ad Aretino (1492-1556 d.C.) tendevano invariabilmente a presentare le virtù di questo ortaggio come un cibo rustico e sano, da contrapporre ai cibi insalubri che erano consumati nelle corti reali o nobiliari. Nel 1561, il Prefetto dell'Orto Botanico di Padova Luigi Squalermo parlava di una cicoria invernale da imbianchire coltivata nel Veneto. Con grande probabilità l'origine del radicchio rosso veneto può perciò essere fatta risalire a varietà simili a quella da lui descritta: "...a foglie più larghe della selvatica per la coltura. Questa sorte non è altro che li radicchi che si seminano negli horti, la selvatica invece è quella che nasce in campagna...".

Giovan Battista Barpo (1634), canonico bellunese, in merito alla forzatura e all'imbianchimento si esprime con queste parole: *“alcuni la trapiantano per averla più tenera, altri la legano come la lattuga o endivia, per farla bianchissima e tenera... Col lasciarla sotto la sabbia, o coperta con terra, canne, foglie, paglia di sarafino, o legata stretta; ma ancora meglio diventerà se verranno coperti i suoi piedi con piattelli o scodelle fatte apposta poiché, non respirando e non essendo toccata dall'aria, verrà come neve bianca, e questo viene stimato per bellissimo segreto”*.

La cicoria venne coltivata a lungo anche per utilizzarne la radice che, torrefatta, poteva fornire un surrogato del caffè di discreta qualità. Questa proprietà fu descritta per la prima volta da Prospero Alpini (XVI sec.), noto proprio per aver importato il caffè dall'Africa. La coltura di cicoria da radice si diffuse soprattutto durante i periodi di crisi del commercio del caffè, come ad esempio i blocchi commerciali napoleonici o il periodo tra le due guerre mondiali (Pignatti, 1982; www.biodiversitaveneto.it).

Nel Veneto, la prima notizia certa riguardante la coltura del radicchio risale al 1862 e si ritrova in un articolo in cui si parla dell'imbianchimento del Radicchio Rosso di Treviso, la varietà più antica tra quelle oggi coltivate (L'Agricolo, 1862). La prima mostra-mercato di radicchi venne realizzata nel 1900 a Treviso nell'attuale collocazione della Piazza dei Signori, sotto la Loggia. Fu istituita da Giuseppe Benzi, agronomo di origini lombarde, che ebbe la brillante idea di far conoscere ai consumatori e ai commercianti in un modo molto semplice e diretto *in primis* la cicoria rossa, senza però trascurare quella variegata. Già in questa prima mostra di Treviso un settore fu infatti dedicato “ai cespi di radicchio screziati, simili a bellissime rose, che sanno così perfettamente preparare i coltivatori di Castelfranco”. Vincitore in quell'occasione fu Ermenegildo Basso da Castelfranco. Dal 1914 una mostra dedicata specificatamente al Variegato castellano inizierà a tenersi e verrà ripetuta ogni anno fino ai nostri giorni, in piazza, a Castelfranco Veneto (provincia di Treviso).

La patria di origine del radicchio e delle relative tecniche di imbianchimento con l'uso di acqua sorgiva fu, secondo una tradizione confermata dalle fonti storiche, Dosson di Casier (Treviso). Sulla selezione decisiva che ha dato origine alle numerose varietà, esistono invece solo leggende che vanno dalla diffusione dei semi da parte di uccelli di passaggio, alla tutela e conservazione di antiche sementi ad opera di frati. Altre informazioni più attendibili fanno riferimento alle attività condotte nella Marca dal vivaista Francesco Van den Borre su Treviso tardivo, all'epoca noto progettista di giardini, che avrebbe applicato al locale radicchio le tecniche di imbianchimento usate per la lattuga belga (notizia a quanto pare smentita nel libro di Camillo Pavan intitolato “Raici”). Sembra verosimile che la pratica di imbianchimento realizzata da Van den Borre, nella zona fra Dosson e Preganziol, sia stata poi estesa al radicchio di Castelfranco (Pasin, 1999).

La storia del radicchio di Castelfranco, a differenza del Rosso di Treviso, si può definire “a misura d'uomo”, nel senso che risale il tempo di sole due generazioni. All'origine si pensa ci sia stato un certo Paron Lazzaro che abitava in “Campo Puppato” sito in borgo della Pieve, in Castelfranco Veneto. Qui, come afferma Gino Dallan in un'intervista di Giuseppe Maffioli, il Paron Lazzaro possedeva un brolo di cinque campi di terra e procedeva a certe sperimentazioni genetiche su frutta, legumi e soprattutto su insalate (Maffioli, 1984). Su queste poche ma certe informazioni affondano dunque le radici e

quindi l'identità del radicchio "Variegato di Castelfranco", che ha intrapreso un percorso non sempre facile ma che gli ha permesso, in poco più di un secolo, di raggiungere il vertice fra i prodotti orticoli invernali.

Caratteri botanici

Come tutte le cicorie, i radicchi appartengono alla famiglia delle *Asteraceae*, tribù *Cichoriae*, genere *Cichorium*, che secondo alcuni botanici comprende 7 o 8 specie tra le quali, sotto il profilo orticolo, rivestono particolare importanza *C. endivia* e *C. intybus*; a quest'ultima appartengono tipi con piante a foglie verdi, variegata o rosse, che fanno riferimento al gruppo *rubifolium*.

Le tipologie di radicchio maggiormente coltivate in Veneto sono: "Rosso di Treviso tardivo", "Rosso di Treviso precoce", "Rosso di Verona", "Variegato di Castelfranco", "Variegato di Chioggia", "Rosso di Chioggia", "Bianco di Chioggia" e "Bianco di Lusìa".

Allo stato spontaneo, le cicorie presentano comportamento perennante o biennale, formando, nella fase iniziale di crescita del primo anno, una rosetta di foglie e al secondo anno lo stelo. Nella pratica comune invece, i radicchi sono coltivati come piante annuali, con semine e/o trapianti che interessano buona parte dell'anno (all'aperto o in ambiente protetto) (Pimpini *et al.*, 2002). Le foglie sessili hanno forma e colore diversi a seconda dei tipi, passando dalle numerose tonalità di verde al variegato e al rosso, colore che può comparire in autunno nel periodo appena successivo alle prime brine. Il margine è intero o finemente dentato.

Dopo la caratteristica fase iniziale di rosetta, quando la pianta ha completato il suo accrescimento e ha raggiunto la sua maturazione commerciale, il grumolo presenta da 50 ad 80 foglie di dimensioni molto diverse che diventano più o meno embricate, formando nella parte centrale una testa chiusa e compatta che contraddistingue il Rosso di Verona, il Rosso di Treviso precoce, le tipologie del Chioggia e il Bianco di Lusìa, mentre meno compatta appare nel Rosso di Treviso tardivo e totalmente aperta nel Variegato di Castelfranco. La nervatura centrale è sempre molto appariscente e di forma diversa (schiacciata, larga e ben diffusa su tutta la lamina nel Variegato di Castelfranco, nei tipi di Chioggia e Bianco di Lusìa, mentre si presenta spessa e continua per tutta la lunghezza della foglia in quelli di Treviso e Verona). Le lamine fogliari sono caratterizzate da tomentosità più o meno intensa e consistente. L'apparato radicale, fittonante, con funzione di riserva, ha forma conica o fusiforme e si approfondisce per 0.3-0.5 m. Nei grumoli commerciali il fusto è molto corto (20-60 mm) e carnoso; su di esso si inseriscono le foglie in numero variabile in relazione ai diversi tipi.

Nella primavera successiva all'impianto, il caule si allunga e, durante l'accrescimento, emette nuove foglie di dimensioni sempre più piccole mano a mano che si procede verso l'alto. All'ascella di queste, si accrescono ulteriori germogli che danno luogo ad uno scapo florale molto ramificato in grado di raggiungere, in casi particolarmente favorevoli di coltura, i 2 m (Pimpini *et al.*, 2002). La fioritura inizia in maggio-giugno, si protrae per oltre un mese ed è scalare nell'ambito della pianta, a partire dalla base. I fiori ermafroditi sono raggruppati in capolini (Fig. 2), solitari pedunculati o ascellari, in

gruppi di 2 o 3. Queste infiorescenze arrivano a contenere fino a 25 floscoli avvolti esternamente da brattee involucranti. La corolla zigomorfa è formata da 5 petali di colore azzurro più o meno intenso o, raramente, bianco. L'ovario monoovulare è infero; lo stilo, coperto di peli, è molto lungo e termina con uno stigma bifido che si apre in due lobi: questi costituiscono la porzione recettiva, a forma di lingue ben divaricate che tendono ad arrotolarsi su se stesse. Le papille recettive si trovano nella parte interna dei



Figura 2 – Fiore di radicchio con stigmi bifidi in rilievo.

lobi (Pimpini *et al.*, 2002). I capolini si schiudono al mattino presto e restano aperti per alcune ore anche se, in condizioni di cielo nuvoloso e temperature basse, possono rimanere aperti per tempi molto più lunghi, favorendo la possibilità di visite da parte di insetti pronubi. Nella fase di antesi si completa rapidamente l'accrescimento del pistillo con l'allungamento dello stilo e, nello stesso tempo, avviene la deiscenza delle antere in modo che il polline venga portato

all'esterno dai peli presenti sullo stilo. Questo meccanismo, che evita al polline dello stesso fiore di raggiungere le papille stigmatiche recettive, viene definito incompatibilità meccanica.

Il radicchio (corredo cromosomico $2n = 18$) risulta dunque una specie prevalentemente allogama, caratterizzata da incompatibilità genetica che impedisce sia l'autofecondazione che la fecondazione incrociata tra individui che presentano gli stessi fattori d'incompatibilità. Si tratta di un sistema di incompatibilità sporofitica, simile a quello trovato nel genere Brassica e in altre crucifere, che si manifesta sulla superficie stigmatica con una rapida reazione di rigetto del tubetto pollinico e che si trova sotto il controllo di un singolo *locus* S multiallelico. Tale barriera riproduttiva consente al miglioratore di svolgere soltanto selezione massale (Parrini e Lucchin, 2002).

Nella grande generalità dei casi, fino al momento attuale e per le tipologie sulle quali si è maggiormente concentrato il miglioramento genetico, dopo 2-3 cicli successivi di autofecondazione si ha forte depressione da inbreeding. L'impollinazione è prevalentemente entomofila pertanto quando si effettuano colture da seme in zone povere di pronubi, è consigliabile disporre alveari dislocati nelle immediate vicinanze delle stesse, al fine di favorire una più intensa impollinazione. A fecondazione avvenuta si sviluppa un achenio (frutto secco indeiscente) che rappresenta il "seme" commerciale; contiene un solo seme a forma obovato-piramidale provvisto all'estremità maggiore di una corona di scagliette corte e biancastre, saldate tra loro e sfrangiate nella parte distale a formazione di un pappo rudimentale.

Il colore del seme vira dal bianco crema al marrone scuro, quasi nero; la sua lunghezza è intorno ai 2-3 mm e lo spessore di 0.6-1.0 mm. L'intensità del colore scuro è indice di maturazione completa e garanzia di migliore germinabilità e uniformità di germinazione. Il peso di 1000 semi varia da 1.1 a 1.5 g (1 g ne contiene circa 800) (Pimpini *et al.*, 2002).

Tipologie di radicchi e loro derivazione

Secondo la maggior parte degli studiosi, è verosimile che tutte le cultivar di radicchio attualmente coltivate derivino da individui a foglie rosse, riconducibili al Rosso di Treviso tardivo che, introdotto in Europa intorno al XV secolo, ha iniziato ad interessare le zone tipiche del Veneto nel corso del secolo successivo (Fig. 3).

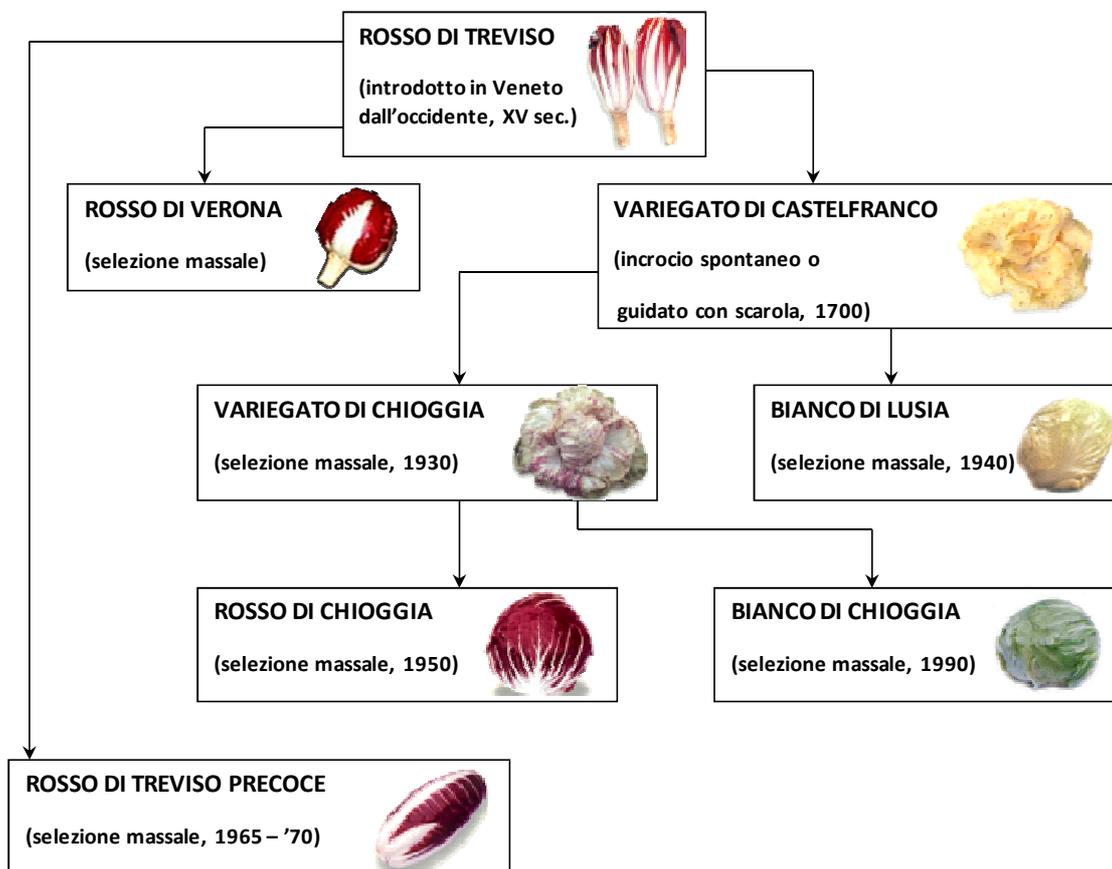


Figura 3 – Tipologie di radicchi e loro derivazione.

A partire da questa tipologia, in seguito a interventi di selezione massale operati nel tempo dagli stessi produttori coadiuvati, in seguito, da tecnici di Ispettorati Agrari e di Veneto Agricoltura si è riusciti a ottenere i tipi attualmente conosciuti, coltivati e commercializzati, caratterizzati da aspetti morfobiologici e organolettici ben definiti che con intensità via via maggiore stanno interessando produttori e consumatori di tutti i continenti.

A partire dal Rosso di Treviso tardivo (introdotto in Veneto dall'Oriente nel 1500 circa, dotato di lamine di colore rosso intenso e brillante, nonché nervatura principale allungata di colore bianco o rosso) per selezione massale praticata dagli orticoltori della provincia di Verona sembra essere derivato il Rosso di Verona, mentre il Variegato di Castelfranco si ritiene provenga da incrocio spontaneo o guidato avvenuto verso il 1700, nella zona di Castelfranco Veneto, tra il Rosso di Treviso e la scarola (*Cichorium endivia* var. *latifolium*).

Dal punto di vista prettamente estetico, il Rosso di Verona presenta un grumolo uniforme e compatto, di dimensioni contenute e leggermente allungato, dotato di foglie

avvolgenti rosse con nervatura principale bianca molto accresciuta e ben definita, mentre il Variegato di Castelfranco presenta grumolo non embricato costituito da foglie con lamine ondulate, a margine finemente dentato, di color giallo crema con variegature dal viola al rosso vivo uniformemente distribuite nell'intera pagina. Il Variegato di Chioggia deriva per selezione massale dal Variegato di Castelfranco dal quale, a partire dal 1930 per opera degli orticoltori di Chioggia, si è isolato un variegato con piante caratterizzate da foglie strettamente embricate a formare la parte commerciale della pianta. Sfruttando la grande variabilità morfologica esistente nell'ambito del Variegato di Chioggia, i produttori, isolando le piante con intensità di variegatura sempre più elevata, hanno costituito il Rosso di Chioggia che presenta grumolo sferico e compatto con foglie di colore rosso dal cremisi all'amaranto, dotate di nervatura principale molto sviluppata che si dirama in tante piccole nervature laterali. Nello stesso tempo, selezionando invece piante caratterizzate da foglie con variegature sempre meno evidenti, alla fine degli anni '80 si è ottenuto il Bianco di Chioggia.

Infine, sempre dal Variegato di Castelfranco, nella zona di Lusia (Rovigo), per selezione massale si è costituito il Bianco di Lusia intorno al 1940, dotato di foglie interne strettamente embricate a formare la testa del grumolo, nella pagina delle quali sono presenti leggere screziature rosso violacee su sfondo di colore giallo crema più o meno intenso, mentre le foglie esterne appaiono quasi prive di screziature (Pimpini, 1990).

Caratteristiche agronomiche e interventi tecnico-colturali

Esigenze climatiche e adattamento ambientale

Le tipologie prese in esame presentano un'elevata adattabilità alle diverse condizioni sia di clima che di terreno; prediligono tuttavia terreni profondi, ben drenati, irrigui, ricchi di sostanza organica, di medio impasto e con pH compreso fra 6 e 7. Il buon drenaggio di un terreno è di fondamentale importanza in quanto garantisce un facile sgrondo delle acque in eccesso, evitando ristagni molto dannosi alla coltura.

Le classi di maturazione più tardive sopportano senza problemi temperature prossime allo zero e tollerano le gelate, anche se in tali condizioni si assiste ad un aumento dello scarto con conseguente contrazione delle rese. Il prodotto in condizioni di ridotti regimi termici presenta, però, migliori caratteristiche qualitative, in particolare per quanto riguarda colorazione e croccantezza delle foglie.

La crescita avviene in modo ottimale con valori termici compresi fra i 15 e i 20 °C, mentre si rallenta in modo consistente al di sotto dei 6-8 °C. La germinazione avviene in 2-4 giorni con temperature di 20 °C, mentre il periodo si allunga a 5-8 giorni con valori di 10 °C.

E' opportuno tenere in considerazione che nel periodo autunnale, quando la coltivazione si trova in condizioni di fotoperiodo breve nella fase conclusiva (ottobre - novembre), si possono verificare, talvolta, innalzamenti termici per periodi anche brevi (5-10 giorni) che risultano sufficienti per stimolare l'allungamento dello scapo di alcune piante soprattutto per il Variegato di Castelfranco. Il successivo ovvio abbassamento della

temperatura ambientale, blocca tale processo (Pimpini, 1990; Pimpini *et al.* 2007; Pimpini e Nicoletto, 2008).

Avvicendamento e consociazione

Secondo gli schemi tradizionali di avvicendamento, nelle aziende ad indirizzo misto (es. cerealicolo-zootecnico), il radicchio occupa il posto di una coltura intercalare di secondo raccolto, in successione ad un cereale autunno-vernino (frumento, orzo).

Nelle aziende ad indirizzo strettamente orticolo, invece, il radicchio entra più comunemente in successione ad altre orticole quali patata, cipolla, carota, lattughe, ecc.. Sempre più frequentemente, infine, si assiste a successioni interannuali.

Il fatto di effettuare più cicli per anno della stessa specie sullo stesso terreno, al momento attuale potenzialità più legata alle tipologie “Chioggia” e “Treviso precoce”, presenta indubbi vantaggi sul piano commerciale per la continuità di offerta che si riesce ad ottenere sul piano produttivo, ma ciò espone ineluttabilmente la coltura a maggiori rischi sotto il profilo fitopatologico. La riduzione degli avvicendamenti infatti favorisce la comparsa di patogeni che rendono difficile la gestione della coltura.

Alla luce di questa realtà pertanto si consiglia di non ripetere la coltivazione del radicchio sullo stesso appezzamento prima di 3-4 anni (Pimpini *et al.*, 2002a). La consociazione, realizzata un tempo con medica o trifoglio, è attualmente abbandonata per ovvi motivi di specializzazione delle tecniche colturali (Pimpini, 1990).

Tecnica colturale

Gli interventi di selezione hanno portato alla differenziazione di diverse popolazioni, ciascuna delle quali caratterizzata da una diversa precocità e da precise esigenze sotto l'aspetto climatico che, se non rispettate, conducono a risultati produttivi del tutto insoddisfacenti, sia sul piano delle rese che della qualità del prodotto.

Nel caso delle produzioni precoci, volte ad ottenere raccolti già a partire dal mese di ottobre, le semine iniziano i primi di luglio mentre per le tipologie più tardive destinate alle produzioni invernali (dicembre-febbraio) esse si possono protrarre fino alla metà di agosto.

L'impianto della coltura può avvenire per semina diretta, impiegando quantitativi di seme variabili da 0.5 a 1.2 kg ha⁻¹, a seconda della germinabilità. Sempre più frequente è il ricorso al trapianto che, oltre a lasciare maggior tempo per la preparazione del terreno e consentire un risparmio di seme, permette anche di migliorare la difesa dalle infestanti ed ottenere una più uniforme densità, fatto che si traduce in una maggiore contemporaneità di raccolta e omogeneità di prodotto. Il trapianto avviene dopo 20-25 giorni dalla semina con piantine nella fase di IV-V foglia vera e sufficientemente radicate. Sia nel caso di semina diretta che di trapianto, si dovrà prestare la massima cura alla preparazione del terreno, al fine di preparare un letto di coltura perfettamente affinato e livellato.

La lavorazione principale è rappresentata da un'aratura o una vangatura alla profondità di 0.30-0.35 m, seguita da una o più erpicature di affinamento. In terreni con difficoltà di drenaggio può risultare conveniente una ripuntatura, da effettuarsi prima della lavorazione principale, per favorire lo sgrondo dell'acqua in eccesso evitando di

conseguenza ristagni superficiali sempre dannosi alla coltura. Nel caso della semina diretta, quando le piante hanno raggiunto lo stadio di III-IV foglia, si procede alle operazioni di diradamento lasciando 2-3 piantine ogni 0.27-0.40 m sulla fila; trascorsi 10-15 giorni, l'intervento è ripetuto in modo da lasciare una sola pianta e pervenire alla densità definitiva di 5-7 piante m⁻². Nel caso in cui la coltura inizi con il trapianto di piantine, siano esse con pane di terra o cubo pressato, vengono utilizzate trapiantatrici portate o semoventi che operano secondo i sestri d'impianto già ricordati nel caso della semina diretta.

Per quanto riguarda la concimazione, in linea generale il radicchio Variegato di Castelfranco e Rosso di Treviso tardivo non presentano particolari esigenze mentre si avvantaggiano in modo particolare della buona dotazione di sostanza organica del terreno. In caso di disponibilità, soprattutto su terreni sciolti, sabbiosi o scarsamente dotati di sostanza organica, è dunque consigliata la distribuzione di letame maturo (40-60 t ha⁻¹) o, in alternativa, di formulati organici commerciali (1-3 t ha⁻¹). La distribuzione di sostanza organica andrà effettuata in concomitanza con la lavorazione principale (meglio addirittura se anticipata alla coltura che precede), con la quale si provvede anche ad interrare i concimi fosfatici e potassici rispettivamente in quantitativi di 100 e 150 kg ha⁻¹. L'azoto andrà invece frazionato, distribuendone parte alla preparazione del terreno e parte in copertura. In linea generale si possono ritenere sufficienti apporti di 70-80 kg ha⁻¹ distribuiti in questo modo: 1/3 in presemina o pre-trapianto, 1/3 al diradamento o superamento della crisi di trapianto e 1/3 dopo circa 20 giorni da questo (Pimpini *et al.*, 2002b).

Attenzione particolare deve essere riservata agli apporti di azoto, in quanto tale elemento, oltre a non garantire incrementi produttivi proporzionali alle quantità distribuite, può determinare effetti negativi sullo stato sanitario delle piante e sulla conservabilità dei cespi. In merito alla risposta della pianta a dosi crescenti di azoto, si è infatti osservato che, a volte, tale elemento nutritivo, pur innalzando la produzione totale, non influisce significativamente sulla resa commerciale. Più interessanti appaiono invece le risposte legate all'impiego di P₂O₅ e K₂O che sembrano incrementare, seppur in modo non molto evidente, sia l'aspetto quantitativo che qualitativo della produzione (Pimpini *et al.*, 2002a). Il modesto effetto che l'azoto manifesta sulla produzione e le limitate dosi che di conseguenza possono essere consigliate per questa specie, rappresentano aspetti da tenere in considerazione per i riflessi sulle caratteristiche intrinseche del prodotto, ma soprattutto sull'ambiente: l'apporto di azoto infatti, anche se non innalza in modo consistente il contenuto di nitrati all'interno della pianta, essendo facilmente dilavato, specie nei terreni sciolti, può creare inquinamento della falda.

L'irrigazione rappresenta un intervento determinante per il buon esito della coltura e può addirittura iniziare già prima dell'impianto della stessa. Nei terreni sciolti, in particolare, si possono ottenere considerevoli vantaggi da una irrigazione effettuata circa 48 ore prima della semina o del trapianto con modesti volumi (100-200 m³ ha⁻¹). Grazie a tale operazione, infatti, il materiale propagativo trova ottimali condizioni idriche nello strato più direttamente interessato dall'apparato radicale. Qualora si ricorra alla semina diretta, la fase critica coincide con la germinazione del seme e l'emergenza della coltura. I turni irrigui devono avere frequenza giornaliera o comunque garantire

una costante umidità del terreno, sino all'emergenza, con volumi di adacquamento intorno ai 150-250 m³ ha⁻¹. Successivamente si provvederà a sospendere per alcuni giorni l'irrigazione, al fine di consentire un migliore approfondimento degli apparati radicali. Si riprenderà dunque con turni regolati in funzione dell'andamento climatico, che dovranno garantire una disponibilità idrica ottimale durante l'intero ciclo colturale. In linea del tutto generale, si possono adottare turni settimanali con volumi di adacquamento di circa 200 m³ ha⁻¹. Nel caso in cui si faccia ricorso al trapianto, invece, è necessario tener presente che la fase più delicata è quella che intercorre tra la messa a dimora delle piantine e l'avvenuto affrancamento (5-6 giorni). Durante questo intervallo si dovrà provvedere a mantenere costantemente umido l'apparato radicale.

Per quanto riguarda le modalità di intervento, la prassi più comunemente adottata è quella per aspersione: sono da preferire impianti a bassa portata che, oltre a consentire una maggiore regolarità dei turni irrigui, riducono il rischio di compattamento della superficie e imbrattamento delle foglie. Poiché l'uniformità di distribuzione dell'acqua influisce direttamente sulla regolarità di crescita delle piante, appaiono di particolare interesse impianti ad ala nebulizzante che facilitano la definizione di idonei volumi di adacquamento. Efficienti appaiono anche i sistemi microirrigui per aspersione che consentono di effettuare efficacemente interventi di fertirrigazione grazie ad erogatori autocompensanti e portate ridotte.

Sotto l'aspetto del controllo della flora infestante, essa può essere ottenuta con interventi meccanici (sarchiatura), eventualmente integrati da zappature manuali lungo la fila, oppure con ricorso ad erbicidi. Tra le infestanti le più diffuse sono: *Portulaca oleracea*, *Solanum nigrum*, *Polygonum Spp.*, *Chenopodium Spp.*, *Echinochloa crus-galli*, *Setaria Spp.*, *Digitaria sanguinalis*, *Amaranthus Spp.*, ma in particolare *Galinsoga parviflora*. Il loro controllo viene effettuato impiegando principalmente prodotti ad azione antigerminello come propizamide, trifluralin e dinitramina. Solo in particolari situazioni si fa ricorso a prodotti disseccanti e a graminicidi specifici. Un valido aiuto nei confronti del controllo alle malerbe sembra essere rappresentato dalla pacciamatura del terreno con film plastici, generalmente di colore nero, dello spessore di 0.05 mm. Tale intervento, oltre a facilitare il controllo della flora infestante, consente di migliorare le condizioni termiche e di umidità del suolo, di limitare sensibilmente lo sviluppo dei marciumi tipo *Botrytis* e di favorire una maggiore uniformità dell'impianto, nonché anticipo di produzione. Infine, la recente disponibilità di materiali cellulosici e plastici biodegradabili offre nuove opportunità alla tecnica della pacciamatura, rendendo di fatto non più necessario il recupero e lo smaltimento del film a fine ciclo.

Per quanto riguarda l'aspetto della difesa, il radicchio Variegato di Castelfranco è interessato da un numero abbastanza elevato di parassiti; tuttavia solo alcuni di questi (*Sclerotinia*, *Rizoctonia*, *Erwinia*) sono realmente pericolosi e in grado di arrecare consistenti danni economici alla coltura. Per l'impostazione di un efficace piano di difesa, risulta indispensabile la conoscenza della relazione fra la densità dei parassiti e i danni alla coltura, le condizioni climatiche e l'efficacia dei mezzi di controllo a disposizione. La strategia di difesa da adottare può far riferimento a tecniche di lotta agronomica, biologica o chimica a seconda della gravità degli attacchi e del regime di produzione adottato. La lotta agronomica prevede sostanzialmente ampie rotazioni,

l'asportazione dei residui colturali, la limitazione delle concimazioni azotate, l'eliminazione dei ristagni d'acqua, la limitazione delle ferite alle piante e il controllo efficace delle infestanti. La lotta biologica, oltre alle tecniche agronomiche già descritte, si basa sull'uso di prodotti principalmente di origine naturale, secondo le indicazioni contenute nell'allegato II, e successive integrazioni, del Regolamento Cee 2092/91 (Pimpini *et al.*, 2002b).

Raccolta e imbianchimento

La raccolta del radicchio Variegato di Castelfranco e Rosso di Treviso tardivo è effettuata in larga misura per estirpamento manuale o con l'ausilio di semplici macchine agevolatrici. In particolare si procede recidendo la radice, con aratro privo di versoio, a circa 0.1 m al di sotto della superficie del terreno, quando le piante hanno raggiunto lo stadio di maturazione commerciale. Dopo la raccolta, le piante vengono toelettate direttamente in campo, mediante asportazione delle foglie esterne alterate e di una parte di terreno che aderisce alla radice. In altri casi, in campo viene effettuata una toelettatura parziale che viene poi completata in azienda. In un secondo momento, il prodotto deve essere sottoposto al processo di forzatura imbianchimento indispensabile per esaltare le caratteristiche estetico-qualitative tipiche del prodotto.

Tale pratica comprende tre fasi fondamentali: pre-forzatura, forzatura-imbianchimento, finissaggio e toelettatura.

La fase di pre-forzatura, appena successiva alla raccolta, prevede la collocazione delle piante in casse di plastica con fondo aperto, allineate in solchi profondi circa 0.2 m scavati nel terreno per evitare l'eccessiva disidratazione degli apparati radicali. Successivamente si provvede a posizionare dei tunnel piccoli in grado di proteggere le piante dalle precipitazioni e dalle gelate, garantendo tuttavia la massima aerazione per prevenire il riscaldamento della massa che potrebbe portare all'insorgenza di marciumi. Prove condotte sul radicchio Rosso di Treviso tardivo hanno dimostrato l'efficacia delle celle frigorifere per lo stoccaggio del prodotto raccolto dal campo e da sottoporre ad imbianchimento (Pimpini *et al.*, 2002b).

La fase di forzatura-imbianchimento è una tecnica che nel tempo ha subito notevoli variazioni e che ora presenta molteplici forme di attuazione. Nella pratica tradizionale l'imbianchimento è realizzato direttamente nelle casse ponendo il prodotto in locali al buio aventi condizioni di temperatura e umidità tali da consentire la ripresa dell'attività vegetativa delle piante, quali stalle o capannoni (14-16 °C e UR 90%). A volte si fa ricorso a letti caldi con substrato di sabbia, sul quale vengono disposte in verticale le piante. Essi vengono realizzati all'interno di tunnel o appositi locali e il riscaldamento del substrato viene garantito con tubi nei quali viene fatta circolare acqua calda. Per mantenere le piante al buio e in condizioni ottimali di umidità si pratica la copertura con paglia o teli di polietilene nero. Con questa tecnica è possibile ottenere il prodotto imbianchito con tempi variabili dagli 8 ai 15 giorni a seconda dei livelli termici mantenuti.

Un'evoluzione della tecnica appena descritta è rappresentata dall'imbianchimento in acqua corrente che viene maggiormente impiegata per il Rosso di Treviso tardivo. Le piante vengono disposte sempre verticalmente in vasche, nelle quali viene fatta scorrere

acqua risorgiva che presenta temperatura costante compresa fra 12 e 14 °C. E' necessario fare attenzione che il livello dell'acqua non superi quello del colletto per non causare marciumi alle foglie. La durata del periodo di imbianchimento varia in funzione dei livelli termici dell'acqua e dell'ambiente: normalmente si rilevano periodi variabili dai 7 ai 10 giorni.

Una tecnica semplificativa dell'imbianchimento in acqua, ma altrettanto efficace, è rappresentata dalla disposizione delle piante verticalmente in bins il cui fondo viene impermeabilizzato con un film di polietilene al fine di garantire il contenimento di un sottile strato di acqua, appena il necessario per mantenere la giusta umidità al "pane di terra" che avvolge la radice (Marchioro *et al.*, 2005). I bins sono quindi disposti in locali condizionati termicamente ad una temperatura compresa fra i 16 e i 18 °C per un periodo di circa 7-10 giorni.

Le ultime due tecniche di imbianchimento descritte, garantendo una maggiore disponibilità idrica alle piante durante il processo di imbianchimento, consentono di ottenere un prodotto contraddistinto da migliore qualità finale, soprattutto per quanto concerne la croccantezza e il livello di amaro oltre al migliore stato igienico-sanitario. Infine, favorito dai ridotti costi e dalla semplificazione operativa, in molte aree dove si produce il Rosso di Verona viene ancora praticato l'imbianchimento in campo. In questo caso le piantine, dopo la raccolta, vengono poste in cumuli lineari disponendole orizzontalmente, con le radici rivolte verso l'interno. Il cumulo viene poi coperto con teli in polietilene nero. Tale tecnica, proprio perché attuata direttamente in campo, risulta notevolmente esposta alle condizioni climatiche che si verificano durante la fase di imbianchimento. Perciò inverni molto rigidi possono impedire il raggiungimento di livelli termici minimi per la maturazione del prodotto (15°C), al contrario, temperature esterne elevate possono portare la temperatura nei cumuli a livelli eccessivi, causando fenomeni di lessatura del prodotto. Con tale procedimento, i grumoli risultano tendenzialmente chiusi, a volte presentano tracce residue di colorazione verde e caratteristiche gustative non sempre all'altezza del livello che la tradizione impone (Marchioro, 2001).

Per queste ragioni, la forzatura in campo lascia sempre più spazio alle modalità precedentemente descritte, in particolare a quelle in acqua o in bins, che, sebbene più onerose, consentono l'ottenimento di un prodotto di qualità superiore.

Negli ultimi anni è stato raggiunto uno degli obiettivi che il miglioramento genetico si era posto per questo radicchio. Al fine di ridurre i costi produttivi legati all'imbianchimento post-raccolta, sono state selezionate popolazioni di Variegato di Castelfranco in grado di autoimbianchire direttamente in campo senza l'ausilio di ulteriori interventi.

In questo caso si ritorna a valorizzare il Variegato di Chioggia che presenta però caratteristiche qualitative e organolettiche molto inferiori nei confronti del Variegato di Castelfranco tradizionale. Durante la fase di finissaggio e toelettatura, alle piante vengono asportate le foglie esterne marcescenti e la radice viene recisa a 30-40 mm, e successivamente toelettata. A questo punto il radicchio viene immerso in capienti recipienti di acqua per essere lavato e successivamente confezionato (Pimpini *et al.*, 2002a).

Importanza economica

I radicchi rivestono da tempo un ruolo di primissimo piano nell'orticoltura veneta e la loro produzione si sta espandendo anche in altri areali. Tale espansione è dovuta anche ai numerosi interventi di miglioramento genetico operati nel tempo dai produttori che, iniziando dal Rosso di Treviso tardivo, ritenuto antenato comune, sono riusciti ad ottenere i tipi conosciuti ed attualmente coltivati.

La disponibilità di un numero elevato di tipologie caratterizzate sia da diversificate esigenze tecnico-colturali, che da distinte caratteristiche esteriori e intrinseche delle parti edibili, ha favorito l'espansione di questo ortaggio nell'ambito nazionale, in Europa e, attualmente, anche in altri Paesi del mondo. Tale espansione assume, tuttavia, una dimensione diversa nelle varie tipologie, infatti le coltivazioni extra regionali interessano quasi esclusivamente il Rosso di Chioggia ed in minor misura il Rosso di Treviso precoce, mentre attualmente altri prodotti come il Variegato di Castelfranco, il Rosso di Treviso tardivo ed il Rosso di Verona tardivo, anche per la particolarità del processo produttivo post-raccolta (forzatura-imbianchimento), continuano a restare saldamente legati alle aree di origine (Pimpini *et al.*, 2003).

Il Veneto, con circa 9000 ettari coltivati e una produzione di oltre 100000 tonnellate, è la regione che detiene il primato nella coltivazione di questa asteracea incidendo sulla superficie e produzioni nazionali rispettivamente per il 57% e 49% (Fonte: ISTAT). Le Province venete con le maggiori superfici e produzioni sono nell'ordine Venezia, Verona, Padova, Rovigo, Treviso e Vicenza, mentre, Belluno non presenta superfici investite con tale orticola.

Negli anni '90 le produzioni hanno avuto un aumento fino a stabilizzarsi, alla fine di questo periodo; inoltre, l'analisi dei dati statistici degli ultimi 5 anni evidenzia che le superfici investite e le produzioni, dopo una riduzione riscontrata nel 2002, dovuta ad una contrazione delle superfici e alle avverse condizioni climatiche autunnali caratterizzate da elevate temperature ed abbondante piovosità, sono in fase di consistente ripresa.

In particolare nei confronti del radicchio Variegato di Castelfranco e Rosso di Treviso tardivo, tutelate dal riconoscimento dell'Indicazione Geografica Protetta (IGP), interessano principalmente la provincia di Treviso con 25 comuni ubicati intorno alle città di Treviso e Castelfranco Veneto. Per il Variegato di Castelfranco, inoltre, l'areale di produzione certificato si spinge fino alla provincia di Padova dove coinvolge 8 comuni. Nei confronti delle superfici e produzioni italiane, complessivamente 16000 ha e 200000 tonnellate, gli andamenti sono determinati dal Veneto seguito nell'ordine da Puglia, Abruzzo, Emilia Romagna, Marche, Lombardia, Lazio (Fig. 4).

Allargando la visione a livello europeo e mondiale (Fig. 5A e 5B), aree di produzione significative si trovano in Germania (100 ha), Francia (100 ha), Olanda (30 ha), Spagna (30 ha) e l'Est europeo (150 ha), mentre al di fuori dell'Europa la produzione risulta presente negli Stati Uniti con oltre 2000 ettari, in Canada (200 ha), Messico (100 ha), Guatemala (200 ha), Cile (250 ha), Argentina (30 ha) e Cina (100 ha).

Radicchio: introduzione

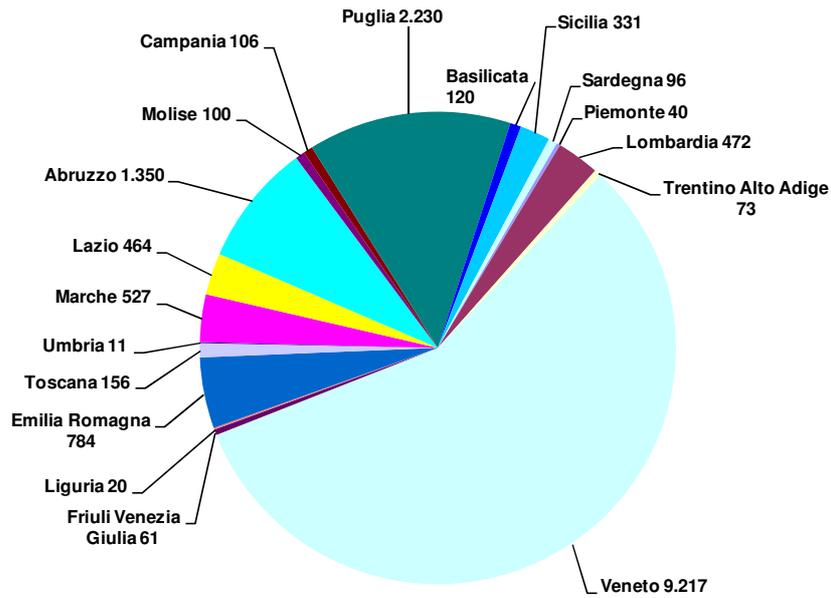


Figura 4 – Superficie coltivata a radicchi (ha) nelle diverse Regioni italiane nel 2008. (Fonte, ISTAT)

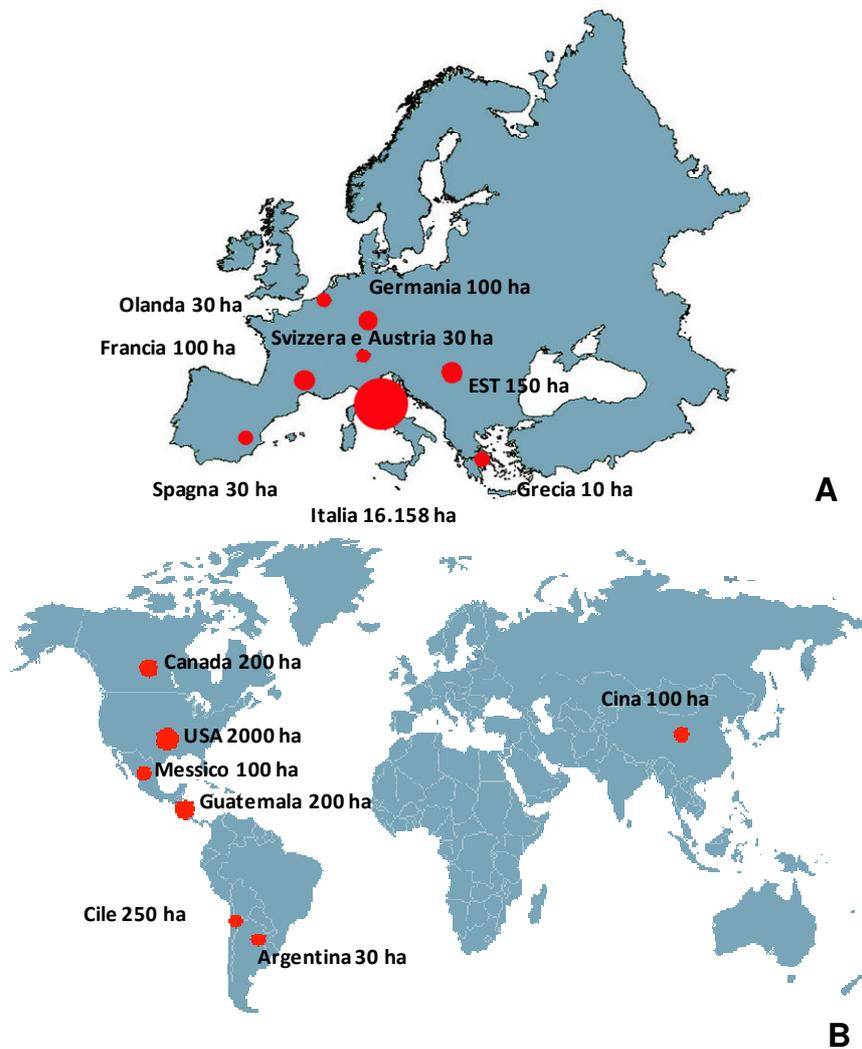


Figura 5 - Principali aree di coltivazione del radicchio a livello europeo (A) ed extraeuropeo (B).

Aspetti qualitativi

Antiossidanti

Secondo alcune stime dell'Inran, l'Istituto nazionale di ricerca per gli alimenti e la nutrizione, si può notare come le insalate in generale siano ricche di antiossidanti, in particolare di acido ascorbico (vitamina C) e α -tocoferolo (vitamina E) (Paoletti, 2005). Si stima infatti che una porzione di indivia sia in grado di coprire quasi il 30% del fabbisogno giornaliero di vitamina C per gli adulti (Paoletti, 2005). Sempre secondo l'Inran il radicchio conterrebbe 10 mg 100 g⁻¹ di vitamina C sul peso fresco.

Per quanto riguarda le condizioni che stimolano la produzione di sostanze antiossidanti, Shao *et al.* (2008) hanno confermato che in mancanza d'acqua, e più in generale in presenza di stress abiotici, la concentrazione di tocoferolo nei tessuti vegetali aumenta. Anche Biehler e Fock (1996) hanno condotto una ricerca su spinacio ed hanno osservato che in condizioni di bassa disponibilità idrica, aumentava in modo considerevole il contenuto di tocoferolo nelle foglie.

Altrettanto interessante è il lavoro eseguito da Serio *et al.* (2006) il quale presenta il *management* dei fattori agronomici che hanno avuto come obiettivo quello di aumentare il livello di antiossidanti nel pomodoro. A questo proposito è stato notato che un incremento del metabolismo antiossidante, in particolare del processo metabolico coinvolgente ascorbato, glutatione e tocoferoli, si verificava in piante allevate sotto diversi tipi di stress abiotici, come quello idrico e salino. Anche l'acido ascorbico è sicuramente un importante agente antiossidante. Esso si ritrova in concentrazioni maggiori nelle foglie più esterne già ben sviluppate (Shao *et al.*, 2008), dove i cloroplasti si presentano completamente formati e i livelli di clorofilla sono più alti. L'acido ascorbico reagisce con l'anione superossido O²⁻ e l'ossigeno singoletto O²⁺; può reagire indirettamente rigenerando il tocoferolo o nella sintesi della zeaxantina nel ciclo della xantofilla. Perciò, la vitamina C influisce positivamente su molte attività enzimatiche e minimizza il danno causato dai processi ossidativi attraverso la funzione sinergica con altri antiossidanti (Shao *et al.*, 2008).

In uno studio condotto da Llorach *et al.* (2008) sul contenuto di vitamina C in diverse tipologie di lattuga e su scarola è stato dimostrato che l'intervallo oscilla tra 2.8 (varietà Romaine) e 19.5 mg 100 g⁻¹ di peso fresco (varietà Continental). In entrambe le specie, le cultivar a foglia rossa hanno mostrato contenuti in vitamina C minori delle insalate a foglia verde. Comunque, oltre ai diversi contenuti nelle varie tipologie, è noto che la quantità di vitamina C da introdurre nell'organismo è tra 25 e 70 mg al giorno, perciò queste varietà di lattuga riescono a provvedere per un 26% alla giornaliera quantità di vitamina C da assumere.

Polifenoli

I polifenoli sono molto diffusi in tutti gli ortaggi. Tra questi ultimi, i radicchi veneti si distinguono per una prevalenza di derivati dell'acido caffeico, in particolare l'acido cicorico e di due specifici flavonoidi, la luteolina ed il kaempferolo.

Questo profilo fitochimico è molto interessante e rende conto non solo delle capacità antiossidanti (cattura dei radicali liberi), ma anche degli effetti coleterici (aumento di produzione e flusso della bile con risultante migliore digestione dei grassi) ed acquaretici (aumento del flusso urinario con ridotta perdita di sali) attribuiti alle cicorie. Va inoltre precisato che i due flavonoidi luteolina e kaempferolo sono associati ad un minore rischio di infarto miocardico e di ictus (Pietta, 2005).

Nei cibi, in particolar modo in frutta e verdura, i polifenoli possono contribuire in maniera considerevole al sapore amaro, potere astringente, colore, aroma, odore e stabilità ossidativa

(Naczk e Shahidi, 2006). Aggiungendo a questi fattori, peraltro molto importanti per la caratterizzazione qualitativa di un alimento, la loro capacità di proteggere la salute degli uomini, si potrà facilmente intuire il motivo per cui negli ultimi anni si è data grande importanza allo studio del contenuto in polifenoli nei cibi. La distribuzione dei polifenoli nei tessuti delle piante non è uniforme. I composti fenolici insolubili si trovano nelle pareti cellulari, mentre i composti fenolici solubili sono presenti all'interno dei vacuoli. Le parti più esterne dei vegetali contengono maggiori percentuali di polifenoli rispetto a quelle più interne (Naczk e Shahidi, 2006). Anche Bilyk e Sapers (1985) hanno trovato un contenuto maggiore di quercetina (uno dei flavonoli più comuni, ripristina il tocoferolo dopo che questo si è trasformato in radicale libero) nelle foglie più esterne rispetto a quelle più interne. Inoltre si è visto come lattughe a foglia rossa contengono maggiori quantità di flavonoidi rispetto alle varietà a foglia verde (Naczk e Shahidi, 2006).

Per quanto riguarda gli specifici composti fenolici ritrovati in ortaggi da foglia, Innocenti *et al.* (2005) hanno preso in considerazione differenti varietà di cicoria: una cicoria a foglie verdi (cv "Catalogna"), due radicchi (Rosso di Chioggia e Rosso di Treviso) e l'Indivia Belga. In tutte le varietà sono stati individuati l'acido monocaffeiltartarico, l'acido clorogenico e l'acido cicorico.

Concentrando l'attenzione sulle tipologie di radichchio, è emerso che il radichchio Rosso di Treviso presenta un contenuto di antocianine del 60% maggiore rispetto alle altre specie e varietà. Inoltre i flavonoidi sono in quantità uguale a quella identificata per la cicoria a foglie verdi. Infine, osservando le altre classi di costituenti, l'acido cicorico è il più abbondante oscillando tra il 10 e il 15% dei fenoli totali. Invece grandissima rilevanza hanno ottenuto gli acidi fenolici con concentrazioni 10 volte maggiori nei radicchi presi in considerazione rispetto alla cicoria a foglie verdi e l'Indivia Belga.

Un ulteriore lavoro in merito è stato condotto da Romani *et al.* (2002) i quali si sono concentrati su piante di lattuga cresciute in serra e in pien'aria, quindi sui composti polifenolici contenuti in queste piante per verificare se i due diversi ambienti di coltivazione potessero effettivamente influenzare questo aspetto sia da un punto di vista quantitativo che qualitativo. Innanzitutto è stata confermata la presenza di due principali classi di polifenoli nelle foglie di lattuga: i derivati dell'acido caffeico e i flavonoli. In generale, poi, le analisi hanno mostrato che i campioni cresciuti in pien'aria erano decisamente più ricchi in flavonoidi rispetto a quelli allevati in serra. Comunque, la variazione nel contenuto di polifenoli non è esclusivamente correlata alle diverse condizioni agronomiche, altri aspetti come l'informazione genetica, la varietà, il tipo di tessuto (foglia rossa, verde o tendente al color crema), la posizione della foglia (esterna

o interna), le condizioni durante la maturazione, le condizioni di stoccaggio, sono tutti validi fattori che possono influire positivamente o negativamente (Naczk e Shahidi, 2006). Inoltre si è osservato che il contenuto di polifenoli può aumentare in condizioni di stress come radiazioni UV, infezioni da parte di patogeni e parassiti, ferite, inquinamento atmosferico ed esposizione a temperature particolarmente elevate (Naczk e Shahidi, 2006). In pratica essi proteggono il metabolismo cellulare nei tessuti vegetali quando questi vanno inevitabilmente incontro a vari stress ossidativi (Romani *et al.*, 2002).

L'alimentazione odierna mostra purtroppo un quadro generale di impoverimento ed omologazione dei cibi con la conseguente trascuratezza nei confronti degli alimenti di origine vegetale. Questo comporta l'esclusione nella dieta di fitonutrienti indispensabili per il nostro organismo: i *phytochemicals*.

Nei radicchi veneti si riscontra un elevato contenuto di questi fitocomposti (tra i quali polifenoli e sesquiterpenlattoni) che arricchisce il loro profilo nutrizionale e che giustifica ampiamente lo studio che segue. Anche se questi composti organici di fatto non nutrono, sono comunque fondamentali per la salute perché proteggono i diversi sistemi e apparati del nostro organismo. I loro effetti benefici vanno dall'azione ossidante nei confronti dei radicali liberi alla modulazione dei processi di detossificazione e delle difese immunitarie, motivo per cui è utile approfondire le conoscenze in merito al loro contenuto in ortaggi di facile coltivazione o reperibilità nel mercato come possono essere i radicchi, prodotti tipici del Veneto.

PROVA 1 - VARIEGATO DI CASTELFRANCO

RIASSUNTO

Per la regione Veneto, i radicchi rappresentano indiscutibilmente un patrimonio unico nel suo genere. Tra le cicorie che hanno stretto un forte legame con questa Regione vi è il radicchio Variegato di Castelfranco, uno dei più pregiati e ricercati ortaggi presenti nel periodo invernale. Grazie alle sue caratteristiche qualitative, con il passare del tempo, questa tipologia di radicchio è divenuta sempre più richiesta dai consumatori non solo locali, ma anche a livello nazionale. E' stata inoltre denominata con il marchio IGP nel luglio del 2006.

Negli ultimi anni, le richieste del mercato e soprattutto di chi consuma il prodotto, sono diventate sempre più esigenti dal punto di vista qualitativo, soprattutto nei confronti della salubrità e delle caratteristiche nutrizionali e salutistiche di ciò che viene ingerito. Partendo da questi obiettivi, in 4 differenti classi di precocità del Variegato di Castelfranco è stato condotto uno studio volto a valutare l'influenza dell'ambiente di coltivazione su alcuni parametri quanti-qualitativi della pianta quali: produttività, contenuto di sostanza secca, azoto proteico, nitrati, capacità antiossidativa totale (CAT) e fenoli totali (FT). Inoltre si sono presi in considerazione gli effetti delle condizioni pedoclimatiche e di quattro località (Cavallino, Cavarzere, Lendinara, Monselice) nei confronti degli aspetti qualitativi sopra citati. Nei diversi rilievi si è operato con un numero di piante sufficientemente rappresentative della coltura in atto (5 per parcella). Queste sono state raccolte (estirpate) e destinate al rilievo distruttivo isolando le foglie esterne dalle intermedie e interne (grumolo), lamine delle foglie esterne, intermedie e del grumolo, nervature delle foglie esterne, intermedie e del grumolo, fusto e radici. Il materiale delle singole porzioni, provenienti dalle 5 piante, è stato poi accuratamente mescolato per ottimizzare l'omogeneità del campione. I diversi campioni sono stati poi sottoposti alle analisi qualitative previste.

I risultati ottenuti in questa esperienza hanno evidenziato pesi medi del grumolo superiori nel caso delle piante di classe di precocità 3 e 4. Contenuti significativi di sostanza secca sono stati osservati in piante allevate su terreni sabbiosi mentre per quanto riguarda l'azoto proteico, le maggiori concentrazioni sono state rilevate nelle foglie del grumolo delle piante estirpate dai terreni argillosi di Cavarzere e Lendinara, mentre i nitrati hanno evidenziato un minor accumulo nelle piante provenienti dal terreno sabbioso rispetto a quello argilloso. In ogni caso, ad eccezione delle radici e del fusto, il contenuto di nitrati nelle restanti porzioni edibili della pianta non ha superato i più restrittivi limiti imposti dalla UE. Ciò consente dunque di affermare che il radicchio Variegato di Castelfranco, sotto questo profilo, non risulta essere un ortaggio dannoso per la salute del consumatore.

Nei confronti della CAT, piante a ciclo colturale più lungo si sono distinte per l'elevata presenza di questi composti. Tale risultato è giustificabile dal prolungato periodo di esposizione a temperature più rigide delle piante, queste si sono difese producendo più inibitori dell'ossidazione. Nell'ambito delle porzioni di pianta, le lamine delle foglie esterne si sono dimostrate le più ricche di antiossidanti poichè, al contrario delle altre frazioni della parte aerea, sono state verosimilmente sottoposte a prolungati stress biotici e abiotici durante tutto il ciclo colturale in campo. I quantitativi di polifenoli

presenti nella pianta, in quanto anch'essi composti con azione antiossidante, hanno seguito gli andamenti presentati dagli inibitori dell'ossidazione.

SUMMARY

For Veneto region, chicories unquestionably represent an unique living patrimony in its kind. The specific organoleptic characteristics, the strong link with the territory and the long history make them an extremely precious reality, worthy to be safeguarded. Among chicories the "Variegato di Castelfranco", is one of the most appreciated and sought vegetable that grows during the winter period.

Thanks to its qualitative characteristics this kind of chicory has become more and more famous and sought not only by Italian consumers but also by Europeans (Germany, France, United Kingdom, Austria and Switzerland) and others from overseas (United States, Canada, Mexico, Chile). Besides it obtained the IGP label in July 2006. In the last years, the demand of the market, have become more and more strict from the qualitative point of view, especially towards the salubriousness and the nutritional and healthy characteristics. Starting from these objectives, a study has been conducted to appraise the influence of the environment on some quanti-qualitative parameters of the plant, such as productivity, and dry matter, protein, nitrogen, nitrates, antioxidants, polyphenols content. Particularly a variety trial has been conducted among chicories of 4 different classes of precocity. Four places (Cavallino, Cavarzere, Lendinara, Monselice) were taken in account. In the different locations, 5 plants, representative of the whole population, have been sampled in each plot. Each plant was then divided into external, intermediate and inner leaves, external, intermediary and inner leaf blades, external, intermediate and inner veins, stem and roots. Each different samples have been analyzed and the resulting data have been submitted to ANOVA.

The results in this experience underlined higher averaged weights of the inner leaves in the case of the plants of class precocity 3 and 4. Higher dry matter content was observed in plants grown on sandy soils while as far as nitrogen content is concerned, the greatest concentrations were noticed in the inner leaves of plants sampled in clay soils of Cavarzere and Lendinara, probably because of the higher N availability of this kind of soils as a consequences of reduced nutrient leaching. The content of nitrates underlined a smaller accumulation in the sandy soils in comparison to that clay, probably due to the elevated retention of water in the former that mostly makes nitrogenous mixtures more available for the plant. Anyway, with the exception of roots and the stem, the presence of nitrates in the remaining edible portions of the plant did not overcome the most restrictive limits imposed by the UE. This allows to say that the chicory "Variegato di Castelfranco", from this point, is a healthy vegetable for the consumer. About antioxidants content, results showed that plants with a longer growing cycle had higher content of these compounds. Such result is justified by the longer period of exposure to adverse low temperatures which stimulated the production of inhibitors of oxidation. Among portions of the plant, external leaf blades were the richest of antioxidants mainly because they were submitted to prolonged factors of stress during the whole growing cycle in field. The quantities of polyphenols in the plant, being compounds with antioxidant action, followed the courses introduced by the inhibitors of the oxidation.

MATERIALI E METODI

Le prove oggetto di questo studio sono state condotte nel 2007-2008 presso quattro aziende del Veneto, situate in località diverse: Cavallino-Treporti (45°27'N; 12°27'E) e Cavarzere (45°08'N; 12°04'E) entrambe ubicate in provincia di Venezia, Lendinara (45°05'N; 11°35'E) situata in provincia di Rovigo e Monselice (45°14'N; 11°45'E) in provincia di Padova.

Al fine di ridurre l'inconveniente dovuto all'eterogeneità notoriamente presente nell'ambito delle tipologie di radicchio, sono state scelte aziende che avevano impiegato seme proveniente da un unico produttore. Da tutti gli appezzamenti interessati dalla prova si sono prelevati 5 campioni di terreno per valutarne le principali proprietà fisiche (Tab. 1). Ciò ha permesso di identificare le zone con caratteristiche molto differenziate in ciascuna delle quali sono state individuate tre aree di saggio (5 m x 5 m) da dove effettuare i prelievi delle piante al momento dell'estirpamento (raccolta).

Nelle 4 località gli interventi tecnico-colturali adottati hanno fatto riferimento alle normali pratiche degli orticoltori della zona e, in tutte le località e appezzamenti sono stati eseguiti periodici controlli per valutare l'andamento di crescita delle piante nell'ambito delle diverse classi di precocità (Figg. 6, 7, 8 e 9).

Al momento della raccolta, avvenuta in epoche differenziate in relazione alla classe di precocità (Tab. 2), sono state prelevate le 5 piante per ciascuna area di saggio ritenute rappresentative dell'intera popolazione dell'appezzamento destinate poi ai rilievi qualitativi.

Nello stesso giorno in cui è avvenuto il prelievo di tali campioni, è stato effettuato il rilievo distruttivo degli stessi con il seguente criterio: ciascuna pianta è stata preventivamente lavata e asciugata con panno assorbente.

Le foglie di ogni cespo sono state quindi suddivise in tre gruppi valutando il grado di embricatura delle stesse. Sono state considerate esterne quelle più patenti e prostrate; intermedie quelle embricate al 50%; interne quelle completamente avvolte le une alle altre a formare la quota compatta del grumolo (Figg. 10 e 11). Ogni foglia è stata poi suddivisa a metà, lungo la nervatura principale, ricavando porzioni speculari: una destinata alla realizzazione di un campione della foglia intera, mentre dall'altra metà si è provveduto a separare le nervature dalle lamine ottenendo così due campioni con consistenti differenze tra i tessuti. Le distinte parti sono state raggruppate per uguale tipologia di campione e mescolate tra loro al fine di ottenere una massa omogenea. Procedendo in questo modo sono state così ottenute 11 frazioni:

- foglie esterne;
- foglie intermedie;
- foglie del grumolo;
- lamine esterne;
- lamine intermedie;
- lamine del grumolo;
- nervature esterne;
- nervature intermedie;
- nervature del grumolo;

- fusti;
- radici.

Per ciascun campione una parte è stata posta in stufa ventilata a 65°C per la determinazione della sostanza secca, mentre la quota rimanente è stata immediatamente surgelata in freezer a -80°C per poter praticare successivamente le analisi qualitative relative al prodotto fresco. Le analisi condotte per ogni campione hanno previsto la determinazione di:

- peso fresco e secco;
- azoto proteico;
- capacità antiossidativa totale (CAT);
- fenoli totali (FT);
- nitrati (NO₃).

Tutti i campioni sono stati analizzati presso il laboratorio del Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali della Facoltà di Agraria dell'Università di Padova.

Per quanto riguarda la determinazione della CAT e dei FT sono state utilizzate le metodiche indicate da Kang e Saltveit (2002) che riprendono quelle di Ke e Saltveit (1989), Singleton e Rossi (1965) e Benzie e Strain (1996) con opportuni aggiustamenti per adattarle al materiale da analizzare.

La quantificazione dell'azoto organico è stata realizzata tramite il metodo Kjeldahl (ISO 1656) e i valori ottenuti sono stati moltiplicati per 6.25 ottenendo il valore proteico.

La determinazione della CAT e dei FT ha previsto per entrambi la pesata di 5 g di campione ai quali sono stati aggiunti 20 mL di metanolo (per HPLC); il campione è stato omogeneizzato per 30'' con l'ausilio dell'Ultra Turrax a velocità di 17000 rpm e quindi filtrato con carta da filtro (589 Schleicher con diametro di 125 mm). La CAT è stata determinata con il metodo FRAP (Ferric Reducing Ability of Plasma). Il reagente FRAP (soluzione 1 mM di 2,4,6-tripiridil-2 triazina [TPTZ], 2 mM di cloruro ferrico e 250 mM di acetato di sodio a pH 3.6) è stato preparato giornalmente a partire da soluzioni madri di 300 mM di buffer acetato, 12 mM di TPTZ (in acido cloridrico 48 mM) e 24 mM di cloruro ferrico in rapporto 10:1:1. A 100 µL di estratto sono stati aggiunti 1900 µL di reagente FRAP e si è omogeneizzato con l'ausilio di un vortex; dopo 4' a 20°C è stata letta l'assorbanza a 593 nm. La lettura è stata confrontata con una curva di calibrazione costituita da soluzioni di solfato di ammonio ferroso con concentrazione da 0 a 1200 µg mL⁻¹ di ione ferroso. L'attività antiossidativa è stata espressa come mg di Fe²⁺ equivalenti (Fe²⁺E) per kg di campione secco o fresco.

Per i FT, invece, si sono prelevati 200 µL dell'estratto, si sono aggiunti 1000 µL di reattivo di Folin-Ciocalteu, 800 µL di carbonato di sodio anidro al 7.5%. Si è proceduto con 15'' di agitazione e successivo riposo per 30' a temperatura ambiente prima di leggere allo spettrofotometro ad una lunghezza d'onda di 765 nm. L'assorbanza è stata confrontata con quella letta da soluzioni a concentrazione nota di

acido gallico (da 0 a 600 $\mu\text{g mL}^{-1}$) le quali hanno subito lo stesso procedimento dei campioni. Il contenuto totale di fenoli è stato espresso come mg di acido gallico equivalenti (GAE) per kg di campione fresco o secco.

La determinazione dei nitrati ha previsto l'impiego, per ogni campione, di 200 milligrammi di sostanza secca, macinata a 0.5 mm, posti in una beuta da 250 mL, ai quali sono stati aggiunti 50 mL di acqua demineralizzata. Il campione è stato fatto bollire per 30 minuti, aggiungendo durante l'ebollizione acqua demineralizzata per evitare l'essiccamento del campione. Alla fine dell'ebollizione, il liquido è stato filtrato con carta da filtro 589 Schleicher di diametro 125 mm in cilindri graduati da 50 mL. Dopo averlo portato a volume (50 mL) con acqua demineralizzata, si è proseguito con l'analisi, prelevando 200 μL dell'estratto, ai quali sono stati aggiunti 800 μL di acido solforico al 5% (in peso) di acido salicilico (metodo Cataldo *et al.*, 1975). Questa parte dell'analisi è proseguita in doppio per ciascun campione. Dopo accurata agitazione con il vortex si sono attesi 20' per far avvenire la reazione tra acido salicilico e il campione. Alla soluzione sono stati poi aggiunti 19 mL di idrossido di sodio (NaOH 2N). Dopo aver agitato nuovamente con il vortex si è atteso che i campioni raffreddassero (almeno 4 ore) e si è passati alla lettura con lo spettrofotometro, utilizzando una lunghezza d'onda di 410 nm. Al valore medio delle assorbanze così ottenute è stata detratta l'assorbanza del rispettivo bianco ottenuto aggiungendo ai 200 μL di campione 800 μL di acido solforico e 19 mL di soda. L'assorbanza rilevata è stata confrontata con quella letta da soluzioni a concentrazione nota di nitrato (tra 0 e 100 mg L^{-1}) che sono state trattate allo stesso modo dei campioni ad eccezione, ovviamente, della fase di bollitura e filtrazione. I risultati sono stati riportati in mg di nitrato per kg di prodotto fresco o secco.

Nell'ambiente di coltivazione si sono comprese sia il terreno che la località, che le classi di precocità e, il complesso di tali variabili (terreno+località+classe di precocità) è stato denominato tesi. Tale condizione ha permesso di ricavare 8 tesi a confronto (Cav.sab.2, Cav.sab.3, Cav.sab.4, Cavarz.arg.2, Mons.fra.4, Lend.arg.3, Lend.arg.4 e Lend.arg.5). Le piante provenienti da ciascuna tesi sono state suddivise alla raccolta in foglie esterne, intermedie, del grumolo, fusto e radici, che combinate fattorialmente con le tesi hanno originato 40 confronti. Inoltre le foglie delle tre posizioni sono state suddivise in lamine esterne, intermedie, del grumolo e rispettive nervature che, combinate fattorialmente con le 8 tesi hanno dato luogo a ulteriori 48 confronti.

L'ANOVA è stata effettuata elaborando separatamente i due gruppi di confronti in quanto lamine e nervature sono dipendenti dalla foglia intera.

Andamento meteorologico

Per la caratterizzazione dell'andamento climatico delle zone in cui si è operato, sono stati considerati i dati relativi alla temperatura e umidità relativa dell'aria, oltre all'ammontare delle precipitazioni piovose rilevati dalle stazioni meteorologiche ARPAV più vicine alle località stesse. L'arco di tempo prescelto, che è corrisposto al

ciclo di coltivazione del radicchio per le varie classi di precocità, si è esteso dal 15 luglio 2007 al 31 gennaio 2008.

In tutte le località i livelli termici inferiori (Figg. 12, 14, 16 e 18) sono stati registrati in dicembre con temperature minime tra -4.5 °C (Lendinara) e -1.8 °C (Cavallino) mentre luglio è risultato il mese più caldo. Sempre nell'ambito delle temperature, i valori registrati negli ambienti di coltivazione si sono discostati, anche se con scarti molto modesti, dalla metà di luglio a metà settembre con livelli termici più elevati a Monselice e Lendinara. Nella prima località si è osservato il valore più alto in luglio (34.5 °C), mentre quello più basso ha interessato Lendinara a fine dicembre (1.9 °C). Le minime hanno invece messo in evidenza scostamenti più consistenti con andamenti disomogenei limitatamente alla prima fase del ciclo colturale.

Con il proseguire della coltura, i livelli termici hanno manifestato andamenti analoghi in tutte le località con abbassamenti rapidi riscontrati a fine agosto, metà ottobre, metà novembre e seconda e terza decade di dicembre. In quest'ultimo mese le minime sono scese oltre i -2.5 °C. Evidente appare l'effetto favorevole della vicinanza del mare nel caso di Cavallino.

Per quanto riguarda l'andamento pluviometrico, si sono potuti osservare apporti idrici sufficienti e ben distribuiti dalla fine di luglio a metà settembre con precipitazioni piovose da 20 a 38 mm a Cavallino e a Cavarzere, mentre modesti sono parsi gli apporti a Lendinara e Monselice. Del tutto anomala è apparsa l'abbondante precipitazione registrata a Cavallino (150.2 mm) verso la metà di settembre, momento in cui è stata soddisfacente anche la piovosità degli altri ambienti. Infine, i valori dell'umidità relativa massima e minima (UR max e min) (Figg. 13, 15, 17 e 19) permettono di osservare che in primo luogo, l'UR max non si è molto discostata dal 100% ad eccezione di Cavallino. Ciò non stupisce perché rappresenta una caratteristica peculiare del clima dei diversi ambienti. Nei confronti dell'UR min invece si sono riscontrati valori progressivamente crescenti, passando dai mesi estivi a quelli invernali come normalmente si verifica alle latitudini di cui si fa riferimento.

RISULTATI

Dati produttivi

Considerando il peso medio unitario (Fig. 20) delle 5 piante estirpate, rappresentative di ciascuna delle 8 tesi (Tab. 1), si può notare che il valore apparentemente più alto, pari a 1256 g, si è riscontrato nella tesi Mons.fra.4, mentre quello più basso, pari a 572 g, è stato rilevato a Lend.arg.3, non diverso da Cav.sab.2 e Cavarz.arg.2. Nell'ambito della classe di precocità 3, Cav.sab ha fornito piante con peso superiore del 49% rispetto a Lend.arg. Nella classe 4 Cav.sab e Lend.arg non si sono differenziate tra di loro, com'è accaduto anche per le tesi con precocità 2. Nei confronti dell'ambiente di coltivazione (rappresentato da clima e caratteristiche pedologiche), a Lendinara, le tre classi hanno presentato piante con peso non diverso mentre, a Cavallino, la 3 ha evidenziato il peso superiore.

Dopo l'estirpamento delle piante, si è proceduto con il rilievo distruttivo che ha permesso di ricavare campioni rappresentativi di radici, fusti, foglie esterne, intermedie e del grumolo.

Per quanto riguarda il peso medio delle radici (Fig. 21), nell'ambito della classe di precocità 3 Cav.sab ha presentato i valori più elevati (164 g). In relazione alla classe di precocità 4, Cav.sab ha manifestato il peso apparentemente maggiore (164 g) e, a differenza della tesi di Monselice, si è differenziata Lend.arg. In generale sempre dalla stessa figura, confrontando tesi con uguale classe di precocità si è osservato che nelle località caratterizzate da terreno argilloso, i valori sono stati apparentemente inferiori rispetto a quelli dove il terreno è più sabbioso.

Per quanto riguarda il peso medio dei fusti (Fig. 22) si è riscontrato che le classi di precocità più tardive hanno tendenzialmente presentato valori più alti rispetto a quelle più precoci. Le foglie esterne (Fig. 23), in quantità superiore rispetto a quelle intermedie e del grumolo, hanno registrato un valore elevato nelle tesi Cav.sab.3 (522 g) e Mons.fra.4 (473 g). Nei confronti delle classi di precocità, invece, a Cavallino si sono riscontrati valori più elevati per la 3 che non si sono però differenziati dalla 2 e dalla 4 (303 g e 347 g). Anche a Lendinara non si sono verificate differenze tra le classi di precocità che hanno manifestato valori superiori a 300 g.

Valutando il peso medio delle foglie intermedie (Fig. 24), appare evidente che, ad eccezione di Mons.fra.4 e Cavarz.arg.2, tutte le tesi hanno presentato valori non diversi e compresi tra 102 g e 146 g. Nei confronti del peso medio del grumolo (Fig. 25) la tesi Mons.fra.4 (368 g) ha evidenziato i migliori risultati, mentre i valori più bassi si sono osservati con la classe di precocità 2 a Cavallino e a Cavarzere e con Cav.sab.4 (159 g). A Cavallino, inoltre, la classe di precocità 3 ha fornito il maggiore peso medio del grumolo (302 g) mentre, a Lendinara, non ci sono state differenze tra le classi.

Contenuto di sostanza secca

Nell'ambito delle parti di pianta (Fig. 26), il maggior contenuto di sostanza secca si è osservato nelle radici seguite dal fusto con concentrazioni pari rispettivamente a 21.1% e 18.7%. Percentuali sensibilmente inferiori si sono riscontrate nelle foglie esterne, intermedie e del grumolo con valori prossimi al 10%.

In relazione alle parti di foglia (Fig. 27), le lamine hanno manifestato la concentrazione di s.s. più elevata rispetto alle nervature discostandosi mediamente da queste ultime del 2%.

Nei confronti dell'effetto principale delle tesi (Fig. 28), le piante di radicchio di Cav.sab.4 hanno espresso la più elevata percentuale media ponderata di sostanza secca della pianta intera (13.8%), mentre quella più bassa (9.7%) si è riscontrata a Cavarz.arg.2 con un decremento del 30%. In tutte le altre tesi i valori si sono mantenuti nell'intervallo tra 10 e 12%.

Dalla figura 29, dove si sono riportati gli effetti dell'interazione "tesi x posizioni foglie intere" si osserva che le foglie intermedie, ad eccezione di Cavarz.arg.2 e Lend.arg.5, hanno presentato valori inferiori rispetto a quelle esterne e del grumolo. Tutte le foglie delle piante appartenenti alla classe di precocità 4, allevate a Cavallino, hanno dimostrato la maggiore concentrazione di sostanza secca sempre superiore al 10%. A Lendinara, le percentuali di sostanza secca si sono differenziate nelle foglie delle classi 3 e 4, con i valori più bassi in quelle intermedie, mentre per la classe 5 si è verificata una contrazione molto modesta passando dalle esterne alle intermedie e al grumolo.

Nei confronti delle lamine fogliari (Fig. 30), le percentuali di sostanza secca sono state sempre superiori a quelle della foglia intera come poco sopra riferito. Ad eccezione delle piante allevate a Lendinara (classi 4 e 5), si è notata una maggiore presenza di sostanza secca nelle lamine esterne e del grumolo rispetto a quelle intermedie e i valori si sono differenziati in modo più vistoso a Cav.sab.2 e 3 e a Lend.arg.3. A Lendinara, inoltre, si sono riscontrate risposte diversificate nell'ambito delle classi 4 e 5 che hanno espresso concentrazioni crescenti dalle lamine esterne a quelle del grumolo nella classe 4 e decrescenti nella classe 5. Anche per questa parte di foglia le piante allevate a Cav.sab.4 hanno espresso i valori più elevati.

In relazione alle nervature (Fig. 31), si sono riscontrate risposte più disomogenee rispetto alle foglie intere e alle lamine. Anche per questa parte di foglia, le nervature intermedie hanno presentato una percentuale di sostanza secca inferiore rispetto a quelle esterne e del grumolo, ma a questa risposta fanno eccezione Cavarz.arg.2, Lend.arg.4, e Lend.arg.5 che hanno presentato andamenti crescenti dalle foglie esterne, intermedie e del grumolo nei primi due ambienti e decrescenti nel secondo. Sempre a Cav.sab.4 si sono verificate le concentrazioni più elevate di sostanza secca che, anche per le nervature, hanno sempre superato il 10%.

Infine, nel confronto tra radici e fusti (Fig. 32), si è riscontrato che, le prime hanno manifestato le concentrazioni più elevate, che spesso hanno superato il 20%, nelle tesi appartenenti alla classi di precocità 4, mentre nei fusti tale percentuale è stata raggiunta soltanto con le piante allevate al Cavallino.

Azoto proteico

Contenuto sul peso fresco

Nell'ambito delle parti di pianta (Fig. 33) la componente aerea ha evidenziato le maggiori percentuali di azoto proteico superiori a 1.4%, il fusto e le radici, invece, si sono attestati al di sotto dello 0.6%. Considerando poi le porzioni di foglia (Fig. 34), è emerso che le lamine del grumolo e intermedie hanno fornito i quantitativi più elevati di azoto proteico (oltre il 2%) seguite da quelle esterne e dalle nervature del grumolo.

I valori riportati nella figura 35 permettono di suddividere le tesi a confronto in tre gruppi: al primo appartengono Cavarz.arg.2 e Lend.arg.5 che, apparentemente, hanno dimostrato le percentuali più elevate e superiori all'1.8%; al secondo afferiscono Cav.sab.2, Cav.sab.3, Lend.arg.3, Mons.fra.4 e Lend.arg.4 i cui livelli sono stati compresi tra 1.62 e 1.17%; infine Cav.sab.4 che ha espresso la percentuale minore e inferiore all'1%. Inoltre, valutando le tipologie di terreno, si è riscontrato che le piante allevate nei terreni argillosi hanno espresso la concentrazione di azoto proteico apparentemente più consistente.

Contenuto sul peso secco

Per quanto riguarda la percentuale di azoto proteico sulla s.s. delle parti della pianta (Fig. 36), i valori più elevati si sono riscontrati nelle foglie del grumolo seguiti da quelli delle intermedie ed esterne. Concentrazioni inferiori sono state espresse da fusto e radici che si sono attestati al di sotto del 12%.

Relativamente alle parti di foglia (Fig. 37) le lamine non si sono differenziate dal punto di vista statistico nonostante un apparente decremento passando da quelle del grumolo alle esterne. Significativo è risultato invece il marcato incremento (42.9%) osservato a carico delle nervature tra quelle esterne e del grumolo. Dalla figura 38 si rileva che, indipendentemente dalle classi di precocità, fatta eccezione per Monselice, si è potuto notare che, in generale, nei terreni argillosi si sono ottenute le piante con le maggiori dotazioni di azoto proteico.

Considerando i tre gruppi di foglie per ciascuna tesi (Fig. 39), il contenuto di azoto proteico è aumentato con intensità diversa passando dalle foglie esterne a quelle del grumolo eccetto Cavarz.arg.2. La diversa risposta alla concentrazione di azoto proteico osservata tra le foglie esterne, intermedie e del grumolo e le 8 tesi a confronto, evidenziata nella figura 39, ha reso significativa l'interazione "tesi x posizione delle foglie intere". Infatti passando dalle foglie esterne a quelle del grumolo, si sono riscontrati incrementi consistenti a Cav.sab.3 e 4 e Lend.arg.4 e 5, più modesti a Lend.arg.3, Cav.sab.2 e Mons.fra.4, mentre a Cavarz.arg.2, le foglie intermedie hanno presentato la concentrazione più bassa. Significative sono, inoltre, risultate anche le interazioni "tesi x lamine delle diverse posizioni" e "tesi x nervature delle diverse posizioni" come appare chiaramente dalle figure 40 e 41. Nel primo caso, infatti, a Cav.sab.3, Cav.sab.4, Lend.arg.4 e Lend.arg.5 si sono verificati valori crescenti dalle lamine delle foglie esterne, alle intermedie e a quelle del grumolo; a Cav.sab.2, Lend.arg.3 e Mons.fra.4 le risposte migliori si sono verificate nelle lamine intermedie mentre a Cavarz.arg.2 le lamine delle foglie esterne sono sembrate le più dotate. Nel

secondo caso l'azoto proteico contenuto nelle nervature delle foglie ha seguito andamento sempre crescente passando dalle nervature delle foglie più esterne a quelle del grumolo, ma gli incrementi nelle diverse tesi hanno presentato intensità molto diversa. All'interno della classe di precocità 4, infatti, Lend.arg.4 si è distinta per avere accumulato una percentuale di azoto nelle nervature esterne doppia rispetto a Cav.sab.4. Sempre dalla figura 41, si può inoltre osservare che, ad eccezione di Monselice, i terreni argillosi hanno favorito i maggiori accumuli nelle nervature dei tre gruppi di foglie.

Per quanto riguarda l'interazione "tesi x parti di pianta (fusto e radici)" (Fig. 42), il fusto ha sempre presentato il contenuto di azoto proteico superiore alle radici ma le differenze tra le due parti della pianta sono risultate molto diverse, infatti lo scostamento maggiore (54%) si è osservato nelle piante allevate a Lend.arg.4 e quello minore (2%) a Lend.arg.5.

Capacità antiossidativa totale

Capacità antiossidativa sul peso fresco

Nei confronti delle parti di pianta (Fig. 43), le foglie esterne hanno manifestato la CAT maggiore discostandosi significativamente dalle foglie del grumolo del 52.1%, le rimanenti parti hanno invece presentato valori intermedi compresi tra 1500 e 2000 mg Fe²⁺E kg⁻¹. In relazione alle porzioni di foglia (Fig. 44) le lamine ed in particolare quelle esterne, hanno evidenziato le risposte più importanti differenziandosi dalle nervature che si sono attestate tutte su valori intorno a 1000 mg Fe²⁺E kg⁻¹.

Dall'effetto principale delle tesi (Fig. 45), sia a Cavallino che a Lendinara, si rileva che le classi di precocità più tardive hanno presentato concentrazioni di antiossidanti drasticamente superiori rispetto alle classi più precoci. Infatti Cav.sab.4 ha manifestato valori superiori di oltre il 50% rispetto a Cav.sab.2 e Lend.arg.5 ha evidenziato quantitativi quasi tre volte maggiori di Lend.arg.3.

La CAT (Fig. 46) ha seguito un andamento generalmente decrescente passando dalle foglie esterne a quelle del grumolo, ma i rapporti molto diversi tra le singole parti oltre alla risposta della tesi Lend.arg.4, hanno giustificato la significatività dell'interazione "tesi x posizione foglie intere". Anche gli antiossidanti contenuti nelle lamine delle foglie (Fig. 47) hanno seguito lo stesso andamento di quelle presenti nelle foglie intere, in tutte le tesi considerate. Le nervature delle foglie del grumolo hanno presentato CAT superiore a quelle esterne e intermedie a Lend.arg.5, mentre a Cav.sab.4 il quantitativo più elevato di antiossidanti si è riscontrato nelle nervature delle foglie esterne (2106 mg Fe²⁺E kg⁻¹) (Fig. 48). Sempre a Lend.arg.5 si sono raggiunti i valori più consistenti anche nei confronti delle foglie esterne e intermedie.

In merito alle dotazioni rilevate in radici e fusto (Fig. 49), è emerso che soltanto le tesi Cav.sab.4 e Lend.arg.5 hanno manifestato i quantitativi di antiossidanti maggiori nelle radici. Sempre dalla figura 49 si può, inoltre, osservare la tendenza all'aumento del contenuto del antiossidanti passando dalle classi più precoci a quelle più tardive.

Capacità antiossidasica totale sul peso secco

La capacità antiossidasica totale (CAT) nelle parti di pianta (Fig. 50) ha messo in evidenza un incremento dei valori passando dalle foglie del grumolo a quelle esterne. In generale la concentrazione più elevata è stata espressa dalle radici con oltre 35000 mg Fe²⁺E kg⁻¹.

Nell'ambito delle parti di foglia (Fig. 51) le lamine hanno presentato valori nettamente superiori rispetto alle nervature, in particolare si è osservato un marcato incremento (63.8%) passando dalle lamine del grumolo a quelle esterne, mentre i tre gruppi di nervature non si sono differenziati tra loro. La figura 52 evidenzia la CAT per ogni singola tesi e, nell'ambito della località, è emerso che a Cavallino la classe di precocità 4 e a Lendinara la 5 hanno registrato contenuti maggiori. Nell'ambito di queste due località le classi più tardive hanno espresso i valori migliori, infatti la tesi Cav.sab.4 ha evidenziato un incremento del 65% nei confronti di Cav.sab.2 mentre la tesi Lend.arg.5 si è discostata del 60% da Lend.arg.3. Nella figura 53 sono evidenziate le dotazioni di antiossidanti nelle diverse parti di pianta (foglie esterne, intermedie, del grumolo) relative alle singole tesi. Si osserva in primo luogo che la CAT drasticamente più elevata (oltre 70000 mg Fe²⁺E kg⁻¹) si è riscontrata nelle foglie esterne della tesi Cav.sab.4, inoltre, ad eccezione di Lend.arg.4 le foglie esterne hanno manifestato i valori più elevati, ma con intensità diversa tra le tesi, a giustificare la significatività dell'interazione "tesi x posizione foglie intere".

Per quanto riguarda la presenza di antiossidanti nelle lamine delle diverse foglie (esterne, intermedie e del grumolo) (Fig. 54), in tutte le tesi il contenuto più elevato si è riscontrato nelle lamine delle foglie esterne, ma con incrementi molto diversi che a Cav.sab.4 hanno sortito il picco molto più alto, prossimo a 100000 mg Fe²⁺E kg⁻¹ (interazione "tesi x lamine delle diverse posizioni"). All'interno della classe 3 a Cav.sab.3 la differenza tra le lamine delle foglie esterne e quelle intermedie è stata più accentuata rispetto alla tesi Lend.arg.3. Tale fenomeno si è ripetuto anche nella classe 4 dove è stato osservato uno scostamento particolarmente accentuato a Cav.sab.4. A Lendinara e a Cavallino si sono ripetuti gli stessi andamenti riscontrati in precedenza per le foglie intere. Dalla figura 55, appare che le nervature delle foglie esterne a Cav.sab.4 e, unitamente a queste, quelle del grumolo a Lend.arg.5, si sono rivelate le più dotate in antiossidanti presentando valori superiori ai 20000 mg Fe²⁺E kg⁻¹. Nell'ambito del confronto tra radici e fusto (Fig. 56), per le classi di precocità 2 e 3, la CAT nel fusto ha superato quella delle radici mentre nelle classi 4 e 5 gli inibitori dell'ossidazione sono parsi più concentrati nell'apparato radicale.

Fenoli totali

Contenuto di fenoli totali sul peso fresco

Per quanto riguarda l'effetto principale delle parti di pianta (Fig. 57), le foglie esterne hanno manifestato il maggior contenuto di FT (oltre 250 mg GAE kg⁻¹), non diverso da quello espresso dalle radici e dal fusto. Le foglie intermedie e quelle del grumolo, invece, si sono mantenute su valori al di sotto di 200 mg GAE kg⁻¹. Anche nel caso delle parti di foglia (Fig. 58) le lamine delle foglie esterne sono risultate le più dotate di

FT seguite dalle lamine degli altri due gruppi di foglie. Nei confronti delle nervature invece, le risposte sono parse modeste e prossime a 100 mg GAE kg⁻¹.

Nell'ambito delle tesi (Fig. 59), sia a Cavallino che a Lendinara le classi di precocità più tardive hanno presentato concentrazioni di FT di poco superiori rispetto alle più precoci dalle quali, infatti, non si sono discostate significativamente. Dalla figura 60 appaiono molto evidenti i valori più consistenti riscontrati nelle foglie esterne delle tesi Cav.sab.2 e 4 e Lend.arg.5 con contenuto di FT superiore a 300 mg GAE kg⁻¹. Ad eccezione di Lend.arg.4, il contenuto più elevato di FT si è sempre riscontrato nelle foglie esterne. Inoltre il contenuto di FT ha manifestato un andamento tendenzialmente decrescente passando dalle foglie esterne a quelle del grumolo pur con rapporti diversi tra le singole parti.

Per quanto riguarda le risposte delle lamine delle foglie esterne, interne e del grumolo (Fig. 61), si è potuto constatare che il contenuto di FT è diminuito passando dalle lamine esterne a quelle del grumolo fatta eccezione per Cav.sab.2 ("tesi x lamine delle diverse foglie"). Inoltre, nell'ambito della classe 3, a Cav.sab.4 è parsa più accentuata la differenza tra i FT nelle lamine esterne e quelli delle intermedie e risposta analoga si è verificata anche a Lend.arg. nell'ambito della classe di precocità 3. I FT contenuti nelle nervature delle diverse foglie (Fig. 62) hanno espresso risultati piuttosto disomogenei tra le tesi, con valori che, ad eccezione di Lend.arg.5, si sono mantenuti al di sotto dei 150 mg GAE kg⁻¹.

A livello dell'apparato radicale il valore più elevato di FT si è riscontrato nelle radici delle piante prodotte a Cav.sab.3 (541 mg GAE kg⁻¹) (Fig. 63). Soltanto nelle tesi Cav.sab.2 e Cavarz.arg.2 i valori riscontrati nel fusto sono risultati superiori a quelli delle radici.

Contenuto di fenoli totali sul peso secco

In figura 64 viene presentato il contenuto di fenoli totali (FT) nelle diverse parti di pianta. A tale proposito i quantitativi più elevati sono stati registrati nelle radici e nel fusto, mentre valori più modesti sono stati espressi dalle foglie intere che si sono mantenute al di sotto di 3000 mg GAE kg⁻¹.

Per quanto riguarda la foglia in dettaglio (Fig. 65), anche per questa classe di composti le lamine esterne hanno fornito le migliori risposte con oltre 6000 mg GAE kg⁻¹ discostandosi mediamente dalle nervature del'85.5%. Nei confronti delle concentrazioni di FT per ogni singola tesi (Fig. 66), nell'ambito delle località è emerso che a Cavallino la classe di precocità 4 ha registrato contenuti maggiori rispetto alle classi 2 e 3. Inoltre, in relazione alla classe di precocità 3, le tesi non si sono differenziate mentre, nell'ambito della classe 4, Cav.sab.4 con 4559 mg GAE kg⁻¹ si è nettamente discostata dalle altre.

Nell'ambito delle tesi, le foglie di diversa provenienza, hanno evidenziato risposte differenti ("tesi x tipo di foglia") (Fig. 67), infatti, ad eccezione di Lend.arg.4, i quantitativi maggiori si sono riscontrati nelle foglie esterne con i valori più elevati (6556 mg GAE kg⁻¹) nella tesi Cav.sab.4. Sempre nella stessa tesi molto consistente è parso lo scostamento tra il contenuto di FT nelle foglie esterne e quello delle foglie intermedie e del grumolo. Per quanto riguarda l'effetto delle lamine proveniente dalle

foglie esterne, intermedie e del grumolo (Fig. 68), ad eccezione di Cav.sab.2, il contenuto più elevato di FT si è riscontrato nelle lamine delle foglie esterne che a Cav.sab.4 hanno raggiunto il picco più alto prossimo di 15000 mg GAE kg⁻¹. Nell'ambito della classe di precocità 3, a Lend.arg.3 la differenza tra i FT nelle lamine delle foglie esterne e quelli nelle lamine delle intermedie e del grumolo è risultata molto accentuata rispetto a Cav.sab.3. Inoltre tale risposta si è ripetuta in modo molto più marcato anche all'interno della classe 4 sempre a favore di Cav.sab.4. A proposito delle nervature delle foglie esterne, intermedie e del grumolo si è potuto evidenziare (Fig. 69), che quelle delle foglie esterne a Cav.sab.4 ed esterne e del grumolo a Lend.arg.5 si sono dimostrate le più dotate di FT presentando valori superiori a 1500 mg GAE kg⁻¹. Nell'ambito del confronto tra radici e fusto (Fig. 70), ad eccezione di Cav.sab.2, i FT presenti nelle radici hanno superato quelli del fusto in modo più o meno intenso giustificando la significatività dell'interazione "tesi x parti di pianta (fusto e radici)".

Nitrati

Contenuto di nitrati sul peso fresco

Per quanto riguarda il contenuto di nitrati sul peso fresco relativo alle diverse parti di pianta (Fig. 71) è emerso che le radici hanno accumulato il massimo quantitativo (4393 mg kg⁻¹), differenziandosi dal fusto (2502 mg kg⁻¹) e, in modo molto più consistente, anche dalle foglie. In queste ultime, infatti, le concentrazioni sono restatesi sempre al di sotto dei 1000 mg kg⁻¹.

In relazione alle parti di foglia (Fig. 72), il contenuto di NO₃ delle nervature ha espresso valori più elevati rispetto alle lamine discostandosi mediamente da queste ultime di oltre il 50%. L'analisi della varianza relativa al contenuto di nitrati nelle singole tesi (Fig. 73) non ha messo in evidenza differenze significative tra i valori anche se si sono verificate variazioni consistenti comprese tra 800 e 1800 mg kg⁻¹.

Nel caso delle diverse posizioni delle foglie (esterne, intermedie, grumolo) (Fig. 74), si sono osservate risposte significativamente diverse nell'ambito delle tesi (interazione "tesi x posizione foglie intere"). Infatti a Lend.arg.3 e 4 e Cav.sab.2 e 4 le concentrazioni di nitrati più elevate si sono riscontrate nelle foglie intermedie, mentre a Cavarz.arg.2, Cav.sab.3 e Mons.fra.4 i livelli più alti sono stati riscontrati nelle foglie del grumolo e a Lend.arg.5 in quelle esterne che hanno di poco superato i 400 mg kg⁻¹. Nell'ambito della classe di precocità 3, la tesi del Cavallino ha manifestato risposte diverse da Lend.arg.3 che ha presentato valori di nitrati più elevati nelle foglie intermedie. Anche in relazione alle lamine fogliari (Fig. 75), si sono osservate risposte diverse nell'ambito delle tesi, infatti Cav.sab.3 ha espresso la concentrazione più elevata di nitrato in corrispondenza delle foglie esterne, Lend.arg.3 in quelle intermedie e tutte le altre tesi in quelle del grumolo. Sempre dalla figura 75 si può inoltre osservare che a Lendinara, passando dalla classe di precocità 3 alla 5, i quantitativi di nitrati si sono ridotti per ogni gruppo di foglie.

Per quanto riguarda le nervature (esterne, intermedie, grumolo) (Fig. 76), è evidente, anche in questo caso, che le concentrazioni di nitrati più elevate, ad eccezione di Cavarzere, si sono riscontrate nel prodotto proveniente dal terreno argilloso e, come già

osservato per altre parti di pianta, le risposte si sono differenziate nell'ambito delle tesi in modo molto vistoso. Infatti le nervature provenienti dalle foglie esterne hanno mostrato le concentrazioni più elevate a Lend.arg.3 e 5; a Lend.arg.4 e Cav.sab.2, sono state le intermedie ad avere il valore più alto che, nel caso della prima tesi, ha superato i 2000 mg kg⁻¹ di nitrato, mentre in tutte le altre tesi i quantitativi, anche se di poco, sono stati più elevati in quelle del grumolo. Nelle classi di precocità 3 e 4 sono molto evidenti gli effetti dovuti al terreno argilloso, risposta non convalidata per la classe di precocità 2.

Infine nell'ambito del confronto tra radici e fusto (Fig. 77), ad eccezione di Cav.sab.2 e 3 tutte le tesi hanno manifestato le concentrazioni maggiori di nitrati nelle radici che spesso hanno superato i 4000 mg kg⁻¹ per giungere oltre i 6000 mg kg⁻¹ a Lend.arg.4. Nei fusti la concentrazione più elevata è stata registrata a Cav.sab.2, unico caso in cui si sono superati 4000 mg kg⁻¹.

Contenuto di nitrati sul peso secco

Nei confronti del contenuto di nitrato sul peso secco delle piante, dall'effetto principale delle parti di pianta (Fig. 78), è apparso che le radici, con valori molto elevati (20737 mg kg⁻¹), si sono nettamente differenziate dalle altre parti, seguite dal fusto (13303 mg kg⁻¹). Ridotte e non diverse sono risultate le concentrazioni nelle altre parti della pianta che si sono mantenute su valori inferiori a 8000 mg kg⁻¹.

Nell'ambito delle parti di foglia (Fig. 79), le nervature si sono dimostrate essere le più dotate di nitrati, contrariamente a quanto verificato per le lamine che, mediamente si sono discostate dalle prime di oltre il 60%. In figura 80, viene esposto l'effetto principale delle tesi dove si può notare che l'ambiente di coltivazione ha giocato un ruolo fondamentale sul contenuto di nitrati nelle piante. Infatti nei terreni argillosi, anche se il confronto viene effettuato su classi di precocità diverse, si sono riscontrate le concentrazioni più consistenti, soprattutto a Cavarz.arg.2, Lend.arg.3, Lend.arg.4 e apparentemente anche Lend.arg.5. I livelli minori, si sono riscontrati a Mons.fra.4. Per quanto riguarda il confronto tra le foglie di diversa provenienza (esterne, intermedie, grumolo) (Fig. 81), nell'ambito della classe di precocità 4 si è osservato che le tesi hanno presentato risposte molto diverse tra loro, infatti a Cav.sab.4 le concentrazioni di nitrati sono risultate crescenti passando dalle foglie esterne a quelle del grumolo, mentre a Mons.fra.4 e Lend.arg.4 i valori maggiori si sono riscontrati nelle foglie intermedie. All'interno della classe di precocità 3, Lend.arg.3 ha espresso le concentrazioni più consistenti rispetto alle altre due tesi del Cavallino con valori nelle foglie esterne drasticamente più elevati che si sono poi ridotti passando alle foglie intermedie e del grumolo. Tale andamento contrasta nettamente con quanto invece si è osservato a Cavallino. All'interno della classe di precocità 2, si è riconfermato quanto già riferito in precedenza in relazione al tipo di terreno, infatti anche in questo caso in quello argilloso si sono riscontrate le concentrazioni più consistenti di NO₃.

Analizzando le lamine provenienti dalle diverse foglie delle singole tesi (esterne, intermedie, grumolo) (Fig. 82), si è potuto osservare che l'accumulo di nitrati è risultato molto modesto e in generale non si sono mai superati i 9000 mg kg⁻¹. Inoltre nelle lamine delle foglie intermedie prelevate dalle piante allevate a Cavarz.arg.2 è stato

riscontrato il contenuto più elevato di nitrati, mentre nelle altre tesi, fatta eccezione per Lend.arg.3, i valori più elevati si sono riscontrati nelle lamine delle foglie del grumolo. Nei confronti tra le nervature (Fig. 83), si è innanzitutto verificato che, in quelle prelevate da foglie di piante coltivate nelle tesi con terreno argilloso, si sono riscontrate concentrazioni di nitrati drasticamente superiori a quanto rilevato nella stessa parte di pianta proveniente da terreni sabbiosi. All'interno della località Cavallino, passando dalla classe di precocità 2 alla 4, è emerso che la differenza nel contenuto di nitrati tra le nervature esterne ed intermedie a Cav.sab.2 è stata accentuata a favore di quelle intermedie, poi si è attenuata a livello della classe 3 per evidenziarsi di nuovo a Cav.sab.4, però a favore delle nervature esterne. A Lendinara, la classe di precocità 5 ha evidenziato una contrazione consistente rispetto alle classi 3 e 4. La consistente eterogeneità delle risposte ha ovviamente reso altamente significativa l'interazione "tesi x nervature delle diverse posizioni".

Per il confronto radici e fusto (Fig. 84), in primo luogo è risultata evidente la maggior dotazione di nitrati nelle radici; inoltre all'interno della classe di precocità 2 il divario tra nitrati presenti nel fusto e nella radice è risultato più marcato nel caso di Cavarz.arg.2. Risposta analoga si è osservata nei confronti della classe di precocità 3 dove la tesi coltivata su terreno argilloso ha presentato lo scostamento più accentuato. Nei confronti del fusto il valore più consistente è stato fornito da quello delle foglie della tesi Cav.sab.2. In questo caso la significatività dell'interazione "tesi x parti di pianta (fusto e radici)" è da attribuire alla diversa intensità delle risposte riscontrata nell'ambito delle tesi.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I dati relativi al peso medio del grumolo, ottenuti al momento dell'estirpamento a maturazione commerciale, sono risultati molto eterogenei nelle diverse tesi, tuttavia in alcune circostanze si sono osservate delle differenze interessanti che meritano di essere considerate. Nell'ambito delle classi di precocità, si è riscontrato che passando dalla 2 alla 5 si sono verificate delle variazioni nel peso del grumolo che sono parse mediamente più elevate nella classe di precocità 4, seguita dalla 3, mentre le classi 2 e 5 hanno presentato grumoli di dimensioni più piccole. Questo andamento è verosimilmente giustificato dal fatto che le piante della classe 2, presentando un ciclo molto precoce (70 giorni dal trapianto), hanno concluso il loro accrescimento raggiungendo la maturazione commerciale in un periodo estremamente breve e, di conseguenza, il loro peso ne ha risentito in modo considerevole. Le classi 3 e 4, invece, sono risultate più produttive poiché hanno avuto un ciclo colturale più lungo (rispettivamente 85 e 100 giorni dal trapianto) durante il quale si sono accresciute producendo un grumolo di dimensioni significativamente maggiori. La classe di precocità 5, essendo più tardiva delle altre (130 giorni dal trapianto), è rimasta in campo per quasi tutto il mese di gennaio, periodo durante il quale la pianta non è più riuscita ad accrescersi molto a causa del freddo intenso. La quantità di parte commerciale, inoltre, è stata compromessa dai danni da gelo caratteristici del periodo antecedente l'estirpamento dal campo. Le classi intermedie 3 e 4 sono state invece raccolte in una fase precedente le gelate più intense e questo ha permesso alle stesse di manifestare grumoli di peso superiore. Un'altra considerazione, in merito alla località di Lendinara, riguarda la natura dei suoi terreni che, come Cavarzere, sono caratterizzati dalla presenza di suoli alluvionali, estremamente compatti e tenaci che, in caso di frequenti piogge, sgrondano molto lentamente l'acqua. In tale condizione le piante si accrescono in alcuni momenti sub-ottimali, e, di conseguenza, hanno presentato pesi del grumolo ridotti. Per quanto riguarda il terreno, contrariamente a quanto affermato in bibliografia da Pimpini *et al.* (2002), in cui il suolo più consigliato per la coltivazione del radicchio è quello tendenzialmente pesante, in questa prova si sono ottenuti pesi commerciali del grumolo non diversi tra terreno argilloso e sabbioso e, in alcuni casi, il terreno sabbioso ha fornito risultati migliori.

Per quanto riguarda il peso medio delle radici i risultati osservati sono stati piuttosto disomogenei. In ogni caso è stato però possibile notare che il peso di quelle estirpate dal terreno argilloso è stato inferiore a quello delle radici estirpate dal terreno sabbioso. Ciò è dovuto verosimilmente alla tipica resistenza all'estirpamento dal terreno argilloso che, contrariamente a quello sabbioso, limita in modo consistente l'estrazione delle radici. Considerando il peso medio del fusto, passando dalla classe di precocità 2 alla 5, si sono osservati andamenti crescenti in tutte le tesi esaminate. Questo può trovare spiegazione nel fatto che il fusto del radicchio, che rappresenta la parte dove sono inserite le foglie, si accresce maggiormente nelle classi più tardive per consentire l'inserzione di una ovvia maggiore numerosità di foglie.

In relazione al peso medio delle foglie esterne, non si sono verificate differenze significative nell'ambito delle diverse tesi perché man mano che il fusto si allungava e si formavano nuove foglie, le più vecchie venivano perse per senescenza in quanto

seguivano il loro naturale ricambio al quale erano destinate. Dall'analisi della ripartizione della sostanza secca nelle varie parti di pianta si è riscontrato che il fusto e le radici si sono nettamente differenziati dalle altre parti analizzate. Ciò è connesso al fatto che queste parti di pianta sono maggiormente vascolarizzate ed hanno come principale compito quello di trasferimento e allocazione delle riserve.

Prendendo in esame l'interazione "tesi x parti di pianta (fusto e radice)", si è riscontrato che passando dalla classe di precocità 3 alla 5, nella località di Lendinara, è aumentata la differenza tra la percentuale di sostanza secca nel fusto e quella della radice, a favore di quest'ultima. Molto probabilmente, come sopra esposto, questo è dovuto al fatto che il fusto tende ad aumentare di dimensioni e contrariamente ai tessuti che si idratano sempre di più, la percentuale di sostanza secca rimane invariata. Considerando poi il contenuto di azoto proteico nelle diverse parti di pianta si è riscontrato che le lamine sono le parti che ne contengono di più. Questo è dovuto al fatto che le lamine, soprattutto quelle giovani in attiva crescita, come si vedrà successivamente, sono degli attivi sink che utilizzano l'azoto proteico per la sintesi di proteine e per il loro metabolismo in generale. Non stupisce invece che radici e fusto ne abbiano un quantitativo minore perché essi sono organi definiti source, cioè fonti di tutti gli assimilati che poi vengono trasferiti nello xilema per essere inviati attraverso il fusto e le nervature alle lamine (Taiz e Zeiger, 2002).

Per quanto riguarda l'influenza delle tesi su questo aspetto qualitativo, la variabile terreno ha inciso maggiormente rispetto alla classe di precocità. Infatti, ad eccezione di Monselice, a Cavarzere e Lendinara, le piante hanno presentato il maggior contenuto di azoto proteico verosimilmente perché allevate su terreni argillosi. Tale comportamento è giustificabile dall'elevata capacità di ritenzione idrica dei terreni argillosi che consentono alla pianta disponibilità di nutrienti per tempi più lunghi. Per quanto riguarda il contenuto di nitrati non stupisce che nell'ambito delle parti di pianta i fusti, le radici e le nervature siano quelli ad accumularne quote più consistenti. Essi, infatti, sono rappresentati da tessuti molto più vascolarizzati nei confronti delle lamine, che hanno invece presentato i valori inferiori, come confermato per altre specie da Santamaria *et al.* (1999). In ogni caso i valori di nitrati espressi su peso fresco sono risultati inferiori ai più restrittivi limiti imposti dall'UE con il regolamento del 2005 (2000 mg kg⁻¹ p.f. per le lattughe coltivate all'aperto). E' stato visto che solo le radici e il fusto superano questo limite, però è doveroso ricordare che si tratta di organi non edibili dal consumatore.

Nei confronti della CAT al momento dell'estirpamento, i quantitativi più elevati, manifestati nelle lamine esterne, sono da imputare al fatto che queste parti della pianta sono le più esposte e le più suscettibili a tutti gli stress biotici e abiotici (Shao *et al.*, 2008). Inoltre il loro contenuto elevato è verosimilmente dovuto alla maggiore permanenza in campo delle stesse durante il ciclo colturale rispetto alle altre parti di pianta e la loro risposta a situazioni di stress è rappresentata dalla maggiore produzione di metaboliti di difesa, come gli antiossidanti. Per tale motivo il contenuto di antiossidanti è stato influenzato dalla classe di precocità. Infatti, sia a Cavallino che a Lendinara è molto evidente che aumentando il ciclo colturale, le piante hanno presentato un maggior contenuto di antiossidanti. La tesi Cav.sab.4 si è dimostrata la più suscettibile in quanto, oltre ad essere più esposta al freddo, è stata caratterizzata

anche da un clima costiero piuttosto avverso con ventosità accentuata, seguita dal sollevamento di sabbia che ha provocato microlesioni nella parte aerea della pianta per un periodo più lungo rispetto alle altre tesi. Questa ipotesi va peraltro a giustificare l'elevata CAT nelle foglie esterne delle piante di Cav.sab.4. Il contenuto in FT, in quanto molecole ad azione antiossidasica, ha manifestato risposte analoghe a quelle presentate dalla CAT. In un'ottica salutistico-nutrizionale è stato valutato che, assumendo una porzione di 100 g di radicchio Variegato di Castelfranco, vengono introdotti:

- 12 mg (classe di precocità 2); 13 mg (c.p. 3); 16 mg (c.p. 4); 20 mg (c.p. 5) di FT;
- 65 mg (classe di precocità 2); 87 mg (c.p. 3); 163 mg (c.p. 4); 260 mg (c.p. 5) di inibitori dell'ossidazione.

Dal punto di vista della sicurezza alimentare, la World Health Organization (WHO) ha stabilito un Acceptable Daily Intake (ADI) per il nitrato di 3.7 mg kg^{-1} di peso corporeo. Quindi, considerando un individuo adulto di 70 kg di peso corporeo, questo può assumere sino a 260 mg di nitrato al giorno. Alla luce di quanto appena esposto, ipotizzando una razione giornaliera di 100 g di radicchio, le foglie del grumolo esaminate in questo studio hanno presentato valori inferiori al limite sopra citato. Infatti i valori riscontrati, per classi crescenti di precocità, sono stati rispettivamente di:

- 65.5 mg di nitrati per 100 g di radicchio (c.p. 2) (25.2% dell'ADI);
- 73.6 mg di nitrati per 100 g di radicchio (c.p. 3) (28.3% dell'ADI);
- 66.8 mg di nitrati per 100 g di radicchio (c.p. 4) (25.7% dell'ADI);
- 32.4 mg di nitrati per 100 g di radicchio (c.p. 5) (12.5% dell'ADI).

Dal presente studio è emerso che alcuni aspetti qualitativi del radicchio Variegato di Castelfranco, quali il peso medio, il contenuto di sostanza secca, azoto proteico, nitrati, antiossidanti e polifenoli sono stati influenzati da numerosi fattori di diversa natura. In questo lavoro le variabili prese in considerazione sono state le parti di pianta (radice, fusto, foglie intere, lamine e nervature fogliari), le caratteristiche pedoclimatiche delle quattro diverse località ospitanti la coltura (Cavallino, Cavarzere, Lendinara, Monselice) e le classi di precocità (2, 3, 4 e 5). In linea generale, per quanto riguarda il peso medio del grumolo, parte commercializzabile dell'ortaggio, è stato osservato che le piante di classe di precocità 4 e 3 sono state le più produttive in termini quantitativi in quanto hanno avuto a disposizione un arco di tempo sufficiente per il loro accrescimento, evitando nel contempo i danni da gelo caratteristici del periodo successivo il loro estirpamento, che hanno invece interessato e penalizzato le piante a classe di precocità 5. Dall'analisi della ripartizione della sostanza secca nelle varie parti di pianta si è riscontrato che le radici e il fusto, essendo organi di riserva molto vascolarizzati, si sono nettamente differenziati dalle altre parti analizzate con i valori più elevati. E' stato inoltre notato che i terreni sabbiosi di Cavallino hanno permesso alle piante di accumulare più sostanza secca nei tessuti rispetto ad un terreno pesante. Osservando il contenuto di azoto proteico nelle diverse parti di pianta si è riscontrato che le lamine, in qualità di attivi sink per la sintesi proteica, sono stati gli organi che ne hanno contengono di più; radici e fusto invece ne hanno presentato un quantitativo minore perché sono dei source, cioè sorgenti di assimilati i quali vengono successivamente inviati alle lamine. Inoltre le foglie del grumolo, rispetto alle esterne e alla intermedie,

hanno più azoto proteico in quanto sono in attiva formazione e ricevono in continuazione metaboliti dalle foglie esterne che diventano a loro volta sorgenti di risorse. Infine si è osservato che su quest'ultimo fattore ha influito soprattutto la variabile terreno. Per quanto riguarda il contenuto di nitrati, è emerso che i fusti, le radici e le nervature sono le parti di pianta che ne accumulano di più, in quanto sono tessuti molto vascolarizzati, inoltre l'accumulo di nitrato si è verificato soprattutto in presenza di terreni argillosi; in ogni caso i valori di nitrati della quota edibile espressi sul peso fresco sono risultati inferiori ai più restrittivi limiti imposti dall'UE. Nei confronti della CAT, i quantitativi più elevati si sono riscontrati nelle lamine esterne, in quanto sono le più esposte e suscettibili agli stress biotici e abiotici. La CAT, inoltre, è stata influenzata probabilmente più dalla classe di precocità che dai fattori pedoclimatici. Infatti, sia a Cavallino che a Lendinara è molto evidente che aumentando il ciclo colturale, le piante hanno presentato un maggior quantitativo di antiossidanti, perché si è allungato il periodo di esposizione delle stesse alle temperature rigide e quindi queste si sono difese producendo più inibitori dell'ossidazione. Il contenuto di FT, in quanto molecole con azione antiossidativa, ha manifestato risultati analoghi a quelli dei composti sopra citati.

PROVA 2 - ROSSO DI TREVISO TARDIVO

RIASSUNTO

Il radicchio Rosso di Treviso tardivo, una delle tipologie di radicchio molto conosciuta nella Regione Veneto, è una cicoria che ha stretto un forte legame con la Provincia di Treviso dove è diventata una delle più pregiate e ricercate orticole presenti durante la stagione autunno-vernina.

Con il passare del tempo questo radicchio è divenuto sempre più famoso e ricercato non solo dai consumatori locali ma, negli ultimi anni, ha iniziato ad essere apprezzato anche in altre regioni del nostro Paese oltre che in alcuni mercati esteri per le sue peculiari caratteristiche organolettiche.

Di recente, infatti, le esigenze del mercato, spinto dalle richieste dei consumatori, si sono indirizzate verso prodotti caratterizzati da aspetti qualitativi, sempre più mirate nei confronti della salubrità e delle caratteristiche nutrizionali e salutistiche. In quest'ottica, si è condotto uno studio volto a valutare l'influenza di diversi aspetti agronomici e tecnico-colturali su alcune caratteristiche qualitative della pianta quali: contenuto di nitrati, nitriti, antiossidanti e polifenoli. In questa prova è stata considerata l'evoluzione dei principali aspetti qualitativi sopra citati durante il processo di forzatura imbianchimento realizzato presso un'azienda di Zero Branco caratterizzata da terreno franco.

Nei diversi rilievi si è operato con un numero di piante sufficientemente rappresentative della coltura in atto (5 per parcella). Queste sono state raccolte (estirpate) e destinate al rilievo distruttivo isolando le foglie esterne dalle intermedie e interne (grumolo), lamine delle foglie esterne, intermedie e del grumolo, nervature delle foglie esterne, intermedie e del grumolo, fusto e radici. Il materiale delle singole porzioni, provenienti dalle 5 piante, è stato poi accuratamente mescolato per ottimizzare l'omogeneità del campione. I diversi campioni sono stati poi sottoposti alle analisi qualitative previste.

I risultati ottenuti in questa esperienza hanno evidenziato che nei confronti del contenuto di antiossidanti, le lamine delle foglie esterne si sono dimostrate le più ricche di antiossidanti verosimilmente perché, al contrario delle altre frazioni della parte aerea, sottoposte a diversificate e prolungate fonti di stress durante tutto il ciclo colturale in campo. Nel corso della forzatura-imbianchimento questi composti hanno presentato un generale decremento nelle prime fasi dell'intervento dovuto alla scomparsa quasi completa delle foglie esterne per effetto dei processi di marcescenza. Nonostante ciò, i valori al momento della commercializzazione si sono mantenuti ancora piuttosto elevati. I quantitativi di polifenoli presenti nella pianta, in quanto anch'essi composti con azione antiossidante, hanno seguito gli andamenti presentati dagli inibitori dell'ossidazione.

In relazione al contenuto di nitrati e nitriti, i valori non hanno superato i più restrittivi limiti imposti dall'UE per altri ortaggi da foglia. Inoltre il processo di forzatura-imbianchimento ha determinato un'ulteriore riduzione dei livelli dimostrando che, da questo punto di vista, il radicchio Rosso di Treviso tardivo risulta essere salubre per il consumatore.

SUMMARY

There is currently a great deal of interest in phytochemicals as bioactive components of food, especially antioxidant compounds that could benefit human health. Radicchio Rosso di Treviso tardivo (*Cichorium intybus* L., group *rubifolium*), a typical vegetable of north-eastern Italy, has gained increasing commercial interest in recent years due to its particular shape and culinary features. These properties are obtained by a forcing process that could affect quality and nothing is known about changes during the forcing process.

The experiment was conducted in Veneto (north-eastern Italy, 45°36'N; 12°10'E) with plants grown in a loamy soil and analyzed at harvest and during the forcing process (0-10 and 20 forcing days-FD).

Results showed that the antioxidant capacity (AOC), phenols and ascorbic acid contents of this chicory decreased with different intensity during the forcing process. The outer inedible leaves displayed high AOC, which could provide phenolic extracts that could be used as natural antioxidants or to functionalize foods. Concerning nitrogen compounds, nitrate and nitrite contents in edible portions never exceed the most restrictive EU limits. A continuous reduction in NO₃ content was observed during the forcing process, while NO₂ showed a peak at 10 FD. Organic N significantly increased during the forcing process due to NO₂ reduction. The properties verified so far mean that this chicory can be considered an interesting and healthy vegetable for the consumer, also after the forcing process.

MATERIALI E METODI

La prova è stata condotta nel 2007-2008 presso un'azienda situata a Zero Branco nella provincia di Treviso (45°36'N; 12°10'E).

Dall'appezzamento interessato dalla prova si sono prelevati 5 campioni di terreno per valutarne le principali caratteristiche fisiche (sabbia 36%, limo 38% e argilla 26%).

Durante il ciclo colturale sono stati effettuati dei controlli per valutare lo stato della coltura (Figg. 85, 86 e 87) e in tabella 3 sono riportati i principali interventi tecnico-colturali con le rispettive date di esecuzione. Sul terreno destinato alla prova sono state identificate 3 parcelle della superficie di 25m² (5 x 5 m) all'interno delle quali alla raccolta (09/01/08) sono state estirpate 35 piante rappresentative della popolazione in coltura. Subito dopo l'estirpamento e prima di iniziare la forzatura-imbianchimento (0 giorni di imbianchimento - 0 GDI) si è prelevato un campione di 5 piante sulle quali è stato effettuato un rilievo distruttivo al fine di valutare le loro caratteristiche qualitative. Le rimanenti, con la radice fittonante recisa a 0.20-0.25 m, sono state riunite in 2 mazzi da 15 destinati alla forzatura-imbanchimento (Fig. 88A e C) in seguito denominata per concisione anche solo forzatura o solo imbianchimento. Per tale intervento questi sono stati posti in una vasca (Fig. 88B) da un lato della quale veniva immessa in continuazione acqua di pozzo a temperatura di 11-13°C che, dopo aver raggiunto il colletto delle piante, fuoriusciva dal lato opposto. Con tale modalità operativa è stato mantenuto costante il livello termico desiderato in corrispondenza delle radici. In questo caso, a metà (10 GDI) e al termine della pratica (20 GDI), sempre su un campione di 5 piante prelevato da uno dei due mazzi ricavati da ciascuna parcella, è stato effettuato il rilievo distruttivo. Nel complesso della prova (Fig. 89) sono stati quindi realizzati 3 rilievi distruttivi (0, 10 e 20 GDI).

Ciascuna pianta è stata preventivamente lavata e asciugata con panno assorbente. Le foglie di ogni cespo sono state quindi suddivise in tre gruppi valutando il grado di embricatura delle stesse. Sono state considerate esterne quelle più patenti e prostrate; intermedie quelle embricate al 50%; interne quelle completamente avvolte le une alle altre a formare la quota compatta del grumolo (Figg. 90 e 91). Ogni foglia è stata poi suddivisa a metà, lungo la nervatura principale, ricavando porzioni speculari: una destinata alla realizzazione di un campione della foglia intera, mentre dall'altra metà si è provveduto a separare le nervature dalle lamine ottenendo così due campioni con consistenti differenze tra i tessuti. Le distinte parti sono state raggruppate per uguale tipologia di campione e mescolate tra loro al fine di ottenere una massa omogenea. Procedendo in questo modo sono state così ottenute 11 frazioni:

- 1) foglie esterne;
- 2) foglie intermedie;
- 3) foglie del grumolo;
- 4) fusto;
- 5) radici;
- 6) lamine esterne;
- 7) lamine intermedie;
- 8) lamine del grumolo;

- 9) nervature esterne;
- 10) nervature intermedie;
- 11) nervature del grumolo.

Per ciascun campione delle diverse frazioni di pianta, una parte è stata destinata alla determinazione della sostanza secca in stufa ventilata a 65°C e, la quota rimanente, è stata immediatamente posta in freezer a -80°C per essere utilizzata nelle analisi qualitative relative al prodotto fresco. A questo proposito, quando si fa riferimento alla pianta intera, i valori sono ricavati dalla media ponderata di quanto ottenuto dalle 5 frazioni.

Per la determinazione della capacità antiossidativa totale (CAT), fenoli totali (FT), azoto proteico e nitrati sono state seguite le metodiche riportate in precedenza (Pagg.54-55).

La quantificazione dell'acido ascorbico (vitamina C) è stata eseguita secondo il metodo B dell'ISO 6557, cioè un metodo di routine per l'analisi di frutta e ortaggi. In breve, 10 g di campione sono stati omogeneizzati con Ultra Turrax in 20 mL di soluzione estraente (costituita da ac. meta fosforico in soluzione acetica). Come colorante è stata impiegata una soluzione di 2,6-diclorofenolindofenolo. I campioni preparati sono stati letti con lo spettrofotometro alla lunghezza d'onda di 500 nm.

Nei confronti della determinazione dei nitriti si è impiegato lo stesso filtrato ottenuto dalla fase di bollitura e filtrazione previste per i nitrati seguendo il metodo proposto da Strickland e Parsons (1968). A 1 mL di campione si è aggiunto 1 mL di acqua demineralizzata, 1 mL di Sulfanilammide (10 g L⁻¹ in acido cloridrico 3N) e 1 mL di NNED (N-1 naftide-etilendilammina bicloridrato) (0.2 g L⁻¹ in acqua). Al termine di tale fase si è passati alla lettura con lo spettrofotometro, utilizzando la lunghezza d'onda di 540 nm. Al valore medio delle assorbanze così ottenute è stata detratta l'assorbanza del rispettivo bianco ottenuto aggiungendo a 1 mL di campione 1 mL di Sulfanilammide e 1 mL di acqua in sostituzione del NNED.

L'analisi statistica (ANOVA) dei risultati è stata condotta considerando le 5 parti principali di pianta da (1) a (5) che, combinate fattorialmente con 3 periodi di imbianchimento (0, 10 e 20 GDI) hanno prodotto 15 tesi. I valori delle 2 parti di foglia (lamina e nervatura) combinati fattorialmente con 3 posizioni della foglia (esterna, intermedia e interna) e 3 periodi di imbianchimento (0, 10 e 20 GDI) sono stati elaborati separatamente poiché dipendenti dalla foglia intera, originando 18 tesi. Le medie sono state separate con il test HSD di Tukey.

Andamento meteorologico

I dati relativi all'andamento delle temperature, e dell'UR dell'aria e delle precipitazioni piovose per il periodo di prova e pluriennali (1992-2007) sono stati rilevati nella stazione agrometeorologica dell'ARPAV (Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto-Territory Safety Department) presente a Zero Branco (Fig. 92). Per quanto riguarda le temperature massime i valori registrati nel corso della prova hanno manifestato un marcato scostamento durante i mesi di giugno e

luglio da quelli medi pluriennali, che sono stati superati anche di 10 °C durante la prima metà di luglio. In seguito non si sono evidenziate variazioni di rilievo fino alla prima metà di dicembre; dopo tale periodo i livelli termici sono sempre stati superiori alla media.

Nei confronti delle temperature minime, dopo un'iniziale variazione nei primi 20 giorni di giugno, i livelli termici si sono mantenuti intorno alle medie pluriennali fino al 25 agosto. Successivamente, dal 25 agosto 2007 al 5 gennaio 2008, ad eccezione dei periodi 5-10 settembre, 5 e 25 ottobre, 25 novembre e 10 dicembre, i valori sono stati sempre inferiori a quelli pluriennali. Nell'ultima parte del ciclo colturale invece, analogamente a quanto verificatosi per le temperature massime, si è registrato un incremento termico fino al 25 gennaio 2008.

I dati relativi alle precipitazioni piovose (Fig. 93), hanno messo in luce, durante il periodo di prova caratterizzato da una piovosità complessiva di 465.8 mm, una riduzione del volume idrico del 16.7% nei confronti dei valori pluriennali (559.0 mm). E' possibile notare inoltre che gli eventi piovosi più consistenti si sono concentrati particolarmente nei primi 20 giorni di agosto, il 25 settembre, a fine novembre e durante i primi 20 giorni di gennaio. La distribuzione e la quantità delle piogge ha ovviamente influito sull'andamento dell'UR (Fig. 93). I valori dell'UR massima registrati durante la prova, ad eccezione del 15 novembre, si sono discostati in modo molto significativo dai dati pluriennali mantenendosi sempre al di sopra degli stessi. Per quanto riguarda l'UR minima invece, ad eccezione del 10 giugno, 20 agosto, 25 ottobre, 25 novembre, 5 dicembre e della prima parte di gennaio, si è sempre mantenuta al di sotto dei valori attesi.

RISULTATI

Durante il processo di forzatura-imbianchimento (Fig. 94), ad eccezione delle foglie esterne, che hanno evidenziato una marcata riduzione del proprio peso pari al 89.0% a 20 giorni d'imbianchimento (GDI), le rimanenti parti di pianta, sempre a 20 GDI, hanno mostrato un generale incremento di tale parametro anche se con intensità diversificata. Infatti il grumolo è stata la porzione di pianta che, dopo tale processo, ha evidenziato i maggiori aumenti ponderali pari al 70.0%.

Il fusto, analogamente ad altre parti di pianta, ha presentato un aumento del peso meno consistente rispetto a quello del grumolo (60.3%); le radici e le foglie intermedie, dopo una lieve diminuzione di peso a 10 GDI, nei successivi 10 GDI hanno presentato un aumento rispettivamente del 5.0% e del 32.0%.

Sostanza secca

Durante l'intervento di forzatura imbianchimento si è osservato un generale decremento della % di s.s. della pianta intera (Tab. 4) che ha presentato valori del 16.3% alla raccolta (0 GDI) fino a scendere all' 10.9% a 20 GDI. Inoltre, dalla stessa tabella è emerso che le radici sono stati gli organi con la maggiore percentuale di s.s. (21.6%) seguite dal fusto (17.4%), dalle foglie esterne e intermedie (9.9 e 9.7% rispettivamente) e da quelle interne del grumolo (8.5%).

Sembra interessante considerare le variazioni del contenuto di s.s. che si sono verificate nelle diverse parti di pianta durante l'intervento di forzatura-imbianchimento (interazione "parti di pianta x giorni di imbianchimento"). Infatti, nell'ambito delle foglie (Fig. 95A), quelle del grumolo hanno messo in evidenza la maggiore riduzione della percentuale di s.s. passata dall'11.8 (0 GDI) al 6.0% (20 GDI), mentre nelle foglie esterne la diminuzione è stata contenuta ad un livello modesto pari al 2.9%. Nelle radici e nel fusto si sono concretizzate, durante tale processo, riduzioni costanti di 5.5 e di 8.4 punti percentuali rispettivamente.

Il confronto tra lamine e nervature fogliari (Tab. 5) ha messo in evidenza la concentrazione più elevata, in corrispondenza delle prime, in tutte le tre posizioni della foglia con un incremento medio pari al 49.0%. La significatività dell'interazione "parti di foglia x posizioni" è giustificata dalla diversa intensità delle risposte. In questo caso si è osservato un decremento consistente (41.0%) passando da 0 a 20 GDI e dalle foglie più esterne a quelle del grumolo (8.3%). Anche in questo caso, l'interazione "posizioni della foglia x giorni di imbianchimento" è dovuta alla diversa intensità del fenomeno. Per tutte le lamine fogliari (Fig. 96A), da 0 fino a 10 GDI, la s.s. ha subito un abbattimento considerevole passando dal 18.0% al 10.0% mentre, da 10 a 20 GDI, soltanto le lamine esterne e del grumolo hanno evidenziato un'ulteriore modesta contrazione della s.s. pari all'1.9 e 0.4% rispettivamente. Nelle nervature delle foglie esterne ed intermedie si sono verificate riduzioni poco evidenti nell'arco dei 20 giorni necessari alla fase di forzatura-imbianchimento, mentre, differenze più rilevanti si sono manifestate nelle nervature delle foglie del grumolo (4.2%).

Capacità antiossidasica totale

Durante l'intervento di forzatura-imbianchimento (Tab. 4), la capacità antiossidasica totale (CAT) media ponderata dell'intera pianta ha subito un decremento del 60.6% passando da 43622 mg Fe²⁺E kg⁻¹ peso secco (p.s.) (2676 mg Fe²⁺E kg⁻¹ peso fresco (p.f.)) all'estirpamento a 17164 mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.s. (1574 mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) a 20 GDI. L'effetto principale delle parti di pianta ha evidenziato che la CAT più elevata è stata riscontrata nelle radici (47817 mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.s.) seguite dalle foglie intermedie (28749 mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.s.). I valori espressi da queste ultime non si sono statisticamente differenziati dal fusto, dalle foglie interne e da quelle esterne.

Gli andamenti della CAT si sono invece diversificati in relazione alle parti di pianta (interazione "parti di pianta x giorni di imbianchimento") come riportato in figura 95B. Infatti per le foglie intere si è riscontrata una generale riduzione dei valori durante i primi 10 GDI che, ad eccezione delle foglie intermedie, si è prolungata fino al termine dell'intervento di forzatura. In relazione alle radici, la CAT si è estremamente ridotta nei primi 10 GDI per poi attestarsi intorno a 37000 mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.s. fino a 20 GDI. Per quanto riguarda le parti di foglia (Tab. 5), le lamine fogliari hanno sempre dimostrato CAT più elevata. Nei confronti dei GDI e della posizione della foglia, i valori hanno presentato una contrazione da 0 a 20 GDI nel primo caso, mentre, nel secondo, le foglie esterne hanno fornito la CAT più elevata e superiore a 50000 mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.s.. La diversa intensità del decremento della CAT per tutte le posizioni delle foglie da 0 a 20 GDI ha giustificato l'interazione "posizioni della foglia x giorni d'imbianchimento".

In relazione alle lamine fogliari (Fig. 96B), la CAT più elevata è stata registrata in quelle esterne a 0 GDI (175768 mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.s.) seguite dalle interne e intermedie. In seguito la CAT è diminuita notevolmente raggiungendo, al termine della forzatura valori compresi tra 47617 mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.s. per le intermedie e 35412 mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.s. per le esterne. Le nervature fogliari, rimanendo sempre al di sotto di 20000 mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.s., hanno evidenziato quantitativi di CAT inferiori a quelli delle lamine durante tutto l'intervento di imbianchimento.

Fenoli totali

Il contenuto di fenoli totali (FT) (Tab. 4) ha subito un decremento del 58.3% da 0 a 20 GDI e, nei confronti delle parti di pianta, il contenuto più elevato è stato espresso dalle radici (37698 mg GAE kg⁻¹ p.s.), mentre le altre parti non si sono differenziate con valori compresi tra 20228 (fusto) e 13796 (foglie interne) mg GAE kg⁻¹ p.s.. Risposte diverse sono state espresse durante la forzatura-imbianchimento (interazione "parti di pianta x giorni d'imbianchimento") (Fig. 95C). I valori delle foglie, infatti, sono diminuiti del 65.0%, 53.8% e 41.6% nei primi 10 GDI rispettivamente per quelle interne, esterne e intermedie; solamente queste ultime hanno dimostrato in seguito un lieve incremento, mentre per le altre il quantitativo di fenoli totali (FT) è ulteriormente diminuito fino al termine della forzatura.

Le radici e il fusto, seppur con diversa intensità, hanno evidenziato andamenti analoghi a quelli registrati per la CAT. Per quanto riguarda le porzioni di foglia (Tab. 5), le

lamine fogliari si sono statisticamente differenziate dalle nervature con valori superiori mediamente dell'82.3%. In relazione alla posizione delle foglie, i valori hanno manifestato una contrazione passando dalle lamine esterne a quelle interne, mentre andamento opposto è stato osservato per le nervature. L'effetto principale dei giorni d'imbianchimento ha manifestato la concentrazione più elevata di FT all'estirpamento (0 GDI) mentre, nell'ambito della posizione della foglia, i valori maggiori si sono registrati nelle foglie interne e queste due variabili non hanno interagito significativamente. La figura 96C evidenzia che il contenuto di FT nelle lamine si è notevolmente ridotto da 0 a 20 GDI, al contrario di fusto e radici che, rimanendo sempre al di sotto di 10000 mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.s. non sono sembrati essere influenzati dall'intervento di forzatura-imbianchimento.

Acido ascorbico

Durante la forzatura (Tab. 4) il contenuto di acido ascorbico (AA) nella pianta intera è diminuito da 1861 mg kg⁻¹ p.s. (0 GDI) a 968 mg kg⁻¹ p.s. (20 GDI). Nei confronti delle parti di pianta, il fusto e le radici hanno dimostrato i maggiori quantitativi di AA (2254 and 2030 mg kg⁻¹ p.s. rispettivamente) seguiti dalle foglie che non si sono differenziate tra loro.

La figura 95D evidenzia che, ad eccezione delle foglie esterne, la concentrazione di AA si è ridotta in tutte le parti di pianta durante la forzatura-imbianchimento. Le foglie interne e intermedie hanno presentato un leggero decremento da 0 a 10 GDI mentre in radici e fusto è risultato più marcato e pari rispettivamente a 39.6% e 52.8%. Nella seconda metà del trattamento (10-20 GDI) tutte le parti di pianta hanno espresso lievi contrazioni comprese tra il 25.8% (fusto) e 30.3% (foglie intermedie). L'effetto principale delle porzioni di foglia (Tab. 5) ha manifestato valori significativamente più elevati nelle lamine rispetto alle nervature; in relazione ai giorni d'imbianchimento, si è riscontrato un decremento del contenuto di AA da 0 a 20 GDI e, nell'ambito delle posizioni, le risposte più consistenti sono state fornite dalle foglie esterne seguite da quelle interne e intermedie. Queste due variabili hanno interagito significativamente come riportato in tabella 5 dove le lamine hanno espresso i maggiori quantitativi di AA in quelle esterne e del grumolo, mentre le nervature in quelle esterne ed intermedie.

Il quantitativo di AA in tutte le lamine fogliari (Fig. 96D) è notevolmente diminuito nei primi 10 GDI, tuttavia tra 10 e 20 GDI tale andamento è stato osservato solamente per le lamine interne e intermedie, mentre per quelle esterne si è registrato un incremento dell'8.0%. Alla raccolta la concentrazione di AA è risultata non diversa per tutte le nervature, successivamente per le intermedie e interne i valori si sono leggermente contratti fino al termine della forzatura; le nervature esterne, invece, hanno manifestato un incremento di AA raggiungendo 892 mg kg⁻¹ p.s. a 10 GDI per poi attestarsi al di sotto di 800 mg kg⁻¹ p.s. a 20 GDI.

Correlazioni

Per alcuni parametri qualitativi sono state verificate delle correlazioni (Fig. 97); queste elaborazioni sono state eseguite per tutte le parti di pianta, solo per la parte aerea e, infine, solo per quella edibile (foglie del grumolo). Il diverso contenuto di FT nelle parti

di pianta è risultato positivamente e altamente correlato con la CAT (Figg. 97A, B e C). Nei confronti della CAT e dell'AA (Figg. 97D, E e F), i valori di R^2 sono aumentati passando dalla pianta intera (0.3023) alla sola quota edibile (0.9598). Come già riportato per CAT e AA, anche nel caso di FT e AA (Figg. 97G, H e I), il valore di R^2 è incrementato considerando solo la quota edibile della pianta (0.9671).

Azoto proteico

Durante la forzatura-imbianchimento si è osservato un aumento dell'azoto proteico nella pianta intera che è passato da 14.4% a 0 GDI, a 16.9% a 20 GDI (Tab. 6). Nell'ambito delle parti di pianta, le foglie del grumolo (interne) hanno presentato le concentrazioni più elevate (21.9%) seguite da quelle intermedie ed esterne, dal fusto e dalle radici. I valori più modesti si sono registrati nelle foglie esterne.

Dalla figura 98B si osserva che in tutte le parti di pianta si è riscontrato un aumento della percentuale di azoto proteico durante la forzatura- imbianchimento con valori compresi tra 12 e 30%.

L'effetto principale delle porzioni di foglia (Tab. 7) ha evidenziato, nelle lamine, valori statisticamente superiori a quelli delle nervature che si sono ripetuti, con intensità diversa, nei confronti delle posizioni della foglia. In relazione agli effetti principali dei GDI e delle posizioni della foglia si è riscontrato un incremento della concentrazione di azoto proteico passando da 0 a 20 GDI e dalle foglie esterne a quelle interne. Non significativa è risultata l'interazione "posizioni della foglia x giorni d'imbianchimento". Durante l'intervento di forzatura-imbianchimento si è potuto, inoltre, osservare che le diverse risposte delle parti di foglia riportate nella figura 99B sono soltanto apparenti poiché non convalidate dall'ANOVA.

Nitrati

Durante i 20 GDI (Tab. 6), il livello medio ponderato di NO_3 nella pianta intera, dal giorno dell'estirpamento (7047 mg kg^{-1} p.s. e 1342 mg kg^{-1} p.f.) a 20 GDI (6457 mg kg^{-1} p.s. 943 mg kg^{-1} p.f.) è diminuito dell'8.3% sul p.s. e del 29.7% su p.f..

L'effetto principale delle parti di pianta ha messo in luce le concentrazioni più alte di nitrati nelle radici (15490 mg kg^{-1} p.s.), superiori del 48.9% rispetto a quelle registrate nel fusto.

I valori espressi dalle foglie intere non si sono differenziati statisticamente tra le posizioni, attestandosi tra 3061 mg kg^{-1} p.s. delle intermedie e 4006 mg kg^{-1} p.s. di quelle interne del grumolo. Le concentrazioni di NO_3 hanno seguito, nel tempo, andamenti diversi nelle parti di pianta (interazione parti di pianta x giorni di imbianchimento). Infatti nelle foglie intere delle diverse posizioni nei primi 10 GDI (Fig. 98C) si è verificata una generale riduzione dei valori che, ad eccezione delle foglie del grumolo, è continuata fino al termine dell'intervento. Concentrazioni sempre decrescenti si sono osservate nel fusto, mentre le radici sono state l'unico organo della pianta nel quale si è riscontrato un aumento del 23% di NO_3 passato da 13264 a 17210 mg kg^{-1} p.s. rispettivamente da 0 a 20 GDI.

Nei confronti delle parti di foglia le nervature hanno presentato sempre le concentrazioni di nitrato più elevate (Tab. 7) sebbene con intensità diversa in relazione

alla loro posizione. L'aumento medio nei confronti delle lamine è risultato pari al 58.3%. Per quanto riguarda gli effetti principali dei GDI e delle posizioni della foglia, nel primo caso si è osservata contrazione dei valori da 0 a 20 GDI, mentre nel secondo le foglie intermedie hanno presentato il maggiore contenuto di NO₃ superando i 3200 mg kg⁻¹ p.s.. In relazione al diverso effetto delle posizioni delle foglie e della durata della forzatura-imbianchimento in quelle intermedie e del grumolo il contenuto di nitrati è diminuito da 0 a 20 GDI, mentre nel caso delle esterne la concentrazione più elevata è stata riscontrata a 10 GDI.

Per quanto riguarda le lamine fogliari (Fig. 99C), le maggiori concentrazioni di NO₃ si sono verificate in quelle intermedie a 0 GDI (4745 mg kg⁻¹ p.s.). In seguito il loro contenuto si è notevolmente ridotto raggiungendo a 20 GDI un quantitativo pari a 500 mg kg⁻¹ p.s.. Nelle lamine delle foglie esterne il livello di questi composti ha registrato un lieve incremento a 10 GDI, pari a circa il 10.0%, mentre, a fine intervento, si è verificata una marcata contrazione. Nelle lamine delle foglie del grumolo la presenza di nitrati, ha mostrato un decremento dell'8.5% passando da 0 GDI (1112 mg kg⁻¹ p.s.) a 20 GDI (1018 mg kg⁻¹ p.s.).

Una generale riduzione della concentrazione di nitrati si è osservata anche per le nervature fogliari. In particolare per quelle delle foglie del grumolo, la riduzione di NO₃ è stata graduale durante tutto il periodo di forzatura-imbianchimento, mentre, in quelle intermedie si è registrato un calo da 4685 a 3090 mg kg⁻¹ p.s. a 10 GDI, cui è seguito un lieve incremento fino a raggiungere 3647 mg kg⁻¹ p.s. a 20 GDI. Interessante si è dimostrato l'andamento del livello di nitrati nelle nervature delle foglie esterne per le quali, contrariamente a quanto verificatosi per quelle intermedie, si è avuto un lieve aumento da 4124 a 4336 mg kg⁻¹ p.s. da 0 a 10 GDI, al quale ha fatto seguito una leggera riduzione (22.0% circa) raggiungendo 3200 mg kg⁻¹ p.s. a 20 GDI.

Nitriti

Il contenuto di nitriti, da 0 a 10 GDI è cresciuto del 91.7% (da 3.3 a 39.5 mg kg⁻¹ p.s.), per poi ridursi dell'87.7% a 20 GDI presentando un contenuto di 4.9 mg kg⁻¹ di p.s. (Tab. 6). Nell'ambito delle parti di pianta le concentrazioni maggiori si sono osservate nelle foglie intermedie e interne seguite dalle radici. Il fusto e le foglie esterne hanno evidenziato valori più contenuti pari a 4.0 e 1.7 mg kg⁻¹ di p.s. rispettivamente.

Come già esposto per i nitrati, anche in questo caso si sono verificate risposte diverse nei quantitativi durante la forzatura imbianchimento (interazione parti di pianta x giorni di imbianchimento). Le foglie esterne, infatti, (Fig. 98D) hanno sempre manifestato, valori prossimi allo zero, mentre le foglie intermedie e del grumolo, hanno presentato quantitativi quasi nulli a 0 GDI, che sono aumentati fino a raggiungere valori superiori all'85.0 mg kg⁻¹ di p.s. a 10 GDI, per poi tornare a ridursi drasticamente a 20 GDI. Nelle radici si è assistito ad un leggero calo delle concentrazioni di NO₂, nella prima decade, che poi, sono aumentate fino ad arrivare a valori di 12.2 mg kg⁻¹ di p.s. a 20 GDI. Diverso è stato, invece, l'andamento che i nitriti hanno manifestato nel fusto, dove si è riscontrato un aumento da 3.5 a 5.2 mg kg⁻¹ di p.s. da 0 a 20 GDI.

Nei confronti delle parti di foglia (Tab. 7), le lamine si sono significativamente differenziate dalle nervature con valori superiori del 59.0%. Per quanto riguarda

l'effetto della posizione, le concentrazioni più consistenti si sono osservate nelle lamine, nel caso delle foglie intermedie e interne, mentre quelle esterne, le hanno manifestate nelle nervature. L'effetto principale dei GDI ha manifestato le concentrazioni più elevate nella fase centrale dell'intervento (10 GDI) e quello della posizione delle foglie ha evidenziato valori crescenti passando dalle esterne alle interne. Queste due variabili hanno interagito in modo significativamente diverso come appare dai valori riportati nella stessa tabella.

Andamento non molto diverso dalle foglie intere si è osservato per le lamine come appare dalla figura 99D. Dalla stessa figura si osserva infatti che quelle delle foglie esterne hanno presentato valori sempre molto modesti e anche inferiori a 1 mg kg^{-1} di p.s. (0.23 mg kg^{-1} p.s. a 20 GDI). Le lamine delle foglie intermedie e quelle del grumolo, invece, a 10 GDI hanno messo in evidenza una forte crescita delle concentrazioni di NO_2 pari al 98.0% nei confronti di 0 GDI per poi subire un notevole decremento fino quasi ad annullarsi a 20 GDI. Nelle nervature i nitriti hanno assunto valori sempre molto modesti, infatti in quelle del grumolo si è assistito ad un lieve aumento a partire da circa 0.60 mg kg^{-1} di p.s. all'estirpamento fino a raggiungere circa 9.0 mg kg^{-1} di p.s. a 10 GDI per poi ridursi fino a 7.0 mg kg^{-1} di p.s. a 20 GDI. Nelle nervature delle foglie intermedie i quantitativi sono parsi più modesti con una leggera crescita sempre a 10 GDI. Per le nervature delle foglie esterne, contrariamente alle altre, si è riscontrata una continua riduzione nel tempo pari al 65.0%.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Interessante è parsa l'evoluzione ponderale delle diverse parti di pianta durante la forzatura-imbianchimento, che, in primo luogo, ha messo in luce il drastico decremento delle foglie esterne dovuto ai processi di marcescenza verificatesi durante questo intervento cui ha fatto riscontro, come prevedibile, l'incremento del grumolo grazie alla formazione di nuove foglie e accrescimento delle più giovani già presenti alla raccolta. Per quanto riguarda le foglie intermedie, meno interessate dai processi di marcescenza rispetto a quelle esterne, hanno presentato, nella fase finale dell'imbianchimento, un aumento in peso dovuto al loro accrescimento. Comportamento simile è stato evidenziato dall'apparato radicale che, dopo un lieve calo iniziale giustificato dalla perdita di sostanze di riserva destinate alla formazione di nuove foglie, ha manifestato un leggero incremento ponderale grazie alla formazione di nuovo capillizio radicale. Il fusto ha mostrato, seppur con intensità modesta, un costante aumento del peso verosimilmente giustificato dal suo allungamento e ingrossamento conseguente all'accrescimento del grumolo.

Questa esperienza ha considerato molteplici aspetti qualitativi per il radicchio Rosso di Treviso tardivo valutando il loro contenuto al momento dell'estirpamento e durante l'intervento di forzatura-imbianchimento. Nei confronti dei composti con attività antiossidasica (CAT, FT e AA) è emerso un generale decremento dei valori nel corso di questa pratica. Tale risposta è prevalentemente giustificata dalla perdita delle foglie esterne dovuta a processi di senescenza e marcescenza intervenuti durante i GDI. Infatti quest'ultima componente della parte aerea ha manifestato la CAT più elevata a causa di stress abiotici e biotici tipici del ciclo colturale che hanno incrementato la CAT (Shao *et al.*, 2008). Il primo motivo di stress abiotico per questa cicoria è rappresentato dal freddo; i bassi valori termici che normalmente interessano i mesi invernali sono responsabili del tipico colore rosso delle foglie dovuto a pigmenti antocianici che appartengono alla grande famiglia dei fenoli (Mazza and Miniatti, 1993; Rice-Evans *et al.*, 1997). Queste e altri composti chimici influiscono pesantemente sul contenuto di fenoli totali in radicchio (Innocenti *et al.*, 2005). Al termine dell'intervento di forzatura-imbianchimento il contenuto di AA nel radicchio Rosso di Treviso tardivo è stato analogo a quello riportato da Francke and Majkowska-Gadomska (2008) per il Rosso di Chioggia ed è risultato comparabile o superiore a quello di altri ortaggi crudi come carote, aglio, bietola rossa, patata, cipolla, sedano ecc. (Carnovale and Marletta, 2009). Per quanto riguarda le correlazioni, come riferito da molti autori per diverse specie (Kang and Saltveit, 2002; Llorach *et al.*, 2004; Reyes *et al.*, 2007; Lavelli, 2008; Anesini *et al.*, 2008), in questa cicoria la CAT è stata positivamente correlata a FT e l'AA è positivamente correlato con FT e CAT.

Considerando ora i composti azotati, il radicchio non ha manifestato quantitativi rilevanti di nitrati come già riscontrato da Pimpini *et al.* nel 2000. Questa cicoria, infatti, ad eccezione delle radici e del fusto, non ha superato i più restrittivi limiti imposti dalla UE per altre specie da foglia (Santamaria, 2006) già al momento della raccolta in campo. Non sorprende, inoltre, che le uniche porzioni al di sopra di tali limiti siano il fusto e l'apparato radicale, poiché costituite da tessuti molto vascolarizzati e conseguentemente caratterizzati da un elevato contenuto in nitrati come confermato su

cavolfiore da Pimpini *et al.* (1970; 1971; 1973) e per numerose altre specie da Santamaria *et al.* nel 1999. Oltre a ciò, durante l'intervento di forzatura-imbianchimento si è verificata un'ulteriore e generale riduzione del contenuto di nitrati verosimilmente motivata dal mancato assorbimento di elementi nutritivi da parte delle radici durante lo stoccaggio nelle vasche alimentate con acqua corrente. Tale comportamento è stato riscontrato da Santamaria *et al.* (2001) anche su rucola (*Diplotaxis tenuifolia* ed *Eruca vesicaria* subsp. *sativa*) coltivata in floating system dopo avere sostituito la soluzione nutritiva con sola acqua.

Durante l'intervento di forzatura-imbianchimento l'apparato radicale è stata l'unica parte della pianta che ha presentato un continuo incremento della concentrazione di NO₃ probabilmente da imputare alla rimobilitazione di questi dalle porzioni senescenti della pianta (Cassan *et al.*, 2008).

Per quanto riguarda il contenuto di nitriti (NO₂), il picco osservato a 10 GDI nelle lamine intermedie e del grumolo, è verosimilmente dovuto alla riduzione dell'attività della nitrato riduttasi (NiR) causata dall'assenza di luce come osservato da Datta e Sharma (1999) su *Zea mais*. Inoltre, sempre gli stessi Autori hanno messo in evidenza che la nitrato riduttasi (NR) in tale condizione luminosa, riduce maggiormente la propria attività nei confronti di NiR.

Sulla base di tali conoscenze è quindi possibile giustificare il crollo di NO₂ che si è verificato da 10 a 20 GDI. Infatti sono da tenere in considerazione alcuni importanti aspetti che coinvolgono l'ambiente di forzatura-imbianchimento e la pianta. Si opera, infatti, in condizioni di luminosità molto modesta, con piante immerse in sola acqua. Queste, inoltre, sono caratterizzate da apparato radicale drasticamente ridotto all'estirpamento, soprattutto per la quota assorbente, che viene rigenerata in quantitativo trascurabile nel breve periodo previsto per questo intervento. Ciò rende impossibile l'assorbimento di ulteriori quantitativi di NO₃ eventualmente presenti nell'acqua. Tali condizioni comportano una minore produzione di nitriti da parte di NR consentendo alla NiR di ridurre lentamente i NO₂ presenti a causa della sua attività che, seppur ridotta, consente comunque questo processo. Tale ipotesi viene ulteriormente validata da quanto verificato a proposito della presenza di N organico (N proteico) che ha evidenziato incrementi in corrispondenza delle parti di pianta nelle quali si sono rilevate contrazioni di NO₂.

Al termine dell'intervento di forzatura imbianchimento, sia i nitrati che i nitriti si sono attestati su valori abbondantemente inferiori ai limiti imposti dall'UE. Ingerendo infatti 100g di prodotto fresco (foglie del grumolo imbianchito), un consumatore assume un quantitativo di nitrati e nitriti pari a 24.7 e 0.021 mg rispettivamente. Tali valori non minacciano in alcun modo la salute del consumatore poiché rappresentano il 9.6 e lo 0.5% della dose giornaliera accettabile per una persona di 70 kg (Santamaria *et al.*, 1999).

Concludendo è quindi possibile affermare che il radicchio Rosso di Treviso tardivo ha presentato elevati quantitativi di composti con attività antiossidasica e utili per la salute del consumatore anche al termine dell'intervento di forzatura-imbianchimento. L'elevata CAT e FT delle foglie esterne (prodotto di scarto) rende ipotizzabile l'impiego di tale matrice per l'estrazione di composti funzionali per arricchire i cibi come recentemente riportato per altre specie (Larrosa *et al.*, 2002; Yamakawa e

Radicchio: prova 2

Yoshimoto, 2002; Stojceska *et al.*, 2008). Ulteriori studi sono comunque necessari al fine di identificare i numerosi composti antiossidanti coinvolti e la loro evoluzione durante la forzatura-imbianchimento. In ogni caso le proprietà verificate finora consentono di considerare questa cicoria un interessante e salubre ortaggio per il consumatore.

BIBLIOGRAFIA

- ANESINI C., FERRARO G.E., FILIP R. *in press*. Total polyphenol content and antioxidant capacity of commercially available tea (*Camelia sinensis*) in Argentina. J. Agric. Food Chem. http://www.alimentosargentinos.gov.ar/infusiones/docs/Tea_JAFC.pdf
- BARPO G.B. 1634. Delizie et i frutti dell'agricoltura e della villa. Libri 3, Tip. Sardina, Venezia.
- BENZIE I.F.F., STRAIN J.J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "Antioxidant Power": The FRAP essay. Anal. Biochem., 239:70-76.
- BIEHLER K., FOCK H. 1996. Evidence for the contribution of the Mehlerperoxidase reaction in dissipating excess electrons in drought-stressed wheat. Plant Physiol., 112:265-272.
- BILYK, A., SAPERS, G. M. 1985. Distribution of quercetin and kaempferol in lettuce, kale, chive, garlic chive, leek, horseradish, red radish and red cabbage tissues. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 33:226-228.
- CARNOVALE E., MARLETTA L. 2009. Banca Dati di Composizione degli Alimenti INRAN. http://www.inran.it/servizi_cittadino/per_saperne_di_piu/tabelle_composizione_alimenti/composizione/verdure.
- CASSAN L., CORBINEAU F., LIMAMI A.M. 2008. Genetic variability of nitrogen accumulation during vegetative development and remobilization during the forcing process in witloof chicory tuberized root (*Cichorium intybus* L.). J Plant Physiol., 165:1667-1677.
- CATALDO D.A., HAROON M., SCHRADER L.E., YOUNGS V.L. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. Commun. Soil Sci. Plant. Anal., 6:71-80.
- DATTA R., SHARMA R. 1999. Temporal and spatial regulation of nitrate reductase and nitrite reductase in greening maize leaves. Plant Science, 144:77-83.
- FRANCKE A., MAJKOWSKA-GADOMSKA J. 2008. Effect of planting date and method on the chemical composition of radicchio heads. J. Elementol., 13(2):199-204.
- INNOCENTI M., GALLORI S., GIACCHERINI C., IERI F., VINCIERI F.F., MULINACCI N. 2005. Evaluation of the phenolic content in the aerial parts of different varieties of *Cichorium intybus* L. J. Agric. Food Chem. 53:6497-6502.
- KANG H.M., SALTVEIT M.E. 2002. Antioxidant capacity of lettuce leaf tissue increases after wounding. J. Agric. Food. Chem., 50:7536-7541.
- KE D., SALTVEIT M.E. 1989. Wound-induce ethylene production, phenolic, metabolism and susceptibility to russet spotting in Iceberg lettuce. Physiol. Plant., 76:412-418.

- LARROSA M., LLORACH R., ESPÍN J.C., TOMÁS-BARBERÁN F.A. 2002. Increase of antioxidant activity of tomato juice upon functionalisation with vegetable byproducts extracts. *Lebensm. Wiss. Technol.*, 35:532-542.
- LAVELLI V. 2008. Antioxidant activity of minimally processed red chicory (*Cichorium intybus* L.) evaluated in xanthine oxidase-, myeloperoxidase-, and diaphorase-catalyzed reactions. *J. Agric. Food Chem.*, 56:7194-7200.
- LLORACH R., MARTINEZ-SANCHEZ A., TOMAS-BARBERAN F.A., GIL M.I., FERRERES F. 2008. Characterisation of polyphenols and antioxidant properties of five lettuce varieties and escarole. *Food Chemistry* 108:1028-1038.
- MAFFIOLI G. 1984. Origine del radicchio castellano. In *Castelfranco, il fiore che si mangia*. pp 57-61. Edizioni Della Galleria, Padova.
- MARCHIORO A., RAMPONI E., SECCO G. 2005. *Fiori d'inverno*. Biblos Editore, Padova.
- MAZZA G., MINIATTI E. 1993. *Anthocyanins in Fruits, Vegetables and Grains*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- NACZK M., SHAHIDI F. 2006. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: occurrence extraction and analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41:1523-1542.
- PAOLETTI F. 2005. Il bello delle insalate. *Terra e vita, Suppl. al n. 48:14-15*.
- PARRINI P., LUCCHIN M. 2002. Miglioramento genetico e produzione del seme. In AA.VV. *Il Variegato di Castelfranco*. Veneto Agricoltura, 45-57.
- PASIN G. 1999. *Cento facili ricette con il radicchio*. Pavan Editore. ISBN:8890050985.
- PIETTA P. 2005. Grazie ai phytochemicals. *Terra e Vita, Suppl. al n. 48:16*.
- PIGNATTI S. 1982 - *Flora d'Italia*. 3:222-224. Edagricole, Bologna.
- PIMPINI F. 1990. *Radicchio*. In Pimpini F., Bianco V.V. *Orticoltura*, pp. 320-338. Patron Editore, Bologna.
- PIMPINI F., CHILLEMÌ G., LAZZARIN R., GIANNINI M., TOSINI F. 2003. Il calendario dell'offerta. *Terra e Vita, Suppl. al n. 50:14-17*.
- PIMPINI F., FILIPPINI M.F., SAMBO P., GIANQUINTO G. 2000. Influenza della concimazione sul contenuto di nitrato in due tipi di radicchio rosso. *Riv. Agron.* 34:406-418.
- PIMPINI F., LAZZARIN R., CHILLEMÌ G. 2002a. Aspetti generali. In AA.VV. *Il radicchio Variegato di Castelfranco*. Veneto Agricoltura, 15-19.
- PIMPINI F., LAZZARIN R., CHILLEMÌ G. 2002b. Tecnica colturale. In AA.VV. *Il radicchio Variegato di Castelfranco*. Veneto Agricoltura, 21-42.

Radicchio: bibliografia

- PIMPINI F., NICOLETTO C. 2008. Effetto della vernalizzazione sull'induzione a fiore in tipologie e classi diverse di radicchio (*Cichorium intybus* L. var *silvestre* Bischoff). Ital. J. Agron./Riv. Agron., 2 Suppl.:69-80.
- PIMPINI F., NICOLETTO C., VAROTTO S. 2007. Radicchio: efficacia del fotoperiodo e della vernalizzazione sull'induzione a fiore. Colture Protette, 1:50-63.
- PIMPINI F., VENTER F., WÜNSCH A. 1970. Untersuchungen über den Nitratgehalt in Blumenkohl. Landw. Forsch., 4:363-370.
- PIMPINI F., VENTER F., WÜNSCH A. 1971. Über den Einfluß verschiedener Stickstoff-Formen und steigender Stickstoff-Mengen auf das Wachstum von Blumenkohl in Kulturgefaßen. Gartenbauwissenschaft, 36(18):1-17.
- PIMPINI F., VENTER F., WÜNSCH A. 1973. The influence of different nitrogen forms and increasing nitrogen doses on the content of total nitrogen and of nitrate in cauliflower plants. Acta Hort., 29:307-317.
- REYES L.F., VILLAREAL J.E., CISNEROS-ZEVALLOS L. 2007. The increase in antioxidant capacity after wounding depends in the type of fruit or vegetable tissue. Food Chemistry, 101:1254-1262.
- RICE-EVANS C.A., MILLER N.J., PAPANGA G. 1997. Extending and measuring the quality of fresh – cut fruit and vegetables: a review. Trends in food Science & Technology 18:373-386.
- ROMANI A., PINELLI P., GALARDI C., SANI G., CIMATO A., HEIMLER D. 2002. Polyphenols in green house and open-air-grown lettuce. Food Chemistry, 79:337-342.
- SANTAMARIA P. 2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. J. Sci. Food Agric., 86:10-17.
- SANTAMARIA P., ELIA A., SERIO F., TODARO, E. 1999. A survey of nitrate and oxalate content in fresh vegetables. J. Sci. Food Agric., 79:1882-1888.
- SANTAMARIA P., GONNELLA M., ELIA A., PARENTE A., SERIO F. 2001. Ways of reducing rocket salad nitrate content. Acta Hort. 548:529-536.
- SERIO F., AYALA O., BONASIA A., SANTAMARIA P. 2006. Antioxidant properties and health benefits of tomato. Recent progress in medicinal plants, 13:159-179.
- SHAO H., CHU L., SHAO M., CHERUTH A.J., MI H. 2008. Higher plant antioxidants and redox signaling under environmental stresses. C. R. Biologies, 331:433-441.
- SINGLETON V.L., ROSSI I.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphor-molybdic-phosphotungstic acid reagents. Am. J. Enol. Viticult., 16:144-158.

STOJCESKA V., AINSWORTH P., PLUNKETT A., IBANOĞLU E. 2008. Cauliflower by-products as a new source of dietary fiber, antioxidants and proteins in cereal based ready-to-eat expanded snacks. *Journal of Food Engineering*, 87:554–563.

STRICKLAND J.D.H., PARSONS T.R. 1968. A manual for sea water analysis. *Bull. Fish Res. Bd.*, 167, Canada.

TAIZ L., ZEIGER E. 2002. *Fisiologia vegetale*. Piccin-Nuova Libreria Editore, Padova.

YAMAKAWA O., YOSHIMOTO M. 2002. Sweetpotato as food material with physiological functions. *Acta Hort.*, 583:179-185.

Siti web citati:

www.biodiversitàveneto.it

TABELLE E FIGURE

Tabella 1 - Tesi a confronto, alcune caratteristiche fisiche del terreno e classi di precocità della tipologia di radicchio.

Tesi a confronto (sigle)	Località	Costituenti			Tipo di terreno	Classe di precocità
		sabbia	limo	argilla		
Cav.sab.2	Cavallino	76	6	18	sabbioso	2
Cav.sab.3						3
Cav.sab.4						4
Cavarz.arg.2	Cavarzere	35	24	50	argilloso	2
Mons.fra.4	Monselice	48	30	22	franco	4
Lend.arg.3	Lendinara	38	21	48	argilloso	3
Lend.arg.4						4
Lend.arg.5						5

Tabella 2 - Tesi a confronto, epoca di trapianto, estirpamento e durata del ciclo colturale.

Tesi a confronto (sigle)	Data trapianto	Data estirpamento	Durata ciclo (giorni dal trapianto)
Cav.sab.2	21/08/07	6/11/07	70
Cav.sab.3		23/11/07	85
Cav.sab.4		18/12/07	100
Cavarz.arg.2	10/08/07	24/10/07	70
Mons.fra.4	18/08/07	19/11/07	85
Lend.arg.3	18/08/07	18/12/07	100
Lend.arg.4		11/12/07	100
Lend.arg.5		21/01/08	130



Figura 6 – Panoramica della coltura al Cavallino il 4/9/07.



Figura 7 – Panoramica della coltura al Cavallino il 4/10/07.



Figura 8 – Panoramica e particolare delle piante al Cavallino il 30/10/07.



Figura 9 – Particolare delle piante a Monselice il 16/10/07.



Figura 10 – Particolare della pianta al momento dell'estirpamento e dopo la toelettatura.



Figura 11 – Suddivisione delle piante al momento del rilievo.

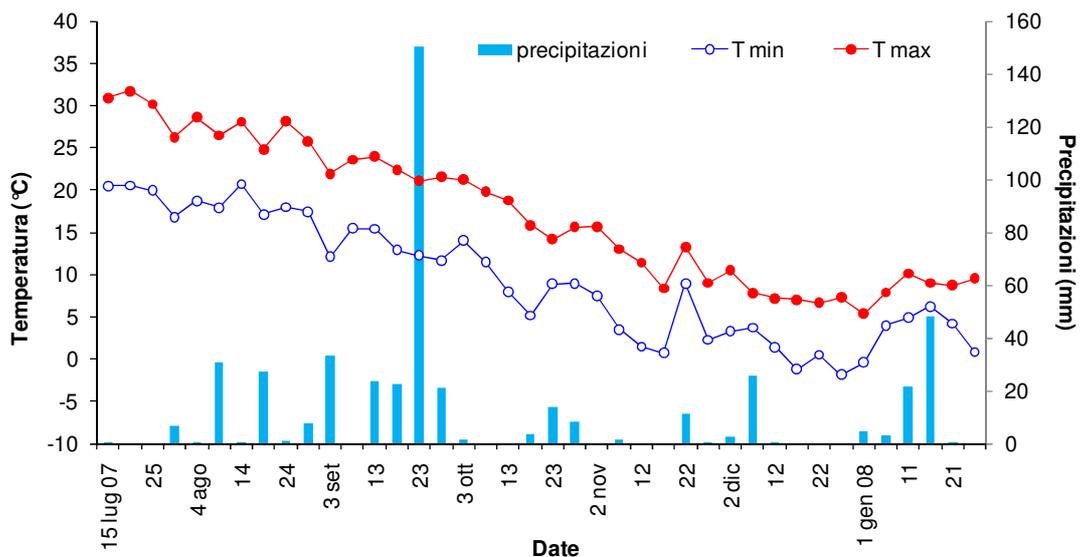


Figura 12– Medie pentadiche di temperature massime e minime dell’aria (°C) e precipitazioni cumulate pentadiche (mm) a Cavallino (Ve).

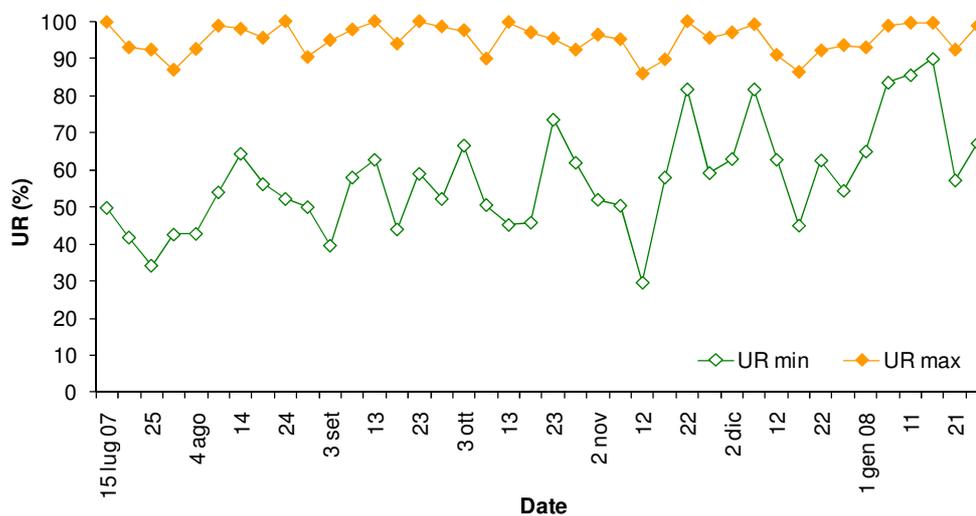


Figura 13 – Medie pentadiche dell’umidità relativa dell’aria (UR) massima e minima (%) a Cavallino (Ve).

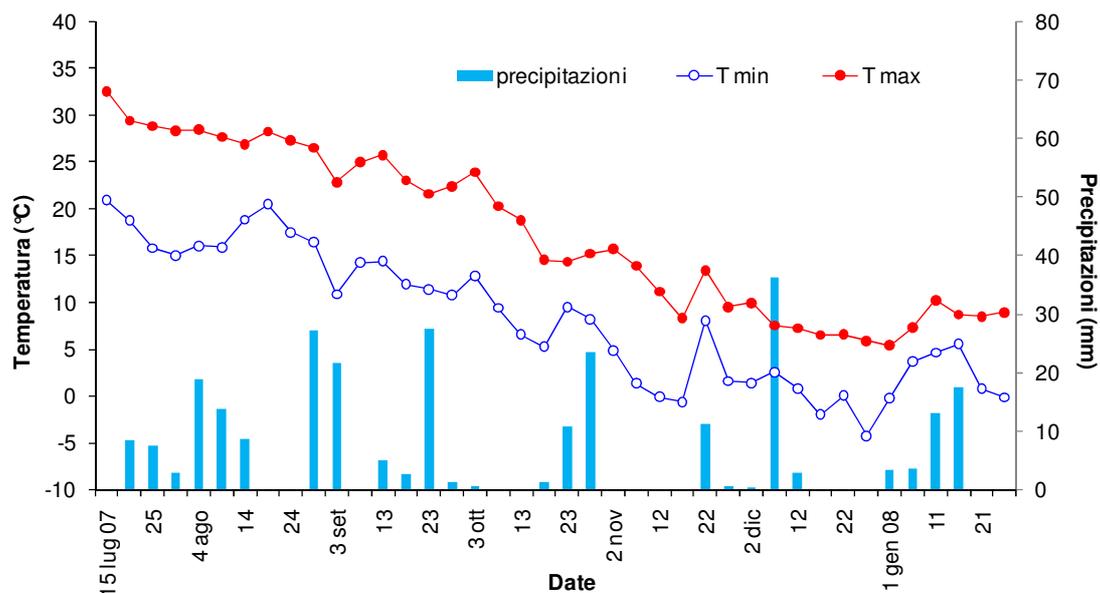


Figura 14 - Medie pentadiche di temperature massime e minime dell'aria (°C) e precipitazioni cumulate pentadiche (mm) a Cavarzere (Ve).

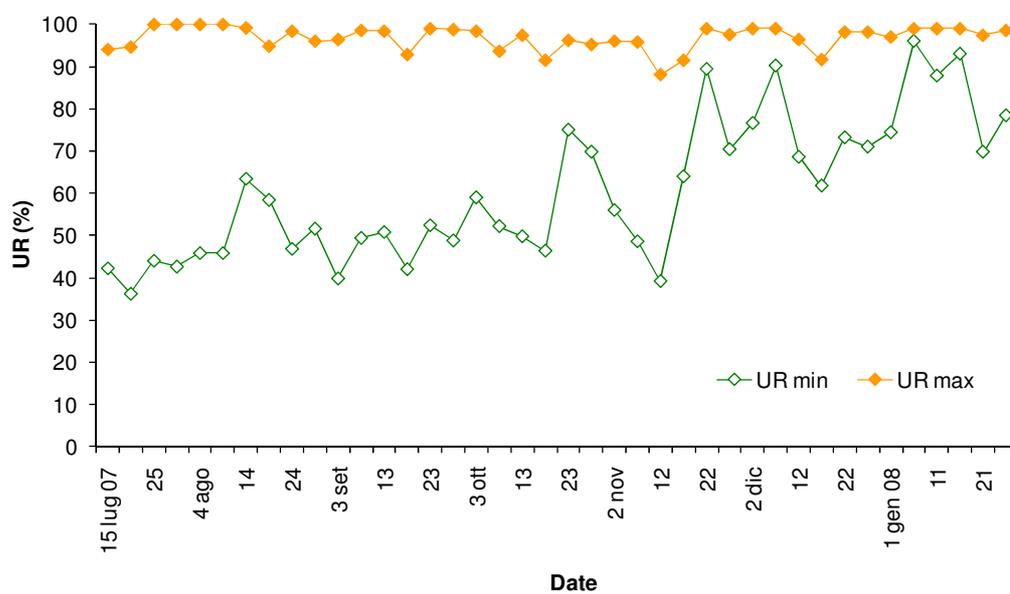


Figura 15 – Medie pentadiche dell'umidità relativa dell'aria (UR) massima e minima (%) a Cavarzere (Ve).

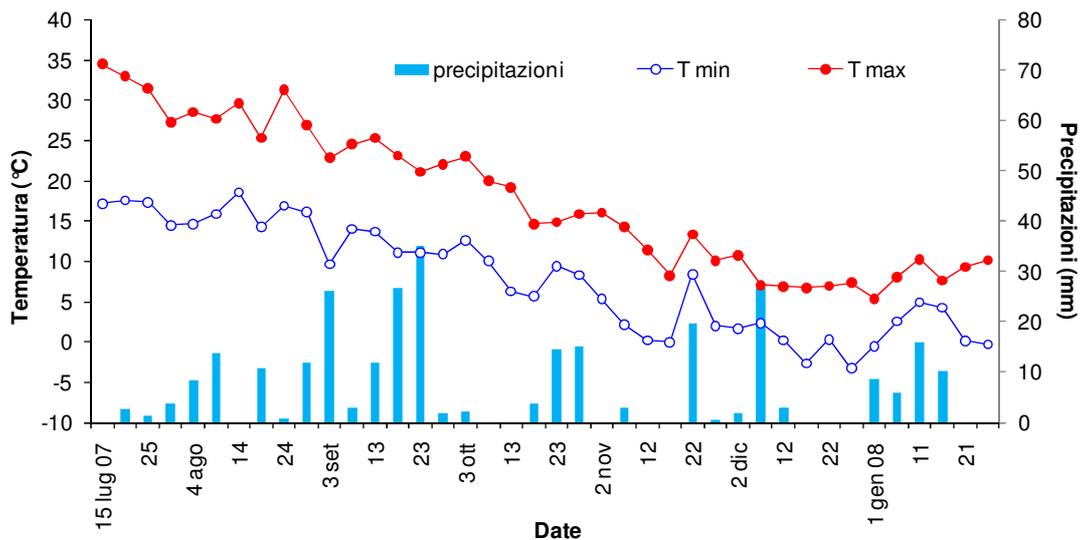


Figura 16 - Medie pentadiche di temperature massime e minime dell'aria (°C) e precipitazioni cumulate pentadiche (mm) a Monselice (Pd).

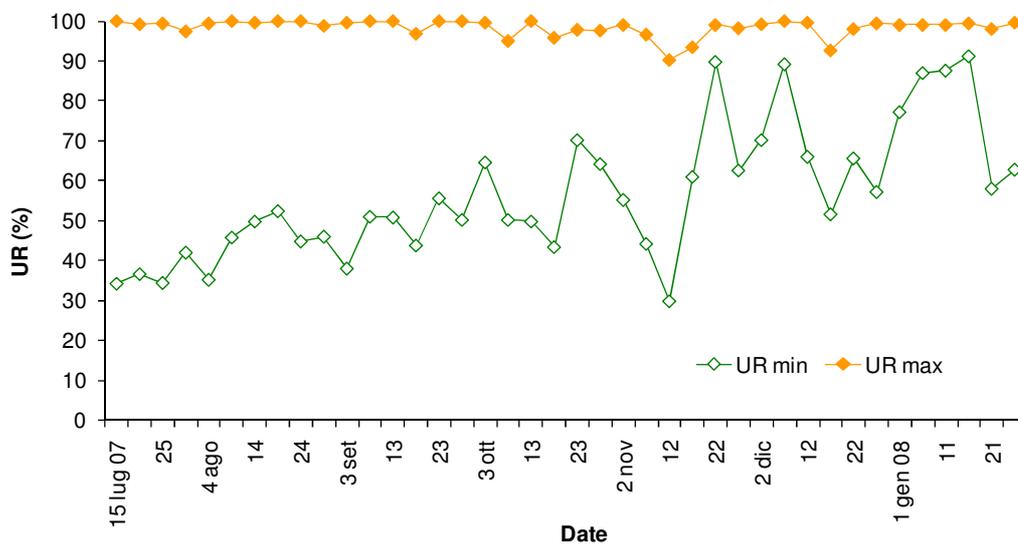


Figura 17 – Medie pentadiche dell'umidità relativa dell'aria (UR) massima e minima (%) a Monselice (Pd).

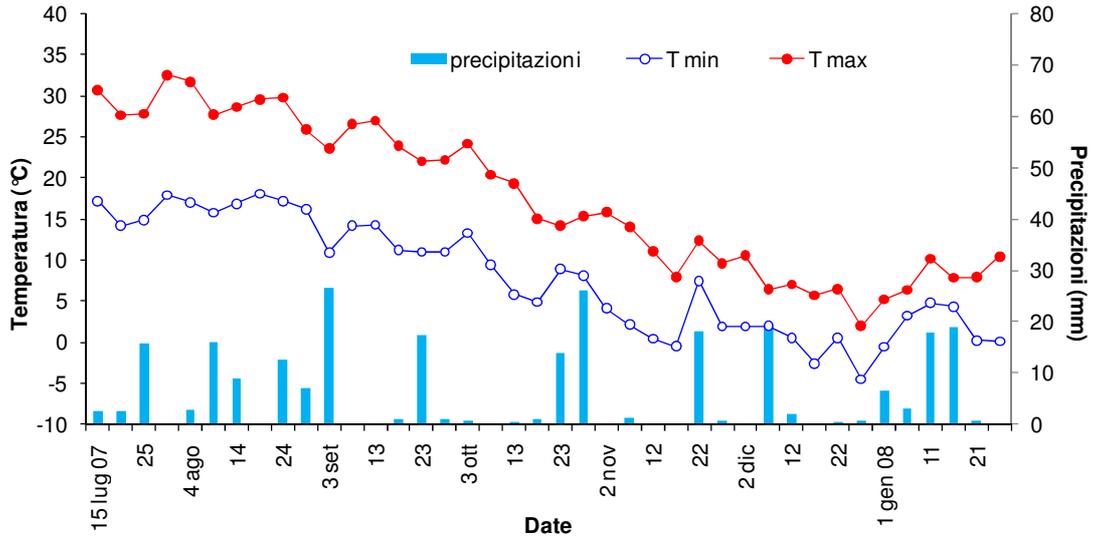


Figura 18 - Medie pentadiche di temperature massime e minime dell'aria (°C) e precipitazioni cumulate pentadiche (mm) a Lendinara (Ro).

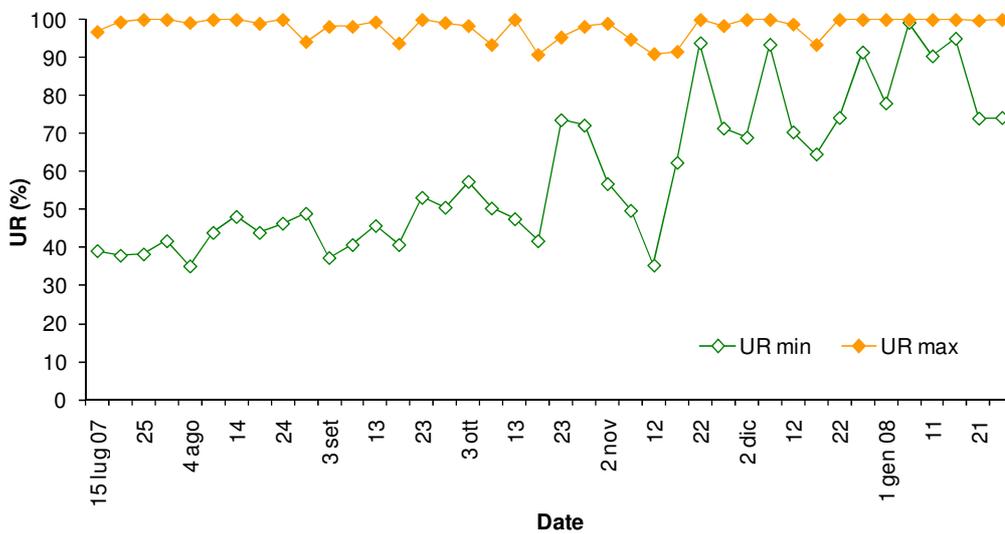


Figura 19 – Medie pentadiche dell'umidità relativa dell'aria (UR) massima e minima (%) a Lendinara (Ro).

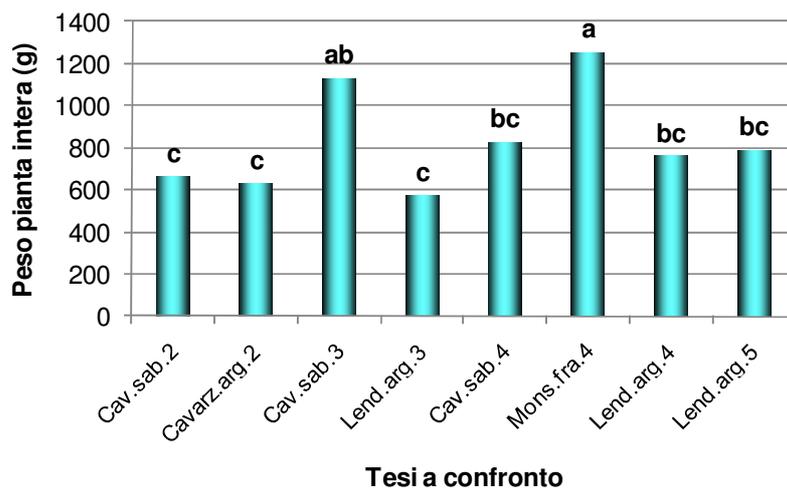


Figura 20 – Peso fresco (g) della pianta intera.

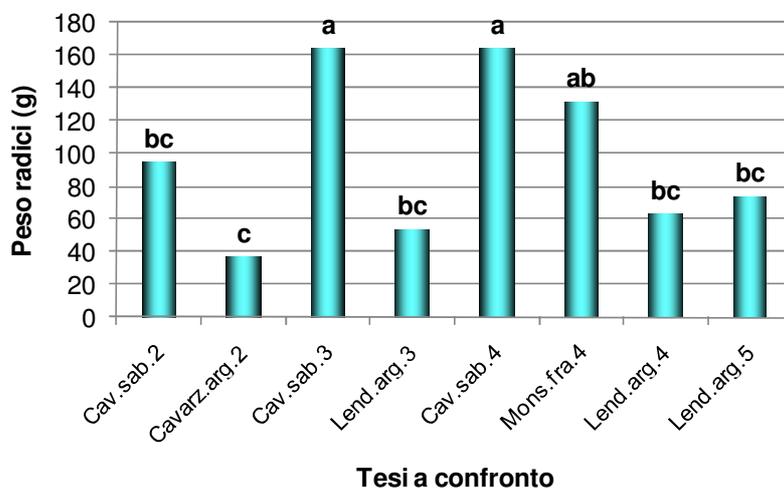


Figura 21 – Peso fresco (g) delle radici.

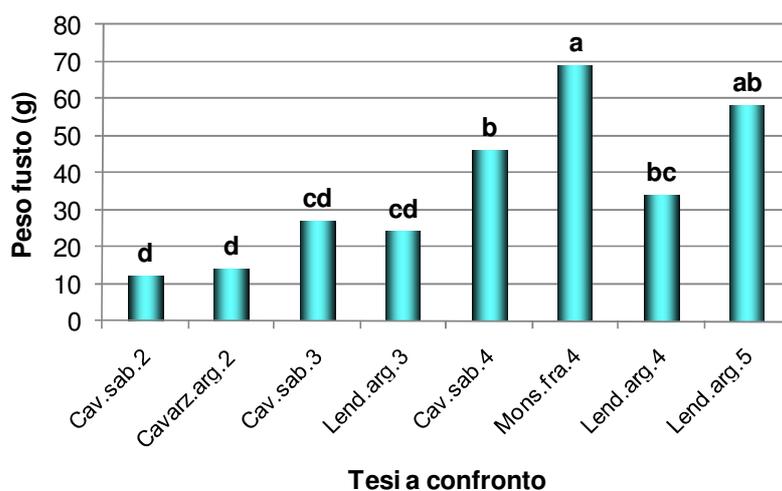


Figura 22 – Peso fresco (g) del fusto per pianta.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 20-21-22) differiscono significativamente per $P \leq 0.05$ secondo il Test HSD di Tukey.

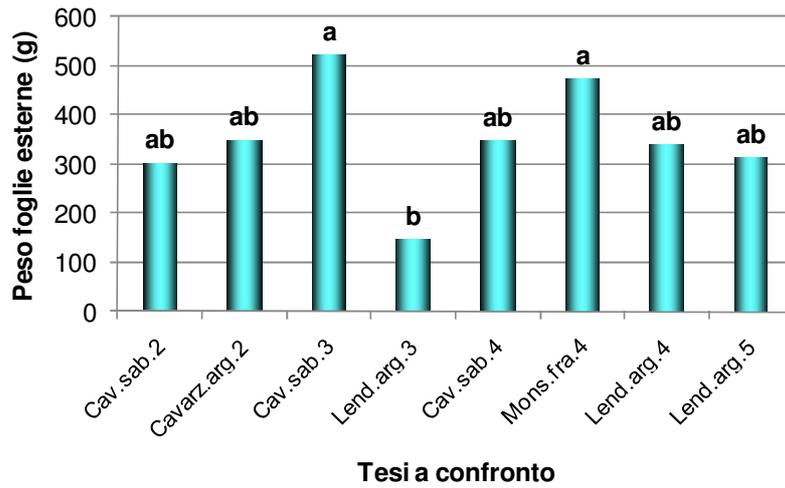


Figura 23 – Peso fresco (g) delle foglie esterne per pianta.

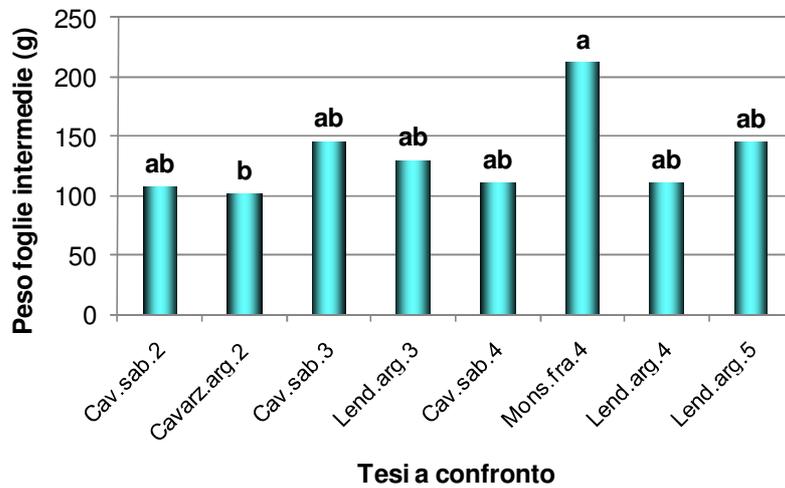


Figura 24 – Peso fresco (g) delle foglie intermedie per pianta.

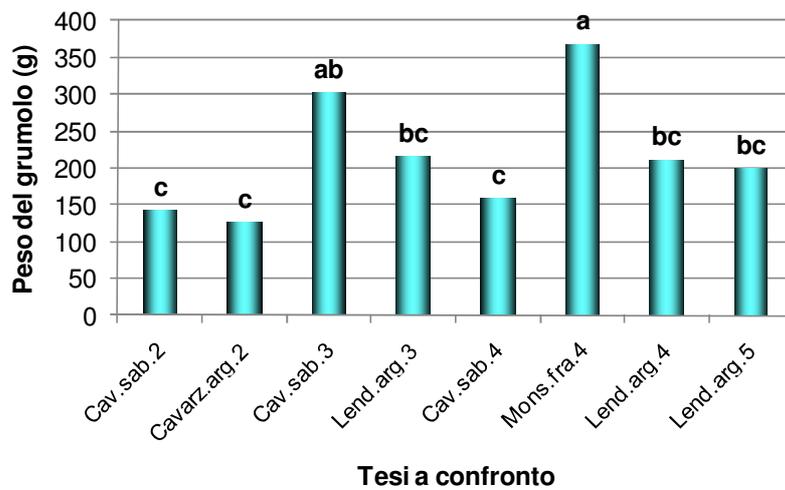


Figura 25 – Peso fresco (g) del grumolo per pianta.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 23-24-25) differiscono significativamente per $P \leq 0.05$ secondo il Test HSD di Tukey.

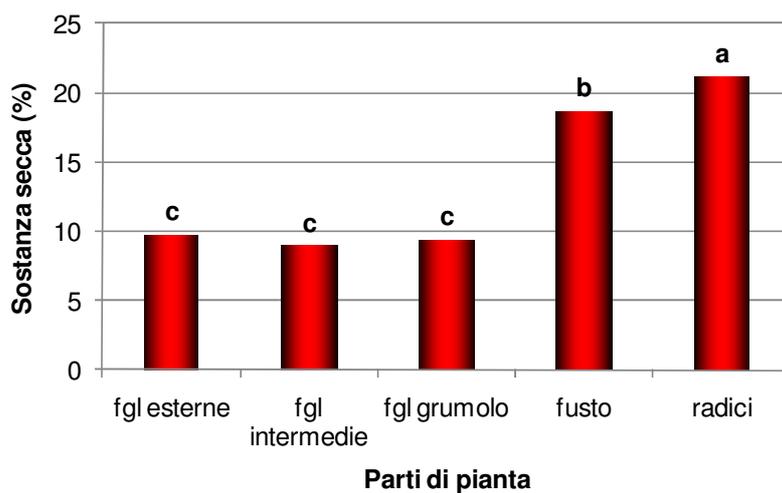


Figura 26 – Concentrazione di sostanza secca (%) nelle diverse parti di pianta.

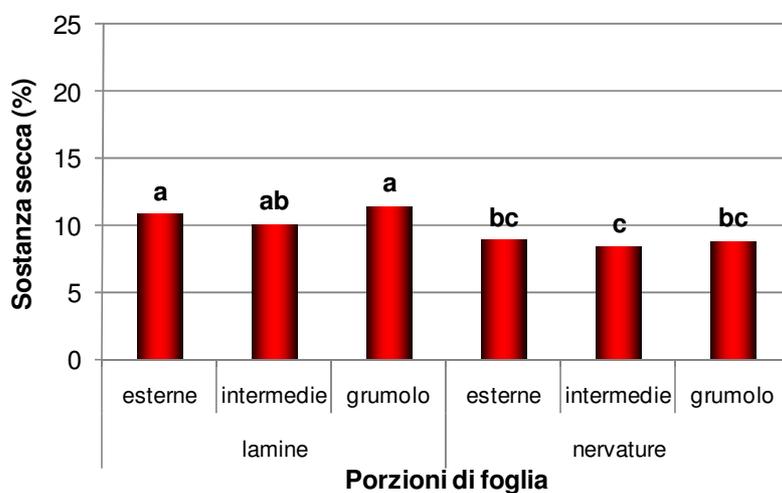


Figura 27 – Concentrazione di sostanza secca (%) nelle porzioni di foglia.

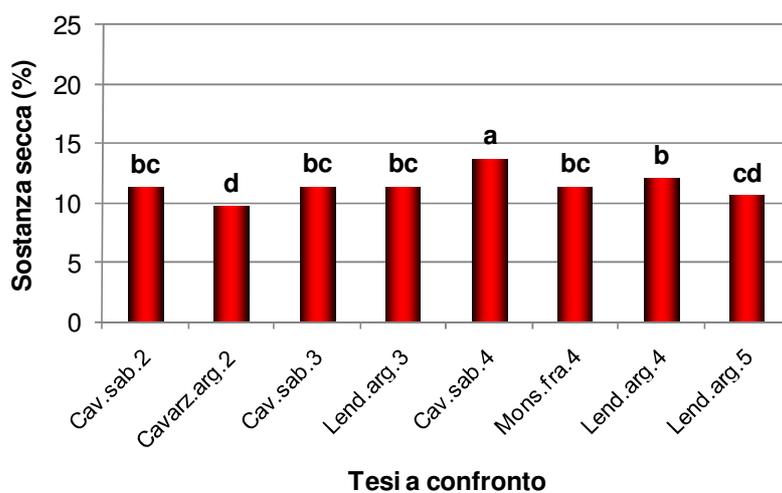


Figura 28 – Concentrazione di sostanza secca della pianta intera (%) nelle tesi a confronto.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 26-27-28) differiscono significativamente per $P \leq 0.05$ secondo il Test HSD di Tukey.

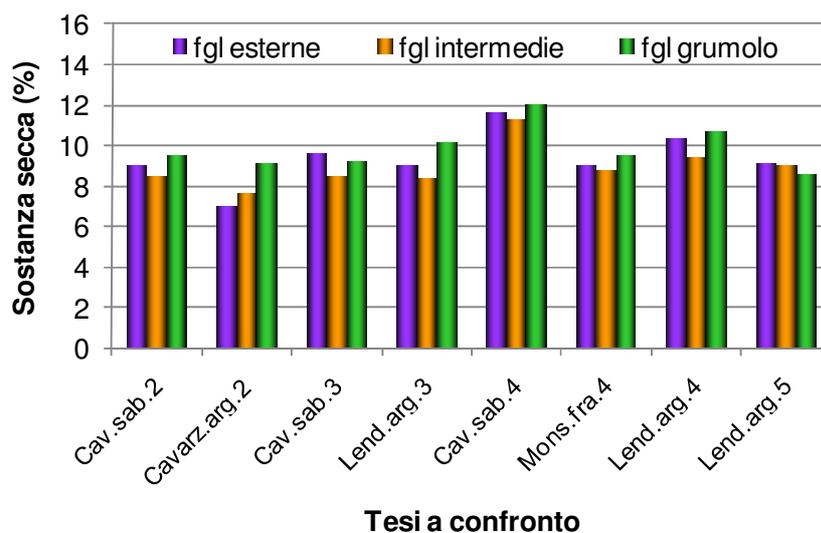


Figura 29 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta (interazione "tesi x posizioni foglie intere ") sulla concentrazione di sostanza secca (%).

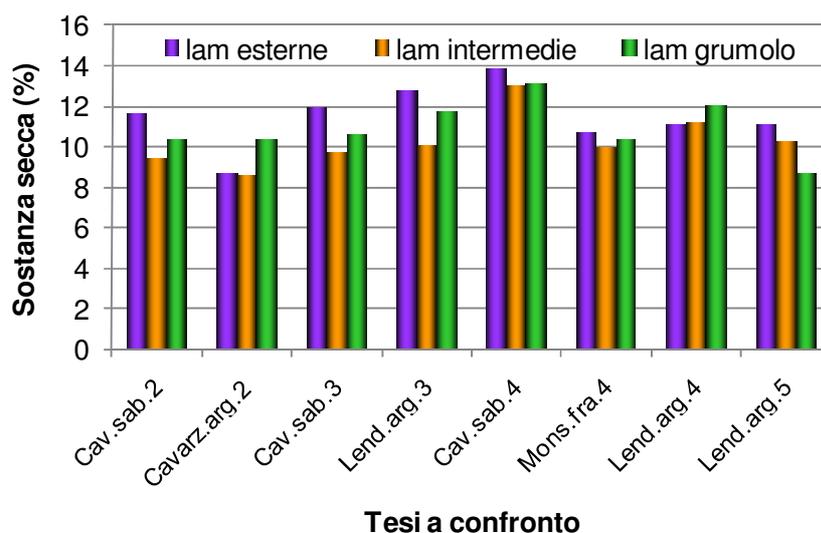


Figura 30 – Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta (interazione "tesi x lamine delle diverse posizioni") sulla concentrazione di sostanza secca (%).

Le interazioni riportate nelle figure 29-30 sono significative per $P \leq 0.05$.

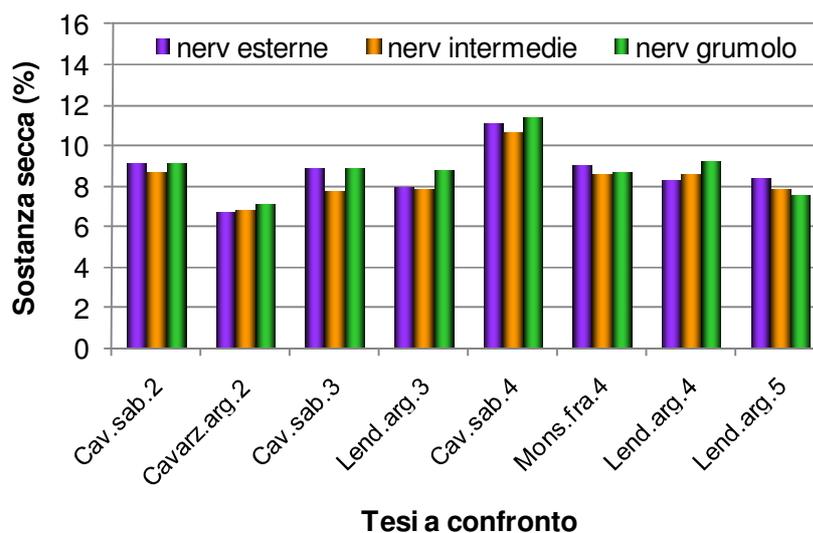


Figura 31 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta (interazione "tesi x nervature delle diverse posizioni") sulla concentrazione di sostanza secca (%).

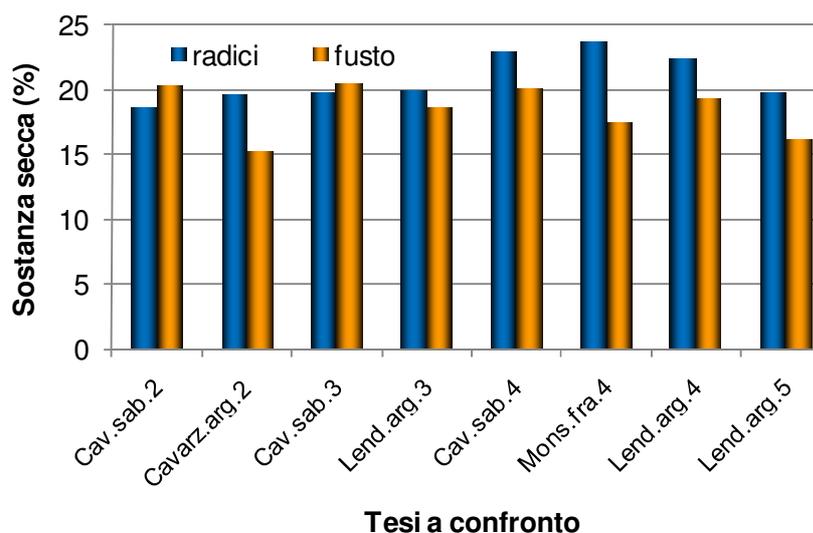


Figura 32 – Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta [interazione "tesi x parti di pianta (radici e fusto)"] sulla concentrazione di sostanza secca (%).

Le interazioni riportate nelle figure 31-32 sono significative per $P \leq 0.05$.

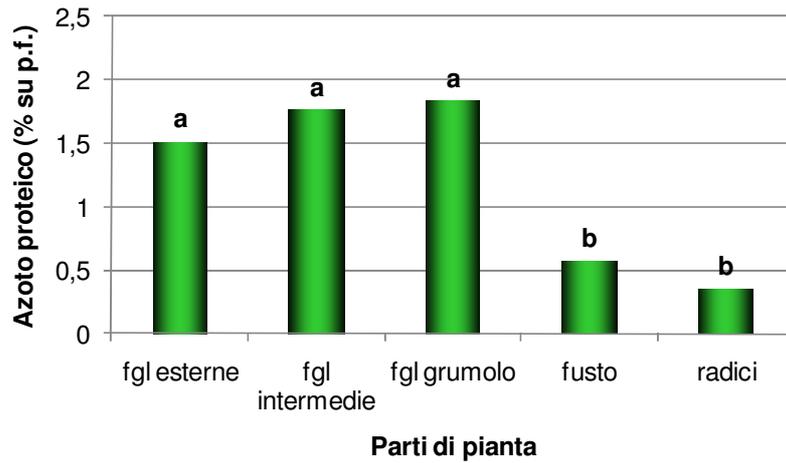


Figura 33 – Concentrazione di azoto proteico (% su p.f.) nelle parti di pianta.

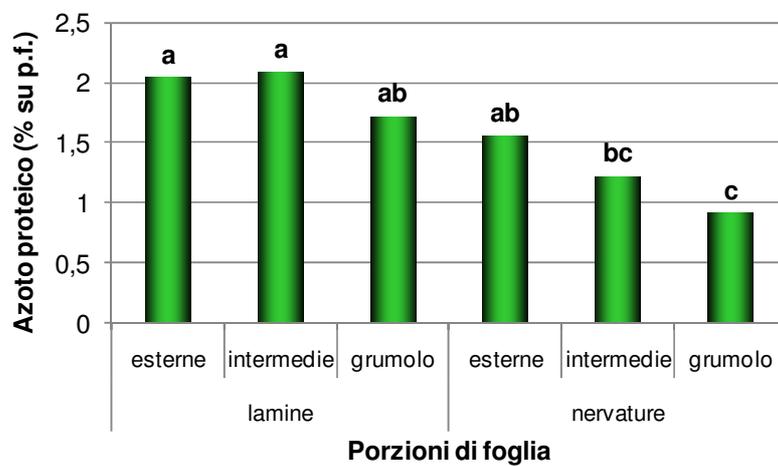


Figura 34 – Concentrazione di azoto proteico (% su p.f.) nelle porzioni di foglia.

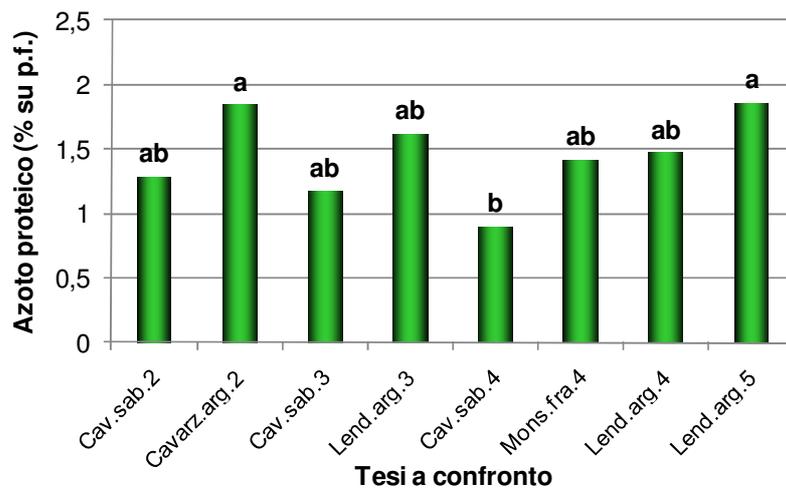


Figura 35 - Concentrazione di azoto proteico (% su p.f.) nelle tesi a confronto.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 33-34-35) differiscono significativamente per $P \leq 0.05$ secondo il Test HSD di Tukey.

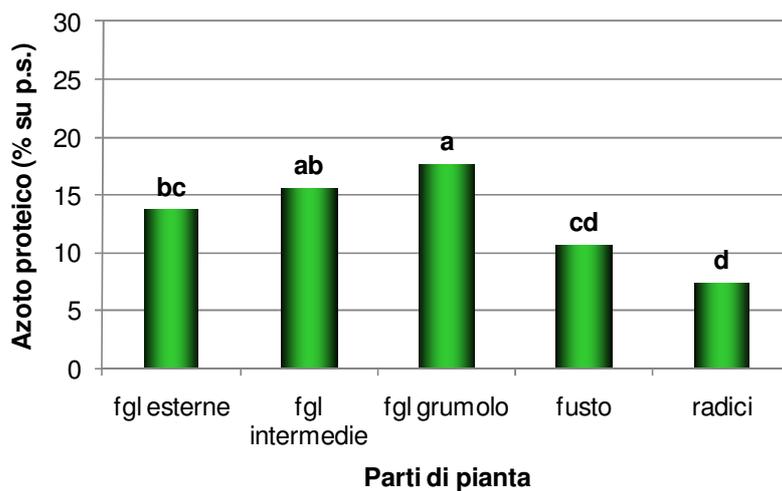


Figura 36 - Concentrazione di azoto proteico (% su p.s.) nelle parti di pianta.

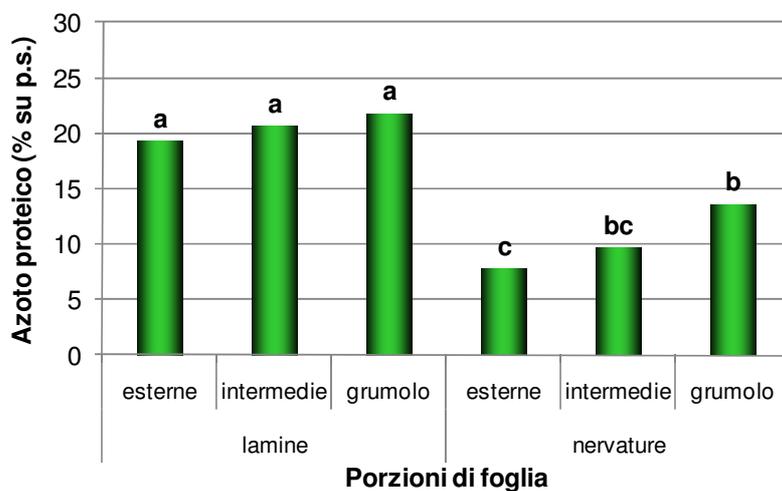


Figura 37 - Concentrazione di azoto proteico (% su p.s.) nelle porzioni di foglia.

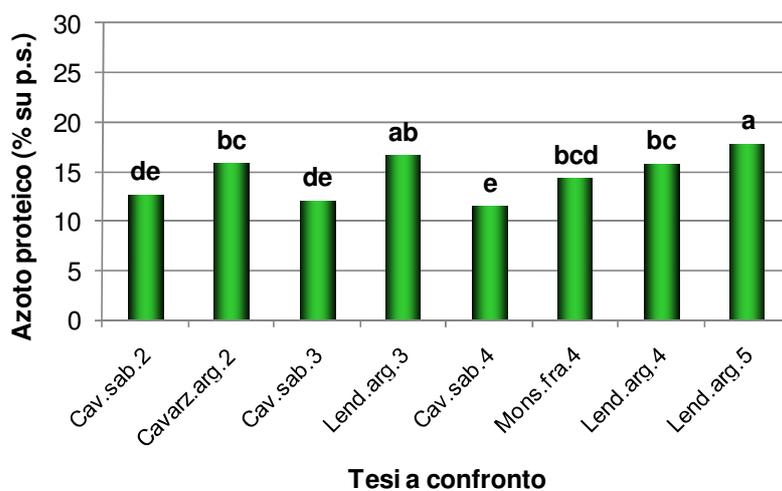


Figura 38 - Concentrazione di azoto proteico (% su p.s.) nelle tesi a confronto.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 36-37-38) differiscono significativamente per $P \leq 0.05$ secondo il Test HSD di Tukey.

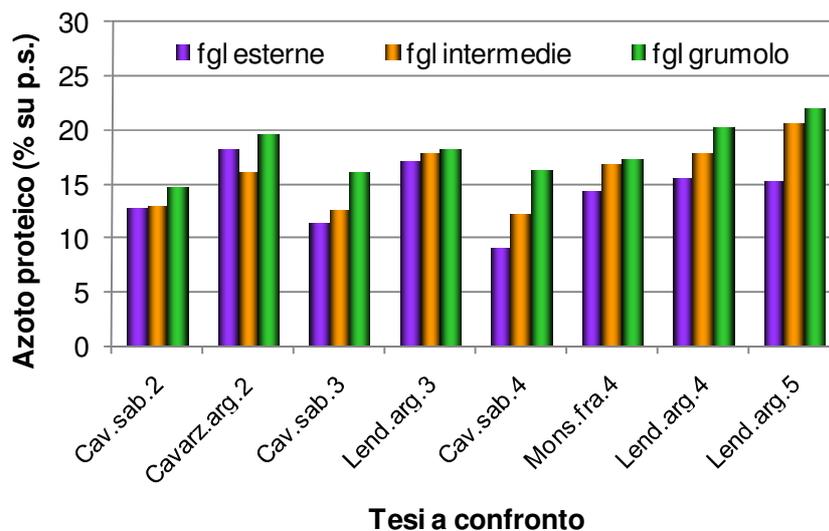


Figura 39 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta (interazione "tesi x posizioni foglie intere") sulla concentrazione di azoto proteico (%).

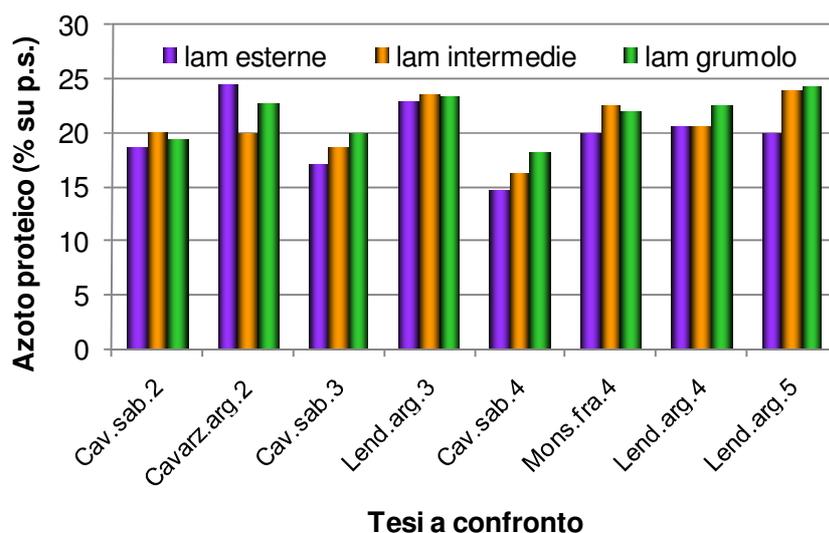


Figura 40 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta (interazione "tesi x lamine delle diverse posizioni") sulla concentrazione di azoto proteico (%).

Le interazioni riportate nelle figure 39-40 sono significative per $P \leq 0.05$.

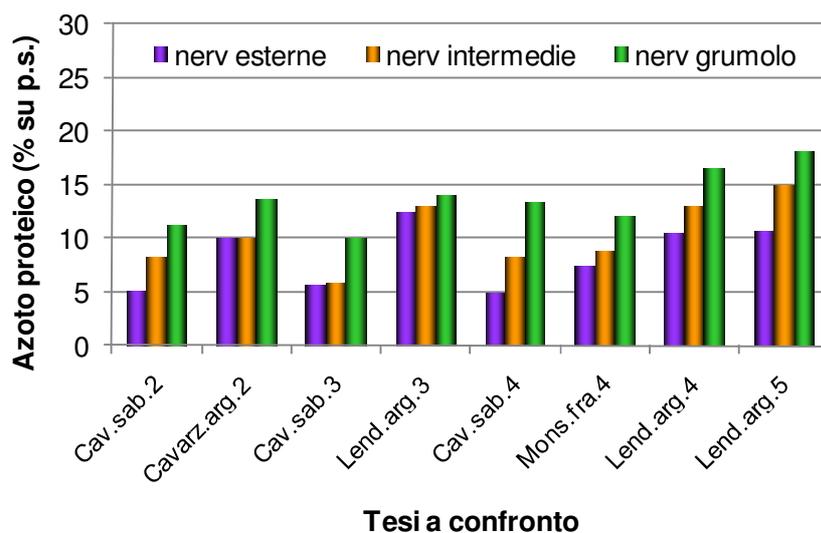


Figura 41 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta (interazione "tesi x nervature delle diverse posizioni") sulla concentrazione di azoto proteico (%).

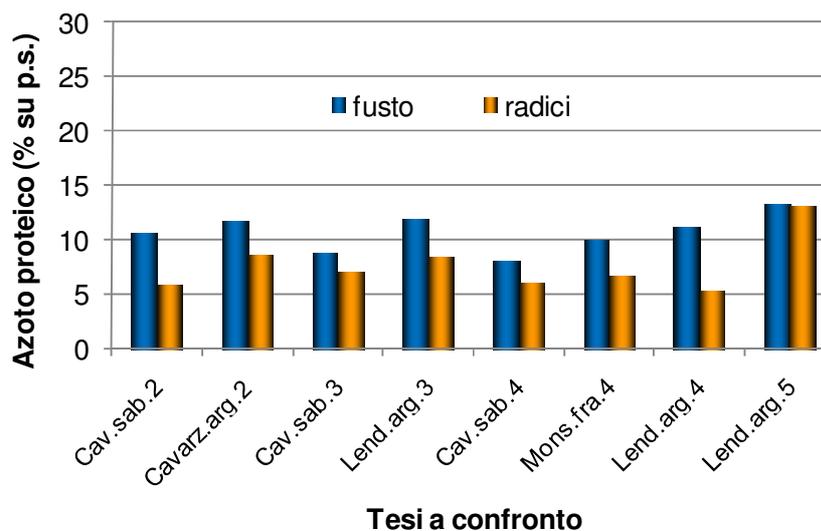


Figura 42 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta [interazione "tesi x parti di pianta (radici e fusto)"] sulla concentrazione di azoto proteico (%).

Le interazioni riportate nelle figure 41-42 sono significative per $P \leq 0.05$.

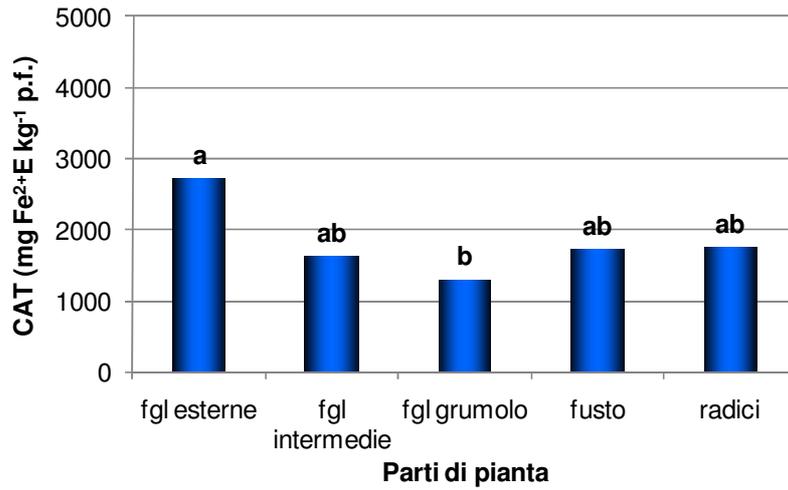


Figura 43 – Capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nelle parti di pianta.

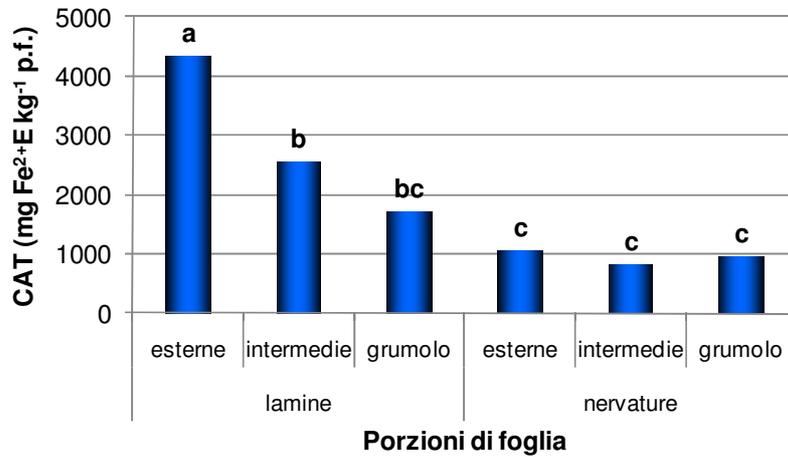


Figura 44 - Capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nelle porzioni di foglia.

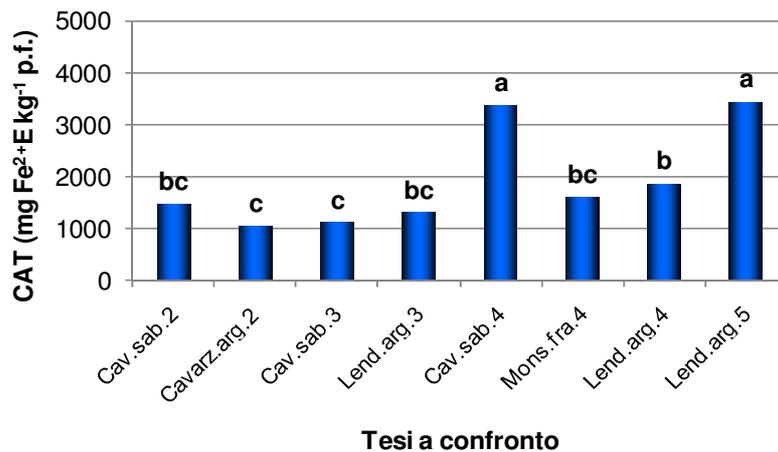


Figura 45 - Capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nelle tesi a confronto.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 43-44-45) differiscono significativamente per P ≤ 0.01 secondo il Test HSD di Tukey.

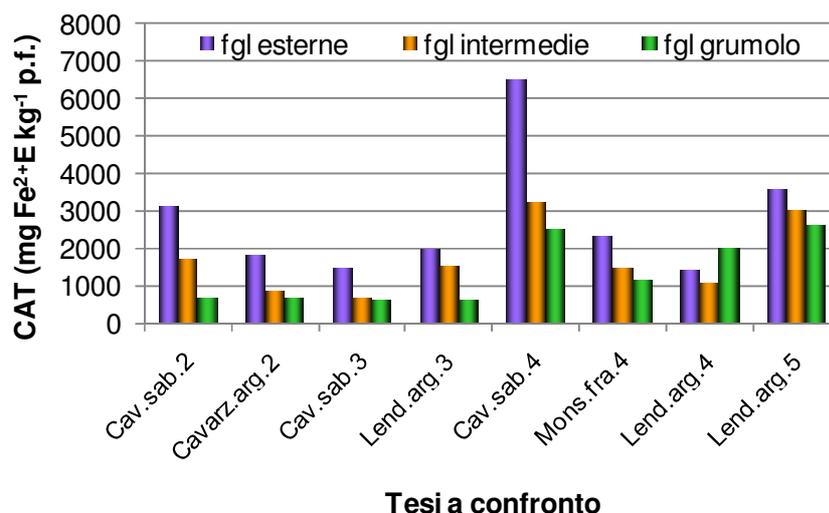


Figura 46 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta (interazione "tesi x posizioni foglie intere") sulla capacità antiossidasica totale (CAT) ($\text{Fe}^{2+}\text{E mg kg}^{-1}$ p.f.).

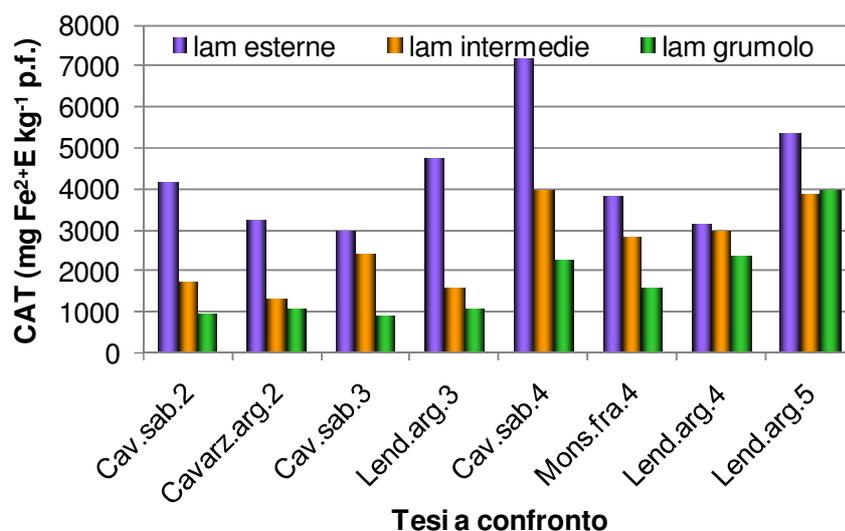
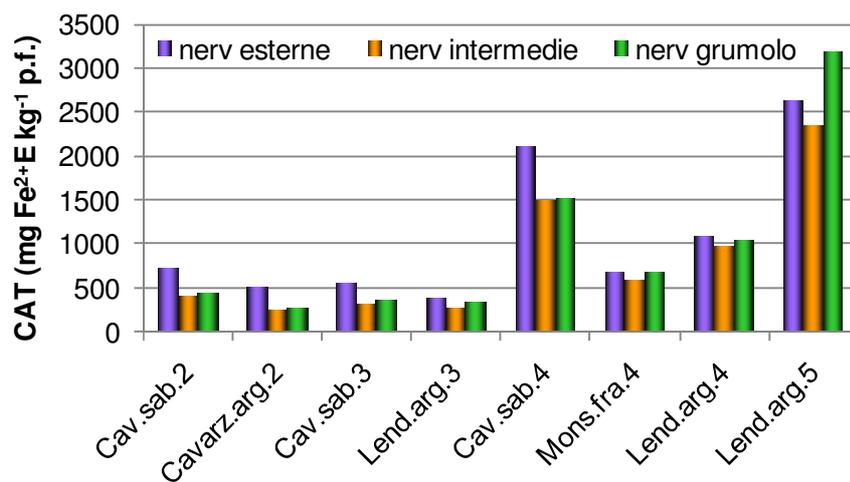


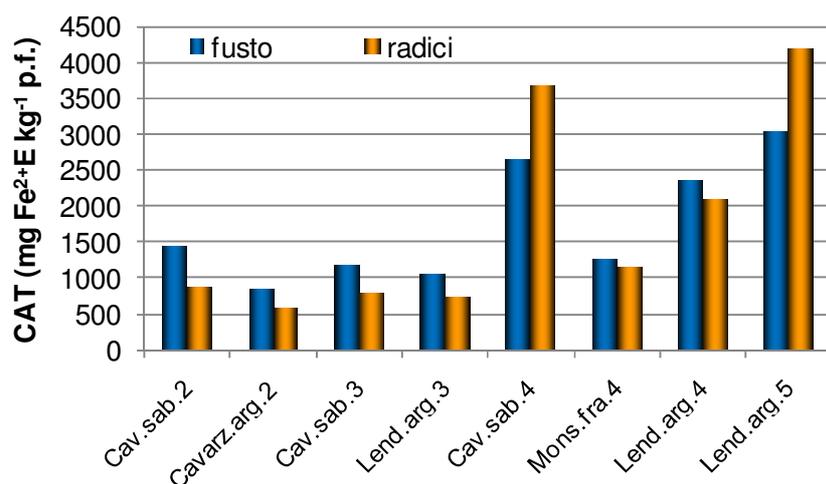
Figura 47 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta (interazione "tesi x lamine delle diverse posizioni") sulla capacità antiossidasica totale (CAT) ($\text{Fe}^{2+}\text{E mg kg}^{-1}$ p.f.).

Le interazioni riportate nelle figure 46-47 sono significative per $P \leq 0.01$.



Tesi a confronto

Figura 48 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta (interazione "tesi x nervature delle diverse posizioni") sulla capacità antiossidativa totale (CAT) (Fe^{2+}E mg kg^{-1} p.f.).



Tesi a confronto

Figura 49 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta [interazione "tesi x parti di pianta (radici e fusto)"] sulla capacità antiossidativa totale (CAT) (Fe^{2+}E mg kg^{-1} p.f.).

Le interazioni riportate nelle figure 48-49 sono significative per $P \leq 0.05$.

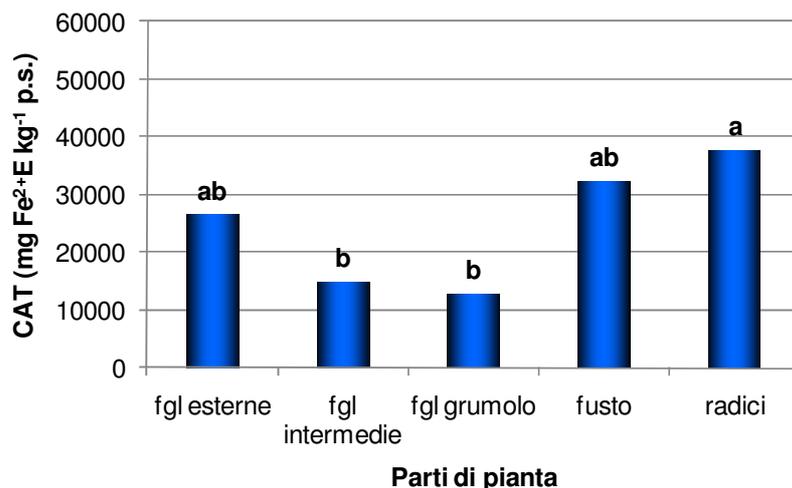


Figura 50 –Capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.s.) nelle parti di pianta.

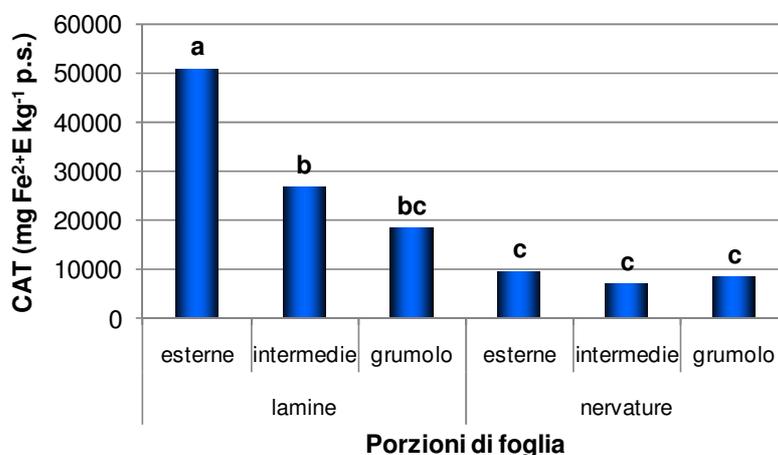


Figura 51 –Capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.s.) nelle porzioni di foglia.

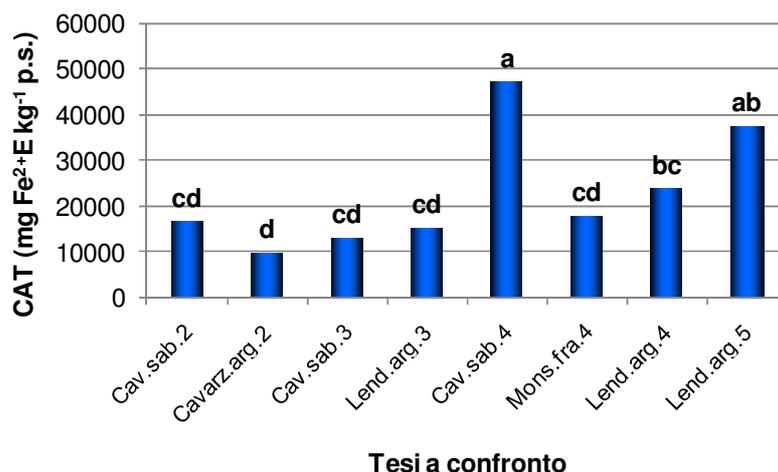


Figura 52 –Capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.s.) nelle tesi a confronto.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 50-51-52) differiscono significativamente per $P \leq 0.01$ secondo il Test HSD di Tukey.

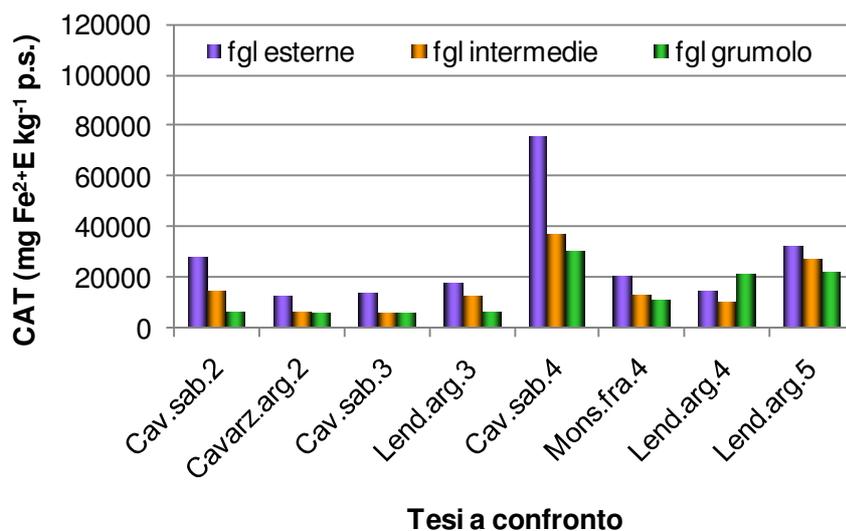


Figura 53 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta (interazione "tesi x posizioni foglie intere") sulla capacità antiossidasica totale (CAT) ($\text{Fe}^{2+}\text{E mg kg}^{-1}$ p.s.).

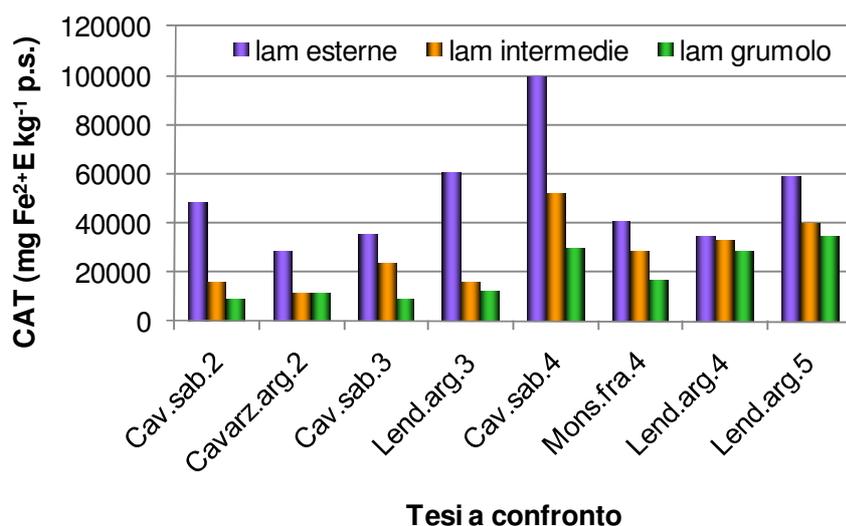


Figura 54 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta (interazione "tesi x lamine delle diverse posizioni") sulla capacità antiossidasica totale (CAT) ($\text{Fe}^{2+}\text{E mg kg}^{-1}$ p.s.).

Le interazioni riportate nelle figure 53-54 sono significative per $P \leq 0.05$.

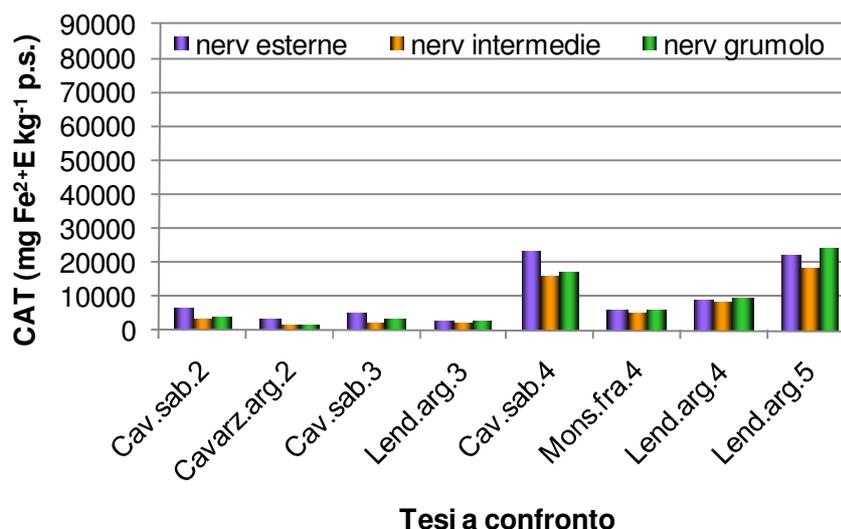


Figura 55 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta (interazione "tesi x nervature delle diverse posizioni") sulla capacità antiossidasica totale (CAT) ($\text{Fe}^{2+}\text{E mg kg}^{-1} \text{ p.s.}$).

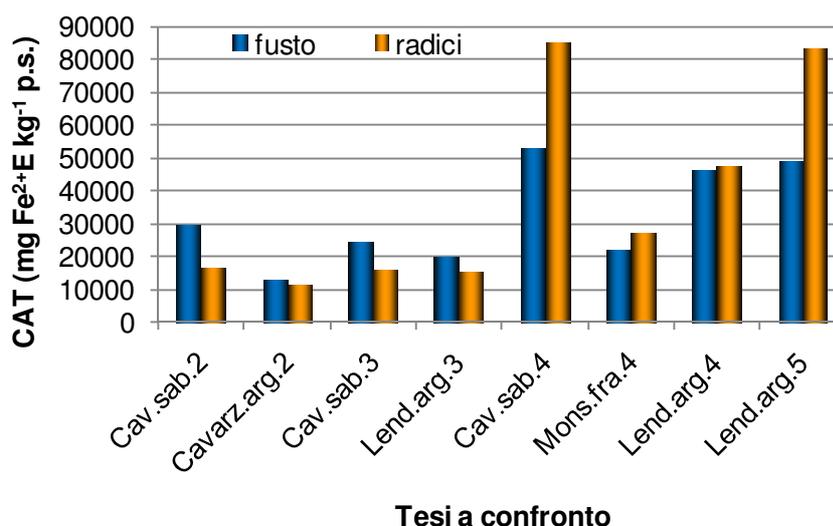


Figura 56 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta [interazione "tesi x parti di pianta (radici e fusto)"] sulla capacità antiossidasica totale (CAT) ($\text{Fe}^{2+}\text{E mg kg}^{-1} \text{ p.s.}$).

Le interazioni riportate nelle figure 55-56 sono significative rispettivamente per $P \leq 0.05$ e $P \leq 0.01$.

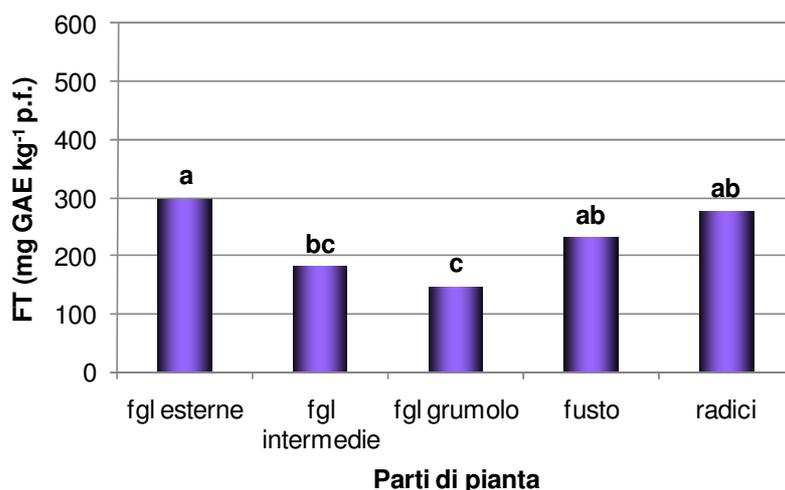


Figura 57 – Contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.f.) nelle parti di pianta.

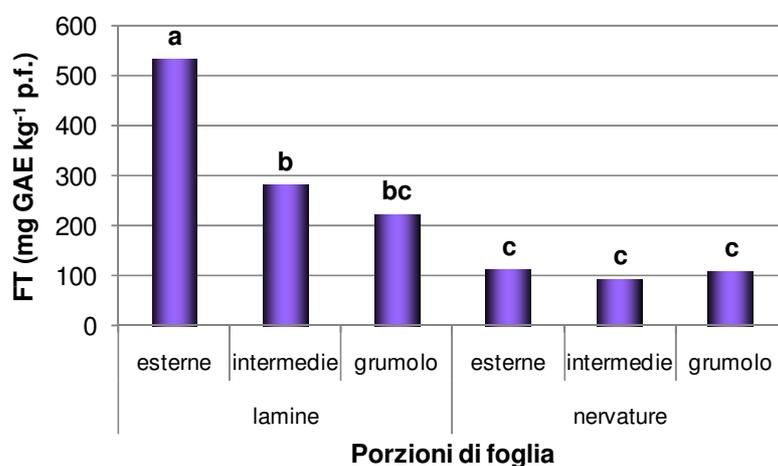


Figura 58 – Contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.f.) nelle porzioni di foglia.

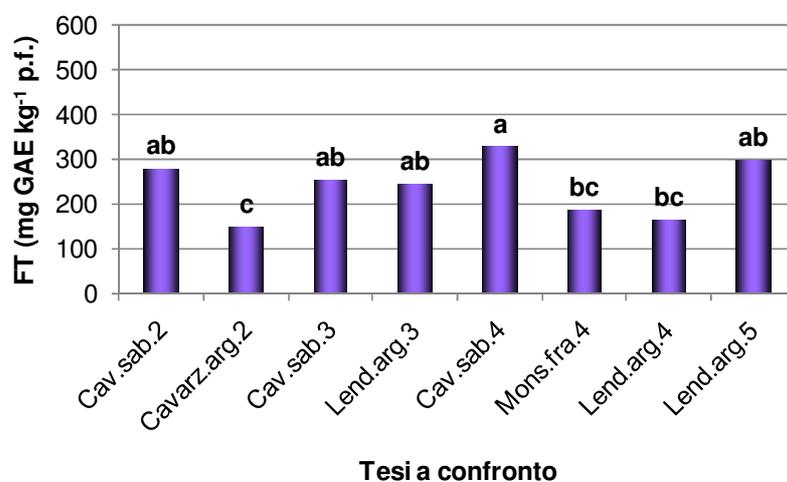


Figura 59 – Contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.f.) nelle tesi a confronto.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 57-58-59) differiscono significativamente per $P \leq 0.01$ secondo il Test HSD di Tukey.

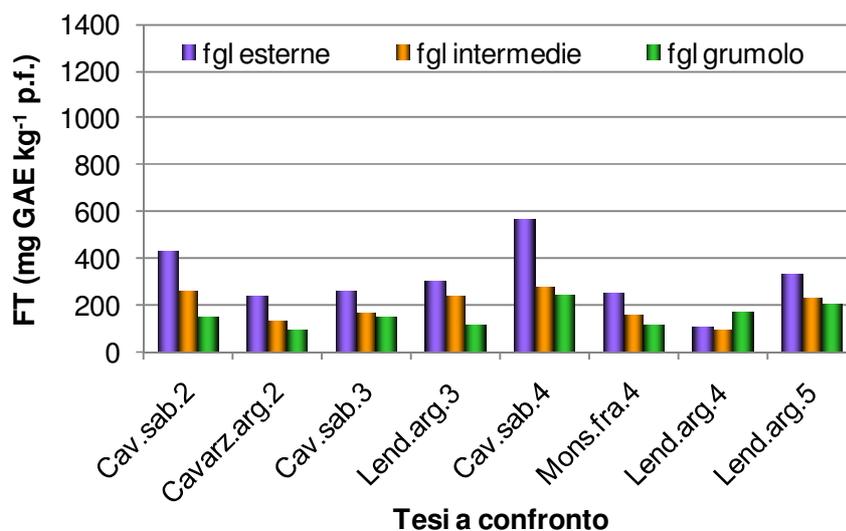


Figura60 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta (interazione "tesi x posizioni foglie intere") sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.f.)

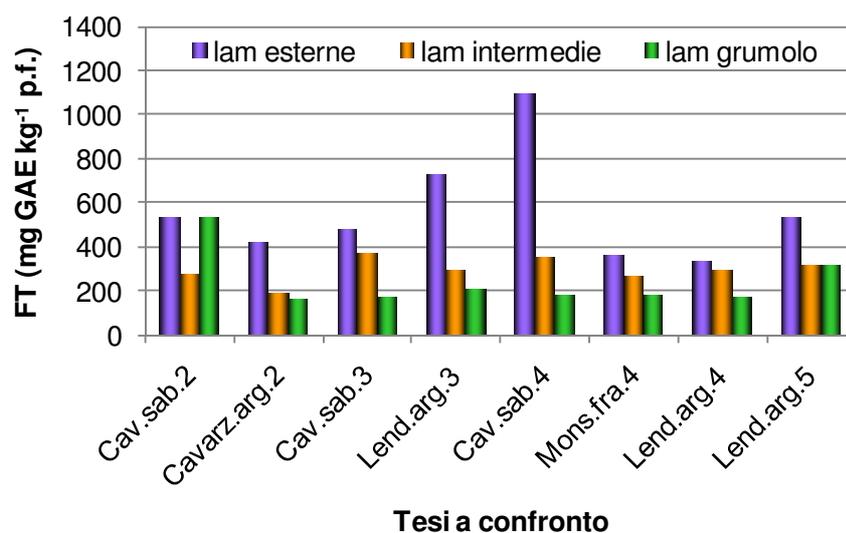


Figura 61 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta (interazione "tesi x lamine delle diverse posizioni") sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.f.).

Le interazioni riportate nelle figure 60-61 sono significative per $P \leq 0.05$.

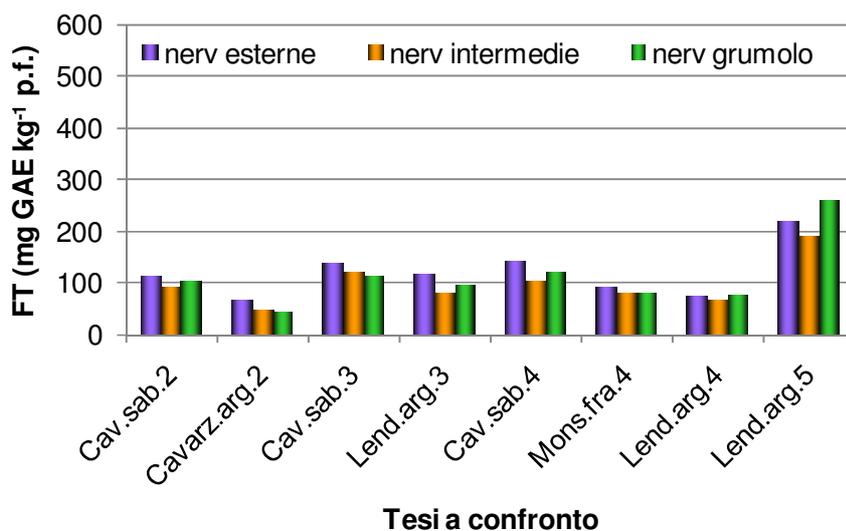


Figura 62 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta (interazione "tesi x nervature delle diverse posizioni") sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.f.).

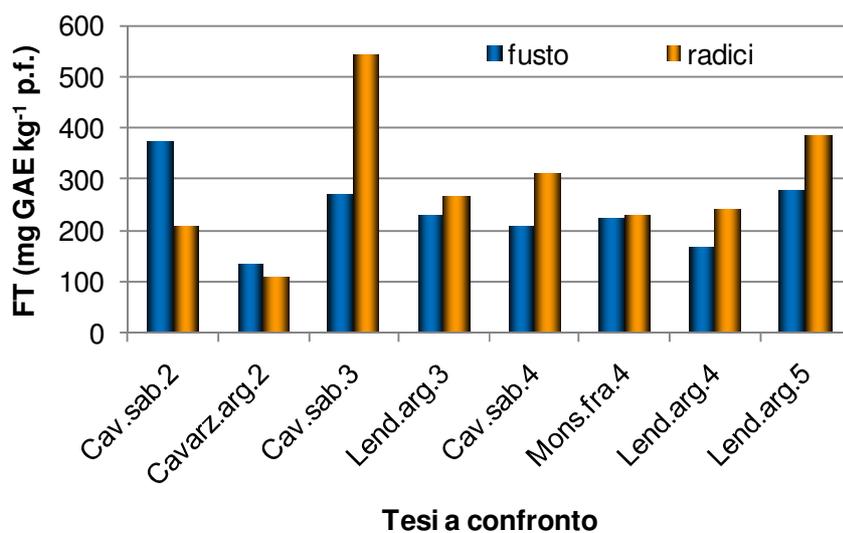


Figura 63 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta [interazione "tesi x parti di pianta (radici e fusto)"] sul contenuto di fenoli totali (FT) (GAE mg kg⁻¹ p.f.).

Le interazioni riportate nelle figure 62-63 sono significative per $P \leq 0.05$.

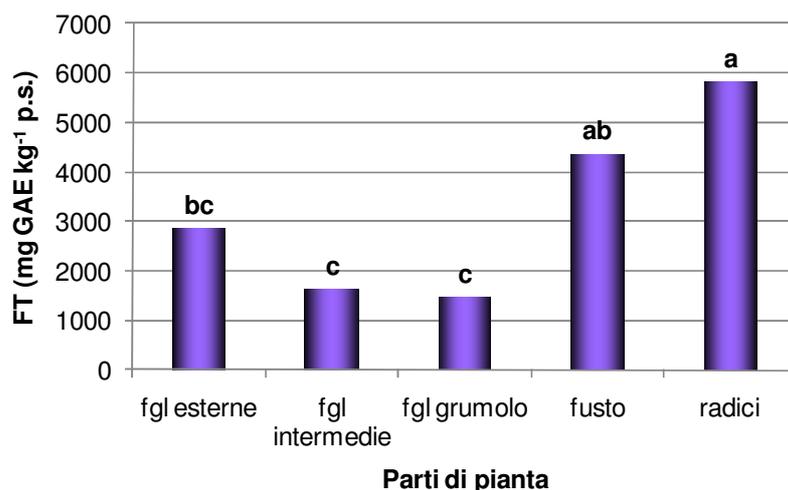


Figura 64 – Contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.) nelle parti di pianta.

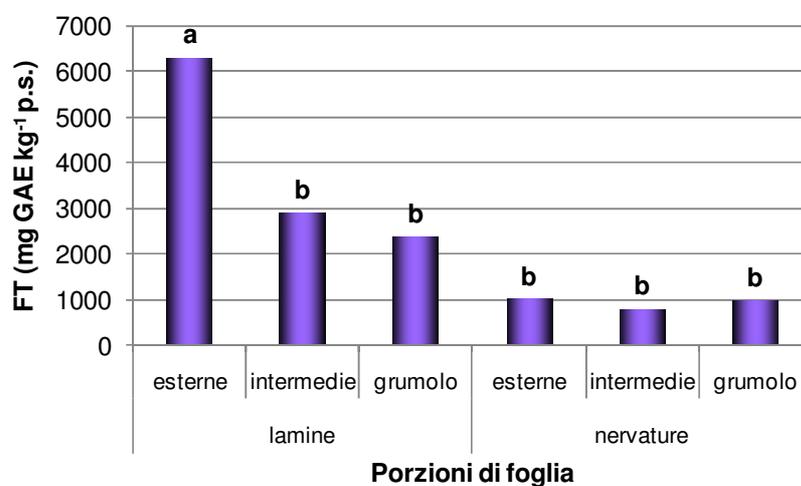


Figura 65 – Contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.) nelle porzioni di foglia.

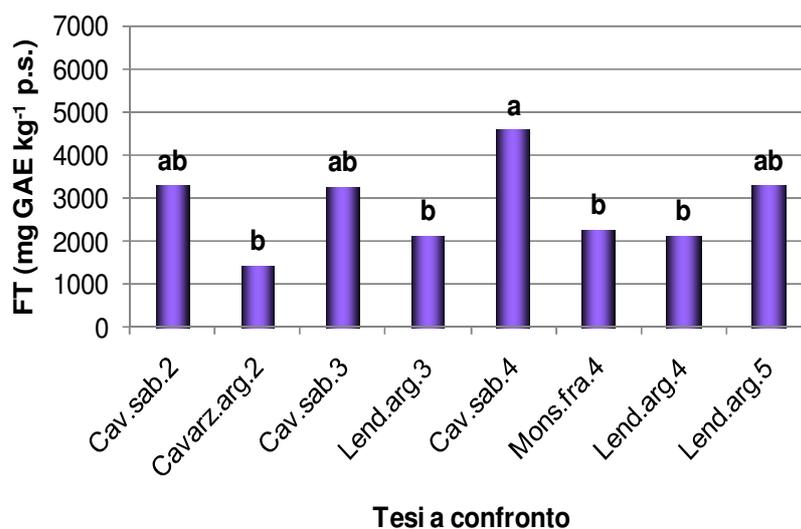


Figura 66 – Contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.) nelle tesi a confronto.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 64-65-66) differiscono significativamente per $P \leq 0.05$ secondo il Test HSD di Tukey.

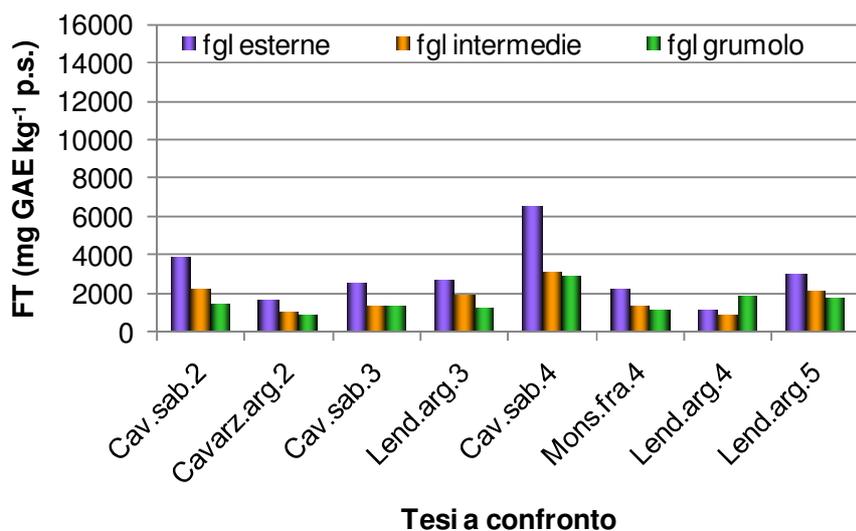


Figura 67 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta (interazione "tesi x posizioni foglie intere") sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.).

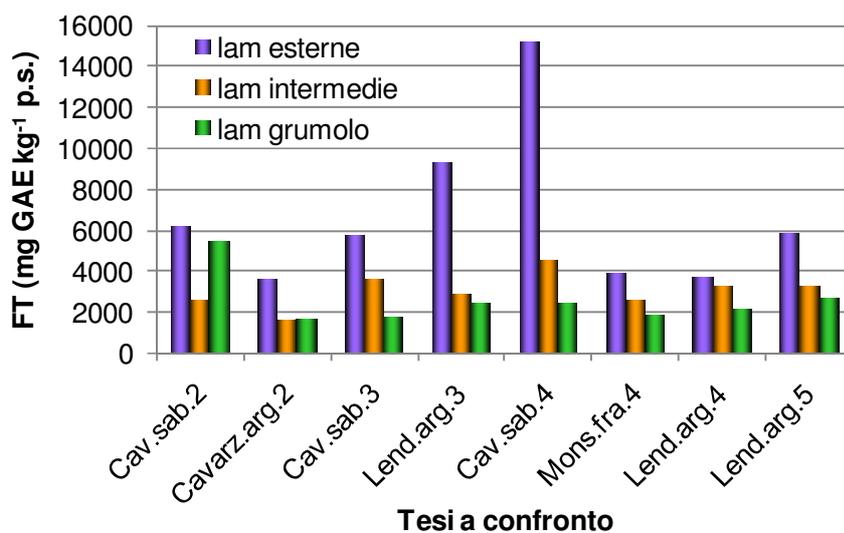


Figura 68 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta (interazione "tesi x lamine delle diverse posizioni") sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.).

Le interazioni riportate nelle figure 67-68 sono significative per $P \leq 0.01$.

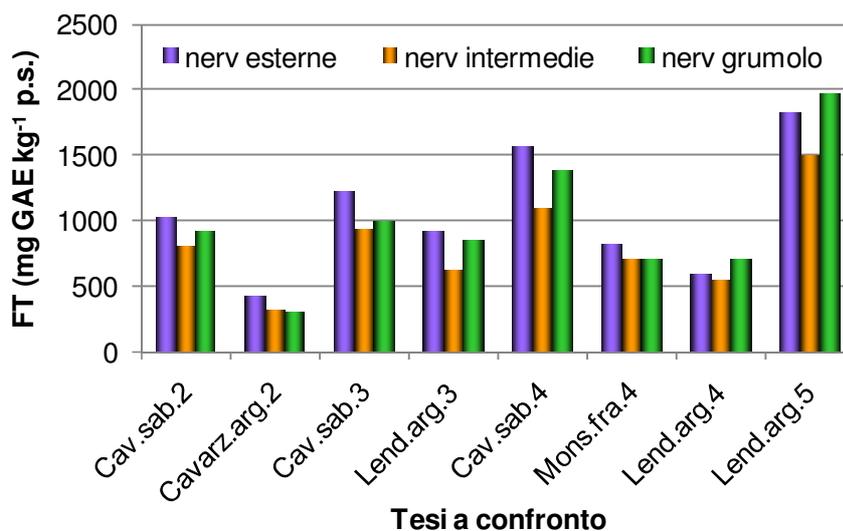


Figura 69 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta (interazione "tesi x nervature delle diverse posizioni") sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.).

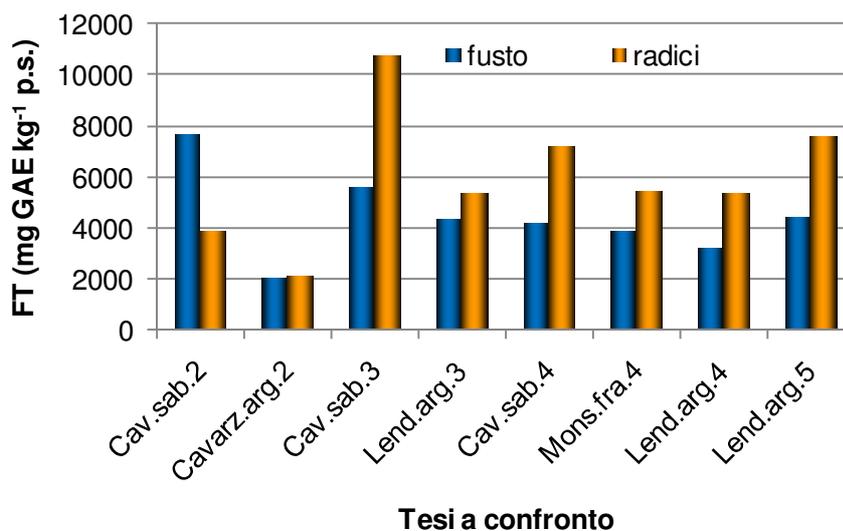


Figura 70 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta [interazione "tesi x parti di pianta (radici e fusto)"] sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.).

Le interazioni riportate nelle figure 69-70 sono significative per $P \leq 0.01$.

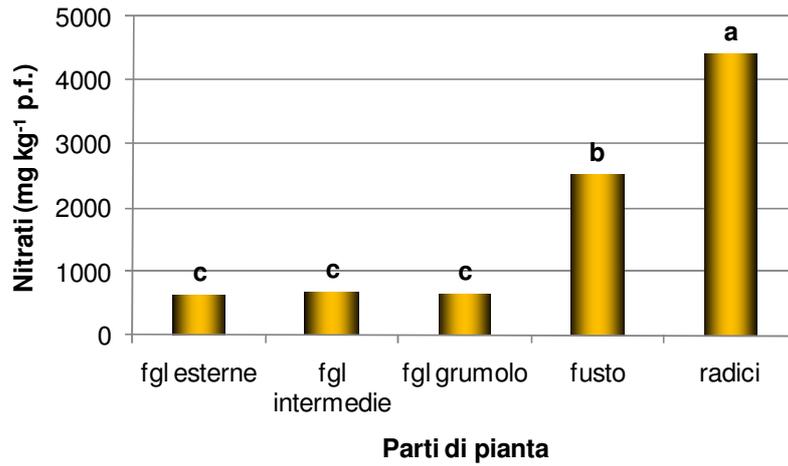


Figura 71 – Contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.f.) nelle parti di pianta.

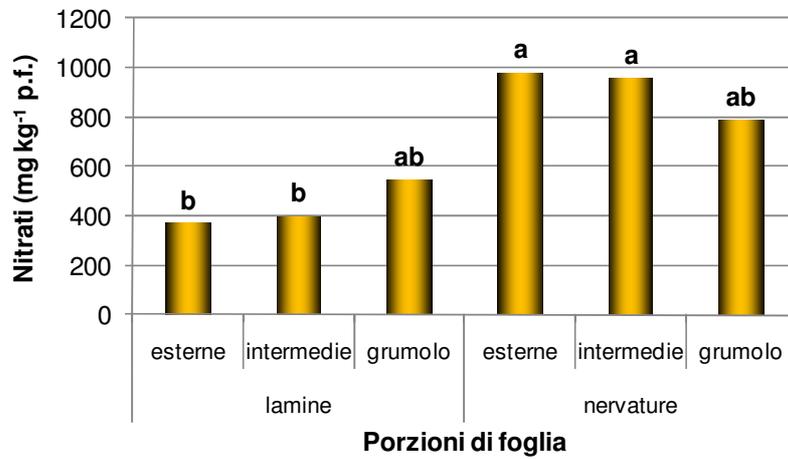


Figura 72 – Contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.f.) nelle porzioni di foglia.

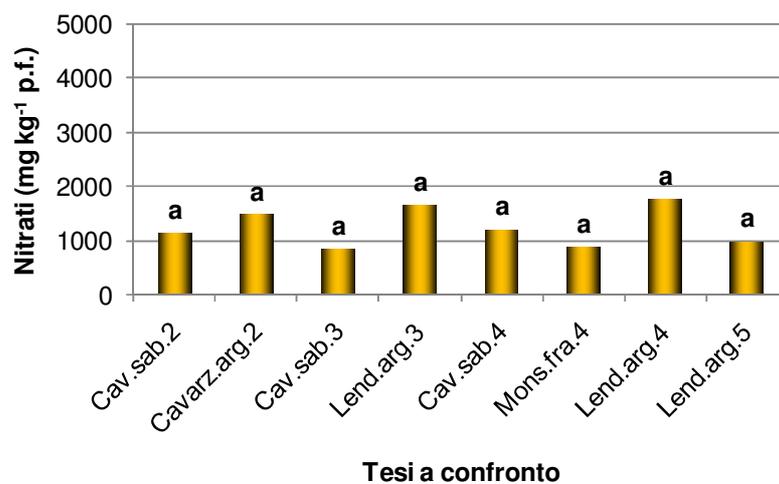


Figura 73 – Contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.f.) nelle tesi a confronto.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 71-72-73) differiscono significativamente per $P \leq 0.05$ secondo il Test HSD di Tukey.

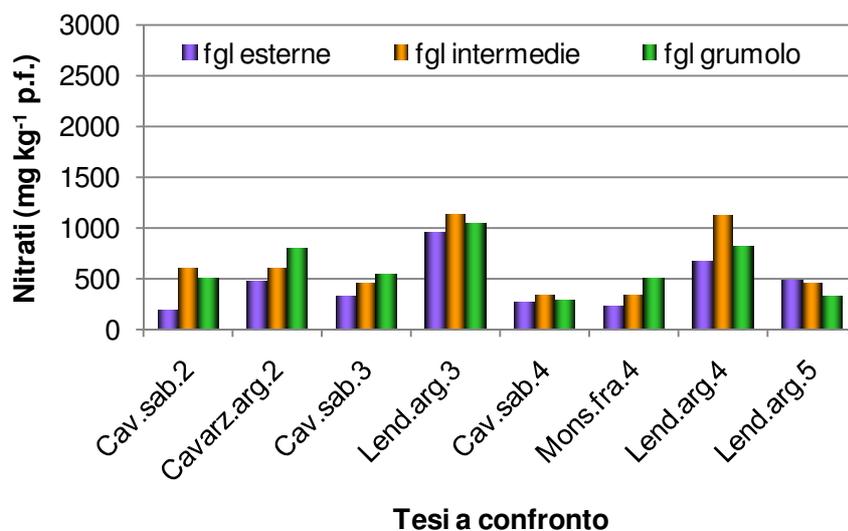


Figura 74 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta (interazione "tesi x posizioni foglie intere") sul contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.f.).

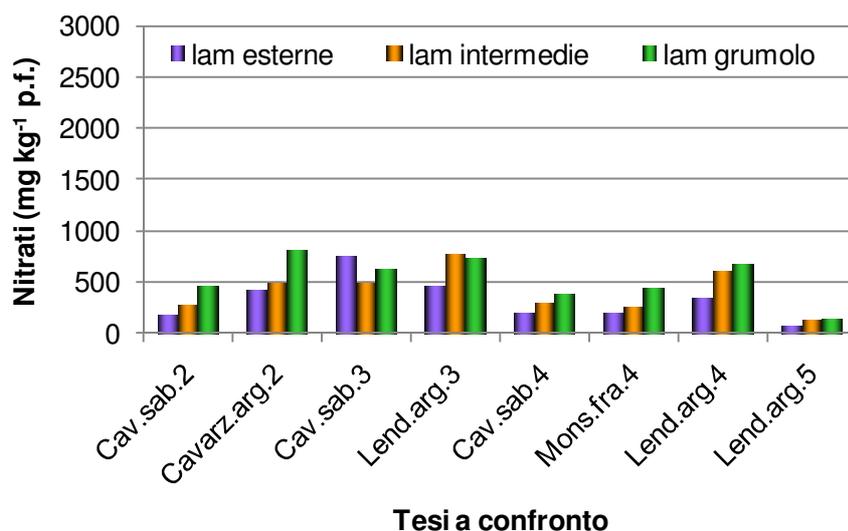


Figura 75 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta (interazione "tesi x lamine delle diverse posizioni") sul contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.f.).

Le interazioni riportate nelle figure 74-75 sono significative per $P \leq 0.05$.

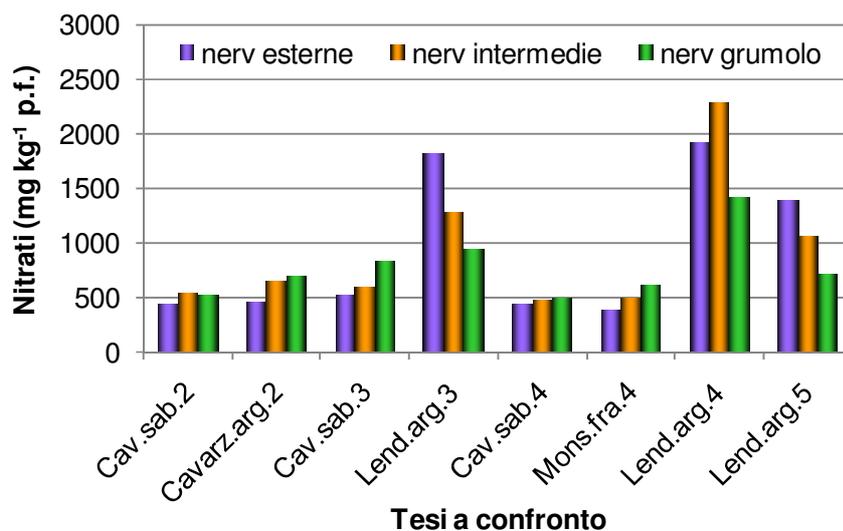


Figura 76 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta (interazione "tesi x nervature delle diverse posizioni") sul contenuto di nitrati (mg kg^{-1} p.f.).

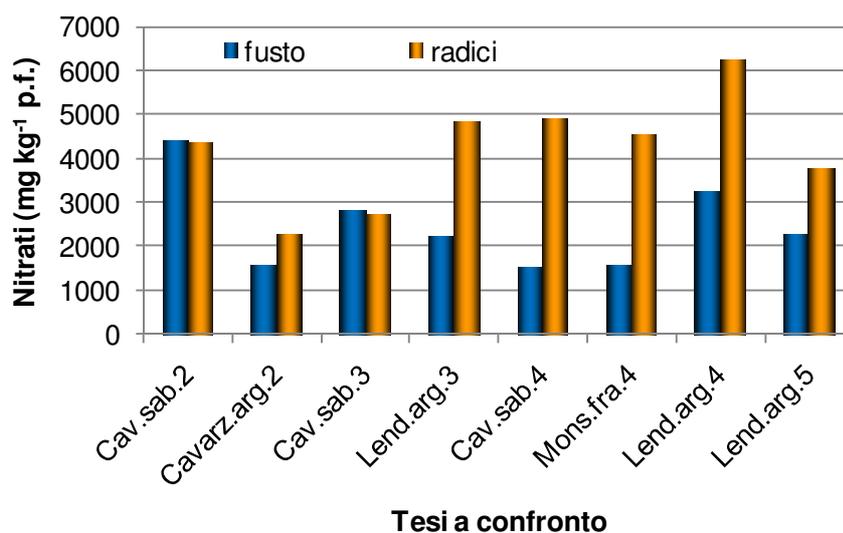


Figura 77 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta [interazione "tesi x parti di pianta (radici e fusto)"] sul contenuto di nitrati (mg kg^{-1} p.f.).

Le interazioni riportate nelle figure 76-77 sono significative rispettivamente per $P \leq 0.01$ e $P \leq 0.05$.

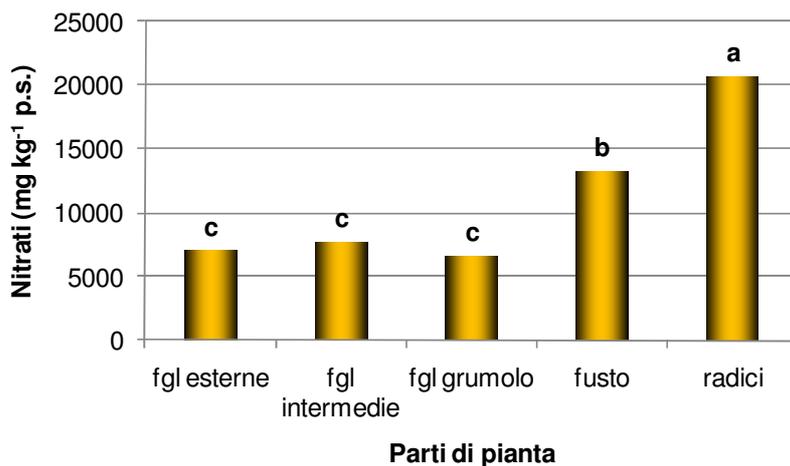


Figura 78 – Contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.s.) nelle parti di pianta.

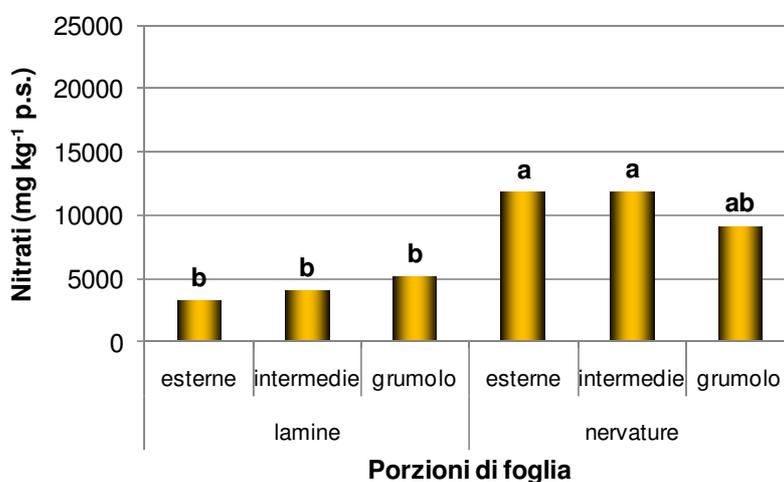


Figura 79 – Contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.s.) nelle porzioni di foglia.

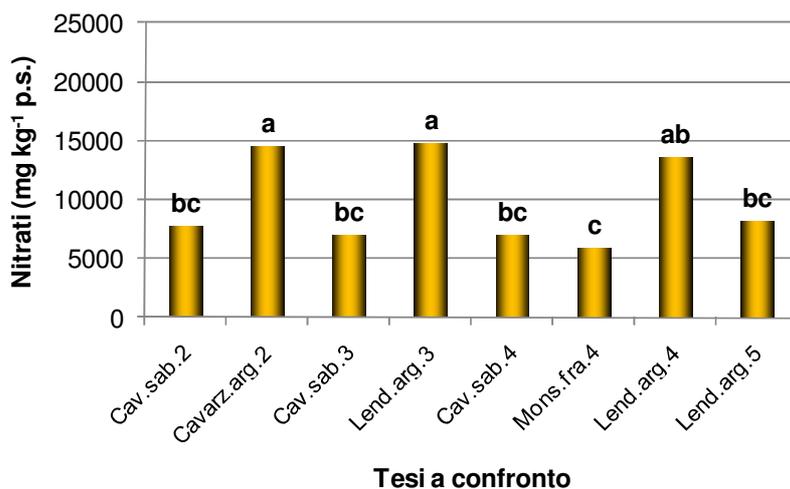


Figura 80 – Contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.s.) nelle tesi a confronto.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 78-79-80) differiscono significativamente per $P \leq 0.05$ secondo il Test HSD di Tukey.

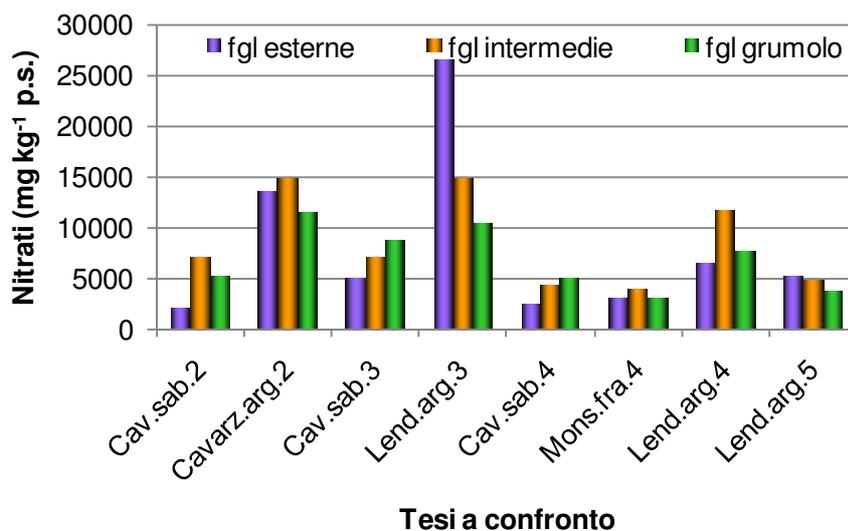


Figura 81 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta (interazione "tesi x posizioni foglie intere") sul contenuto di nitrati (mg kg^{-1} p.s.).

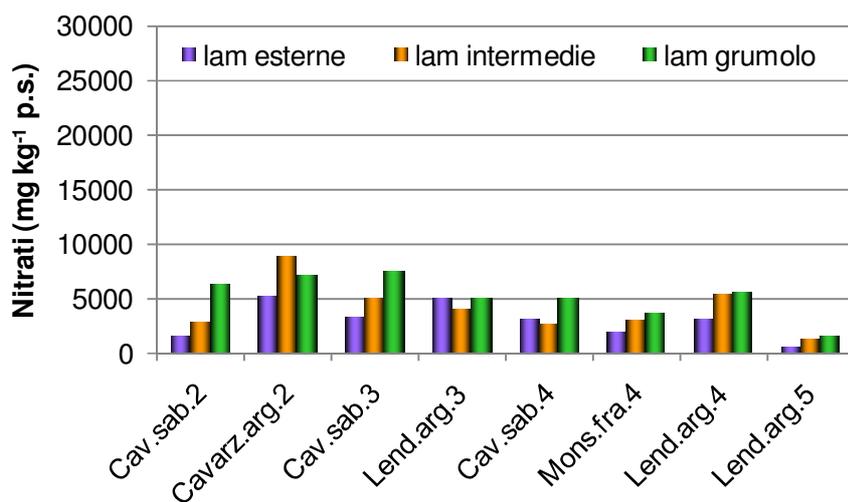


Figura 82 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta (interazione "tesi x lamine delle diverse posizioni") sul contenuto di nitrati (mg kg^{-1} p.s.).

Le interazioni riportate nelle figure 81-82 sono significative per $P \leq 0.05$.

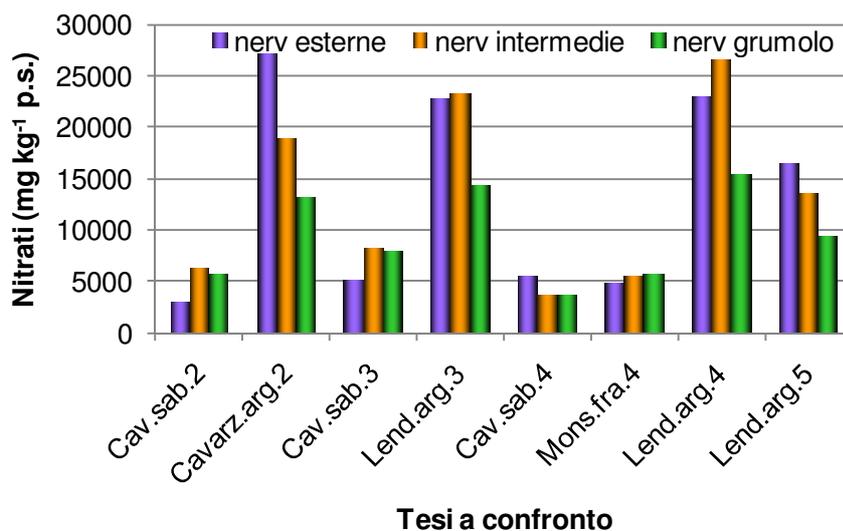


Figura 83 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta (interazione "tesi x nervature delle diverse posizioni") sul contenuto di nitrati (mg kg^{-1} p.s.).

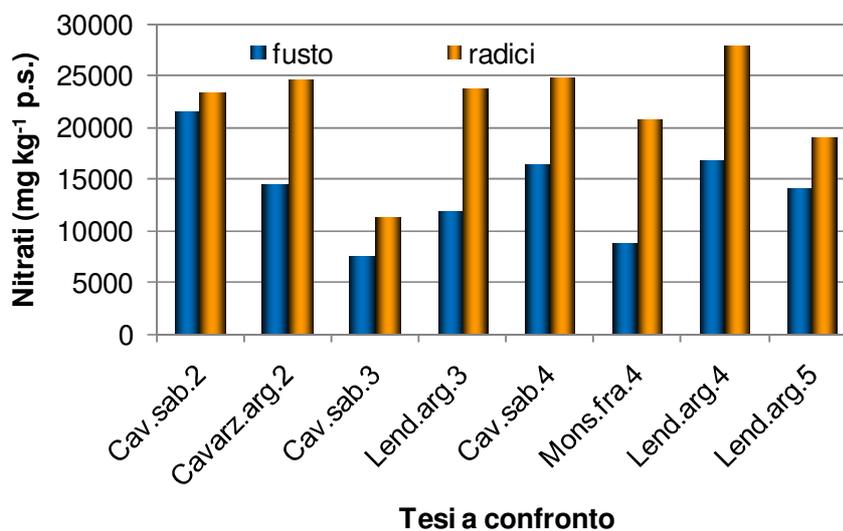


Figura 84 - Diverso effetto delle tesi nei confronti delle parti di pianta [interazione "tesi x parti di pianta (radici e fusto)"] sul contenuto di nitrati (mg kg^{-1} p.s.).

Le interazioni riportate nelle figure 83-84 sono significative rispettivamente per $P \leq 0.01$ e $P \leq 0.05$

Tabella 3 – Interventi tecnico-culturali relativi alla conduzione delle prove in campo.

Interventi	Date	Note
Concimazione di base	3/7/07	0.13.26 + 3Mg + 0.2B (500 kg ha ⁻¹)
Fornitore del seme		auto produzione
Semina in pieno campo	6/7/07	
Data irrigazione	8-10-12-14-16/7/07	Volume 100 m ³ ha ⁻¹ (aspersione)
Emergenza	16/7/07	
Diradamento	10/8/07	
Lavorazioni	30/8/07	sarchiatura
Superficie parcellare (m²)		25 m ²
Distanza tra le piante (m)		0.45 x 0.30
Densità (n. piante m⁻²)		7.4
Prelievi piante	09/01/08	estirpamento
Trattamenti: erbicidi (E) fungicidi (F) insetticidi (I) acaricidi (A)	5/7/07	Treflan EC (E) (250 mL hL ⁻¹)
	6/7/07	Kerb Flo (E) (650 mL hL ⁻¹)
	25/7/07	Bif (A) (165 mL hL ⁻¹)
	24/8/07	Decis (I) (85 mL hL ⁻¹)
	12/9/07	Decis (I) (85 mL hL ⁻¹)
	28/9/07	Microthiol (F) (400 mL hL ⁻¹)
	28/9/07	Tool (F) (250 mL hL ⁻¹)
	5/10/07	Decis (I) (85 mL hL ⁻¹)
	5/10/07	Microthiol (F) (450 mL hL ⁻¹)
	5/10/07	Rizolex Gold (F) (250 g hL ⁻¹)
21/10/07	Microthiol (F) (450 mL hL ⁻¹)	
21/10/07	Ossiclor (F) (300 g hL ⁻¹)	

Tabella 4 – Effetto delle parti di pianta e dei giorni di imbianchimento su alcuni aspetti qualitativi del radicchio “Rosso di Treviso tardivo” durante l’intervento di forzatura-imbianchimento. Nell’ambito delle parti di pianta e dei giorni di imbianchimento i valori delle colonne senza alcuna lettera in comune differiscono per $P \leq 0.01$ (test HSD di Tukey).

Trattamenti		Aspetti qualitativi			
		Sostanza secca (%)	Capacità antiossidasica totale (mg Fe ²⁺ E kg ⁻¹ p.s.)	Fenoli totali (mg GAE kg ⁻¹ p.s.)	Acido ascorbico (mg kg ⁻¹ p.s.)
Parti di pianta					
Foglie	esterne	9.9 c	18969 b	14044 b	839 b
	intermedie	9.7 c	28749 ab	17693 b	751 b
	grumolo	8.5 d	20806 b	13796 b	772 b
Fusto		17.4 b	23599 b	20228 b	2254 a
Radici		21.6 a	47817 a	37698 a	2030 a
<i>Medie</i>		13.4	27988	20692	1329
<i>Medie ponderate</i>		13.0	27172	20089	1290
Giorni di imbianchimento (GDI)					
0		16.3 a	43622 a	31280 a	1861a
10		13.0 b	23178 b	17767 b	1158 b
20		10.9 c	17164 b	13028 b	968 b
<i>Medie*</i>		13.4	27988	20692	1329

* Media dei tre periodi di forzatura 0-10-20 GDI.

Tabella 5 – Effetto di giorni di imbianchimento, posizione della foglia e parti di foglia su alcuni aspetti qualitativi del radicchio “Rosso di Treviso tardivo”. Nell’ambito dei giorni di imbianchimento (lettere minuscole), posizione della foglia (lettere in corsivo) e parti di foglia (lettere maiuscole), i valori senza alcuna lettera in comune differiscono significativamente per $P \leq 0.01$ (test HSD di Tukey).

Posizione della foglia	Giorni di imbianchimento (GDI)			Parti di foglia		Medie
	0	10	20	lamine	nervature	
Sostanza secca (%)						
Esterna	14.0	9.8	8.5	12.3	9.2	10.8 <i>a</i>
Intermedia	13.9	9.3	8.8	12.7	8.6	10.7 <i>a</i>
Grumolo	13.8	8.4	7.5	12.4	7.4	9.9 <i>b</i>
Medie	13.9 <i>a</i>	9.2 <i>b</i>	8.2 <i>c</i>	12.5 <i>A</i>	8.4 <i>B</i>	
Capacità antiossidativa totale (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.s.)						
Esterna	94923	38193	22421	92481	11210	51846 <i>a</i>
Intermedia	52393	33114	28052	65723	9983	37853 <i>b</i>
Grumolo	77487	26403	22616	76713	7624	42169 <i>ab</i>
Medie	74934 <i>a</i>	32570 <i>b</i>	24363 <i>b</i>	78306 <i>A</i>	9606 <i>B</i>	
Fenoli totali (mg GAE kg⁻¹ p.s.)						
Esterna	34560	15028	8555	30555	8207	19381 <i>b</i>
Intermedia	43909	19939	11552	42899	7368	25133 <i>ab</i>
Grumolo	52136	21465	11988	50703	6356	28530 <i>a</i>
Medie	43535 <i>a</i>	18811 <i>b</i>	10698 <i>b</i>	41386 <i>A</i>	7310 <i>B</i>	
Acido ascorbico (mg kg⁻¹ p.s.)						
Esterna	1284	877	859	1194	820	1007 <i>a</i>
Intermedia	1012	801	641	966	670	818 <i>b</i>
Grumolo	1293	716	564	1164	551	858 <i>ab</i>
Medie	1197 <i>a</i>	798 <i>b</i>	688 <i>b</i>	1108 <i>A</i>	680 <i>B</i>	

Tabella 6 – Effetto delle parti di pianta e dei giorni di imbianchimento su alcuni aspetti qualitativi del radicchio “Rosso di Treviso tardivo” durante l’intervento di forzatura-imbianchimento. Nell’ambito delle parti di pianta e dei giorni di imbianchimento i valori delle colonne senza alcuna lettera in comune differiscono per $P \leq 0.01$ (test HSD di Tukey).

Trattamenti		Aspetti qualitativi		
		N proteico (% su p.s.)	Nitrati (mg kg ⁻¹ p.s.)	Nitriti (mg kg ⁻¹ p.s.)
Parti di pianta				
Foglie	esterne	8.75 c	3383 c	1.67 c
	intermedie	16.2 b	3061 c	33.4 a
	grumolo	21.9 a	4006 c	30.9 a
Fusto		16.9 b	7912 b	4.0 bc
Radici		13.7 b	15490 a	9.3 b
<i>Medie</i>		15.6	6770	15.9
<i>Medie ponderate</i>		14.4	6530	15.0
Giorni di imbianchimento (GDI)				
0		14.4 a	7047 a	3.29 b
10		15.6 ab	6806 b	39.5 a
20		16.9 b	6457 c	4.85 b
<i>Medie*</i>		15.6	6770	15.9

* Media dei tre periodi di forzatura 0-10-20 GDI.

Tabella 7 – Effetto di giorni di imbianchimento, posizione della foglia e parti di foglia su alcuni aspetti qualitativi del radicchio “Rosso di Treviso tardivo”. Nell’ambito dei giorni di imbianchimento (lettere minuscole), posizione della foglia (lettere in corsivo) e parti di foglia (lettere maiuscole), i valori senza alcuna lettera in comune differiscono significativamente per $P \leq 0.01$ (test HSD di Tukey).

Posizione della foglia	Giorni di imbianchimento (GDI)			Parti di foglia		Medie
	0	10	20	lamine	nervature	
Sostanza secca (%)						
Esterna	14.0	9.8	8.5	12.3	9.2	10.8 <i>a</i>
Intermedia	13.9	9.3	8.8	12.7	8.6	10.7 <i>a</i>
Grumolo	13.8	8.4	7.5	12.4	7.4	9.9 <i>b</i>
Medie	13.9 <i>a</i>	9.2 <i>b</i>	8.2 <i>c</i>	12.5 <i>A</i>	8.4 <i>B</i>	
N proteico (% su p.s.)						
Esterna	12.5	11.9	11.9	16.9	7.5	11.9 <i>b</i>
Intermedia	17.5	20.0	21.9	26.9	13.1	20.0 <i>a</i>
Grumolo	19.4	21.9	23.1	24.4	18.8	21.9 <i>a</i>
Medie	16.3 <i>b</i>	18.1 <i>ab</i>	18.8 <i>a</i>	22.5 <i>A</i>	13.1 <i>B</i>	
Nitrati (mg kg⁻¹ p.s.)						
Esterna	2818	3107	1731	1217	3887	2552 <i>b</i>
Intermedia	4715	3104	2074	2788	3807	3298 <i>a</i>
Grumolo	3106	2783	2399	1063	4462	2762 <i>b</i>
Medie	3546 <i>a</i>	2998 <i>b</i>	2068 <i>c</i>	1690 <i>B</i>	4052 <i>A</i>	
Nitriti (mg kg⁻¹ p.s.)						
Esterna	6.98	2.88	2.46	1.74	6.47	4.11 <i>c</i>
Intermedia	1.29	23.94	2.62	16.23	2.33	9.28 <i>b</i>
Grumolo	0.74	26.31	6.96	17.12	5.55	11.34 <i>a</i>
Medie	3.00 <i>b</i>	17.71 <i>a</i>	4.01 <i>b</i>	11.70 <i>A</i>	4.79 <i>B</i>	



Figura 85 – Panoramica e particolare delle piante il 3/9/07.



Figura 86 – Panoramica e particolare delle piante il 30/10/07.



Figura 87 – Panoramica e particolare delle piante il 20/12/07.

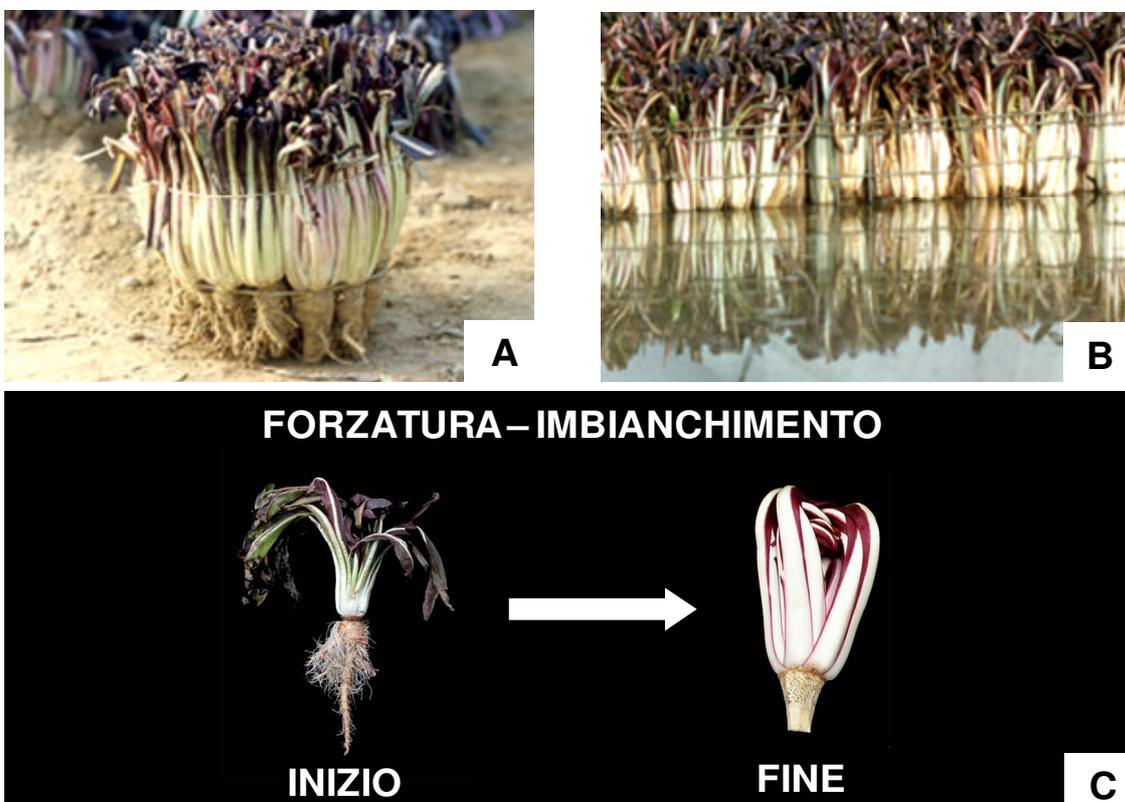
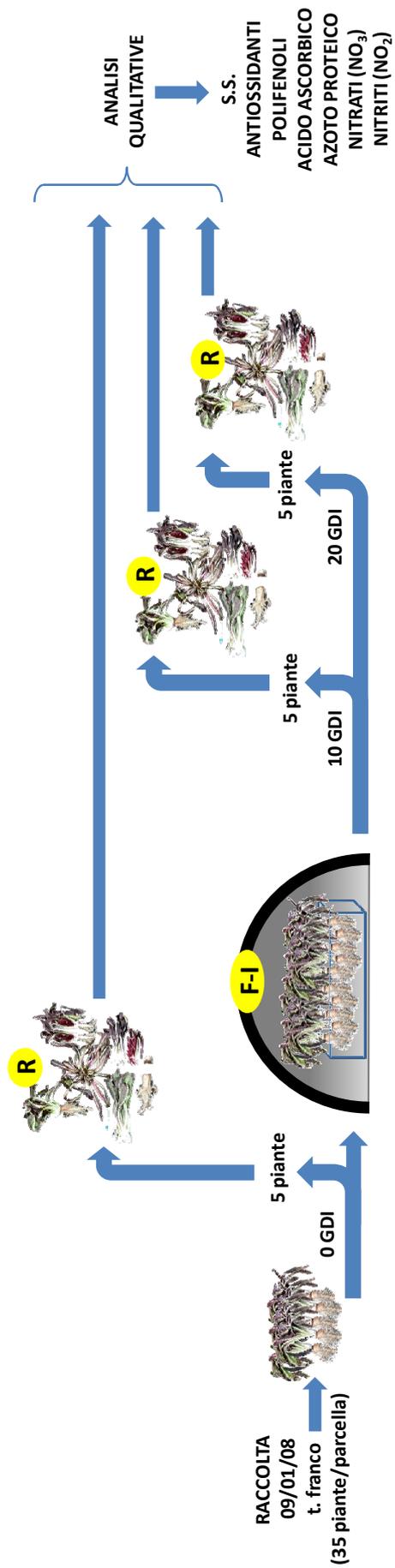


Figura 88 – Preparazione dei mazzi di piante (A) destinate alla forzatura-imbianchimento in acqua corrente (B) ed evoluzione del prodotto (C).



R Rilievo distruttivo

F-I Forzatura - imbianchimento

Figura 89 – Rappresentazione schematica degli interventi di forzatura-imbianchimento effettuati a partire dalla raccolta (estirpamento).



Figura 90 – Suddivisione delle piante al momento del rilievo.



Figura 91 – Particolare del rilievo.

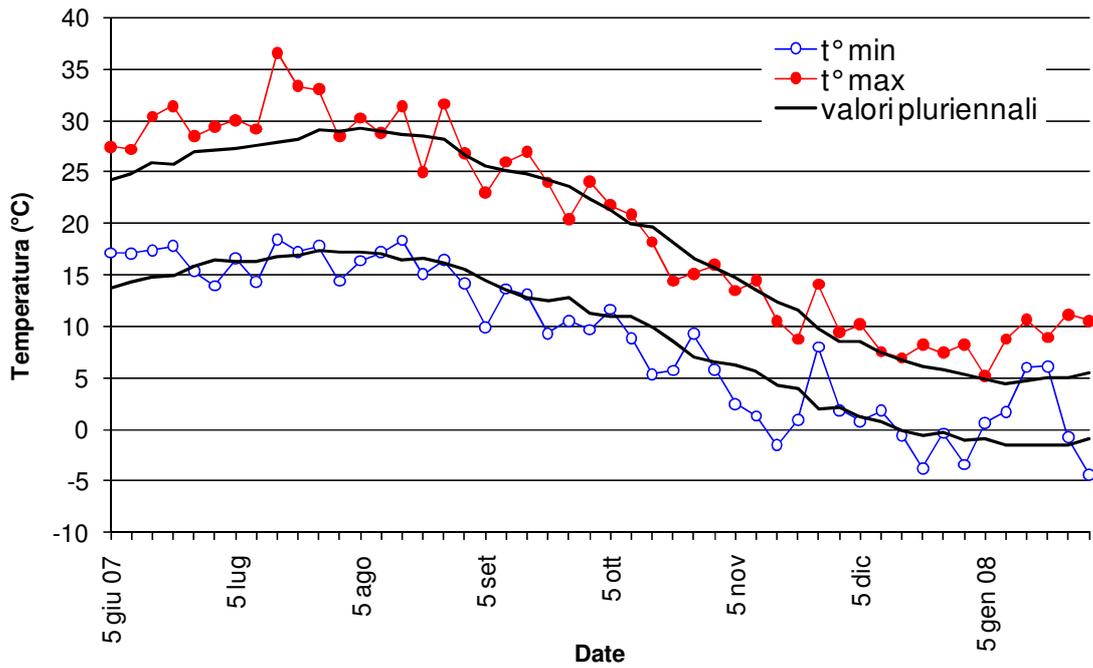


Figura 92 – Medie pentadiche di temperature massime e minime (°C) e valori pluriennali (1992 - 2008) dell'ambiente di prova.

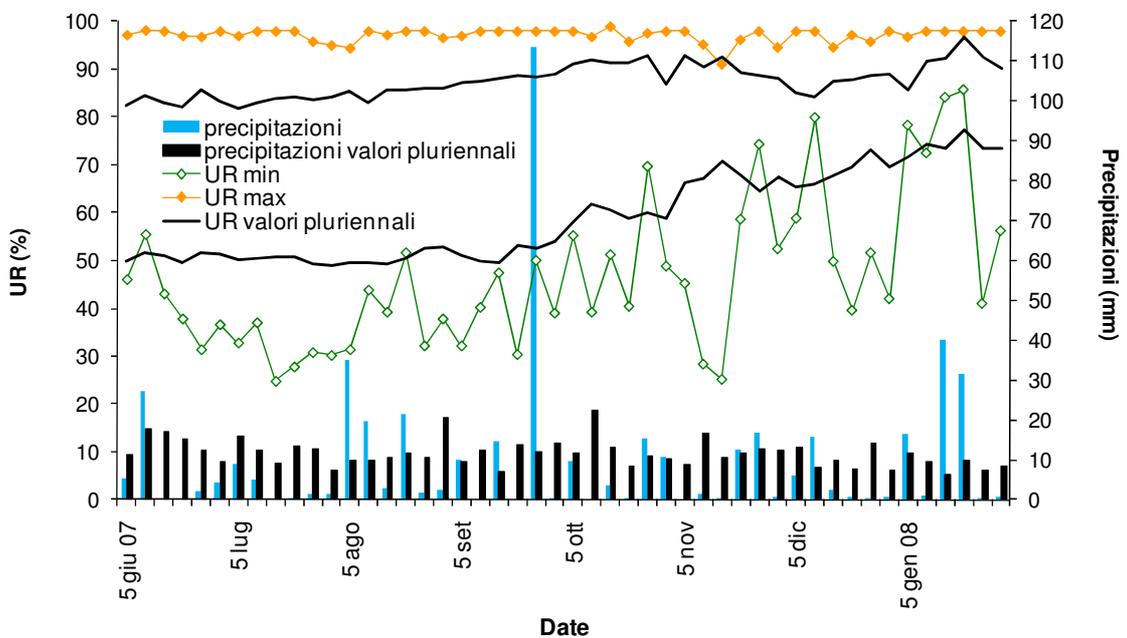


Figura 93 – Medie pentadiche dell'umidità relativa (UR) massima, minima (%) e precipitazioni cumulate pentadiche (mm) e valori pluriennali (1992 - 2008) nell'ambiente di prova.

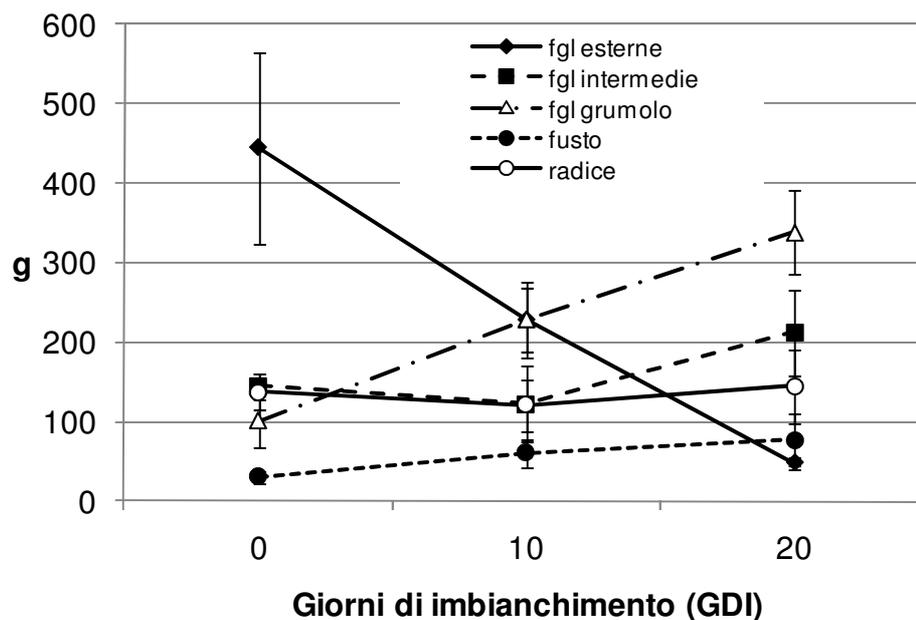


Figura 94 – Diverso effetto dell’intervento di forzatura imbianchimento (GDI) sul peso fresco (g) delle parti di pianta. Interazione “parti di pianta x giorni di imbianchimento” significativa per $P \leq 0.01$. Le barre verticali indicano l’errore standard.

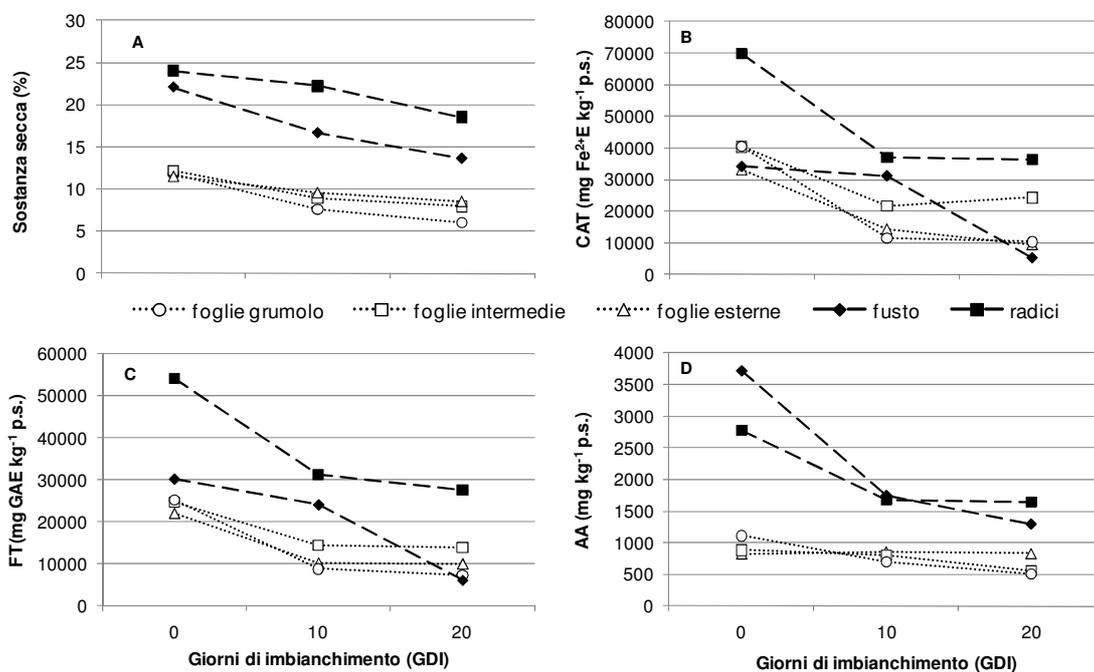


Figura 95 – Diverso effetto dei giorni di imbianchimento sulla sostanza secca (A), capacità antiossidativa totale (B), fenoli totali (C) e acido ascorbico (D) nelle parti di pianta. Tutte le interazioni (A, B, C, D) significative per $P \leq 0.01$.

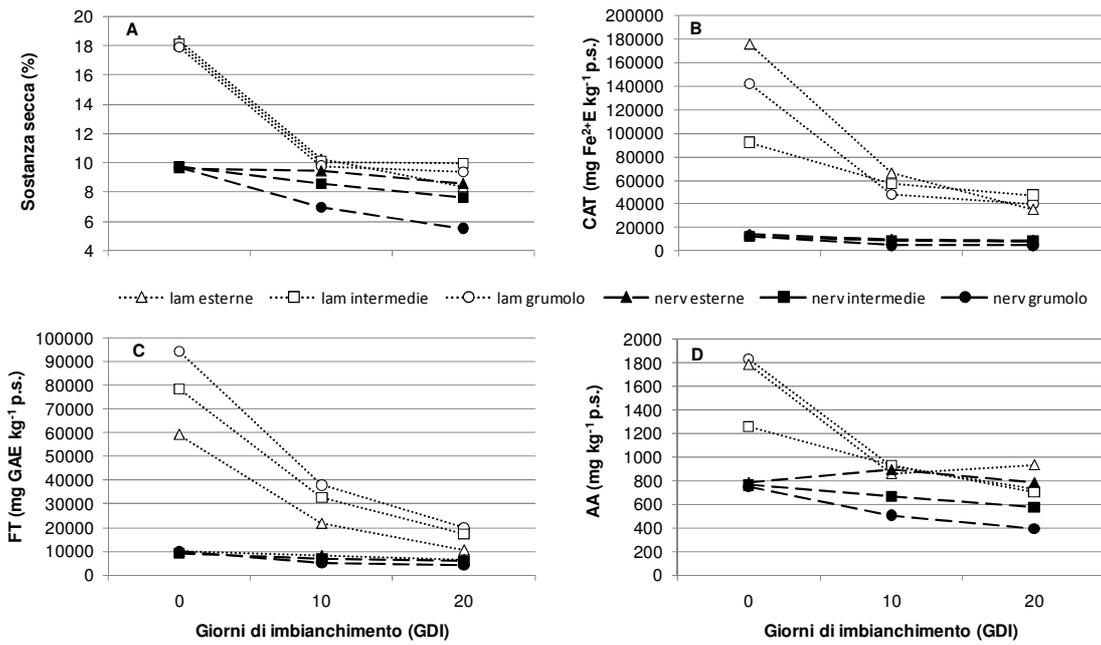


Figura 96 - Diverso effetto dei giorni di imbianchimento sulla sostanza secca (A), capacità antiossidativa totale (B), fenoli totali (C) e acido ascorbico (D) nelle porzioni di foglia. Tutte le interazioni (A, B, C, D) significative per $P \leq 0.01$.

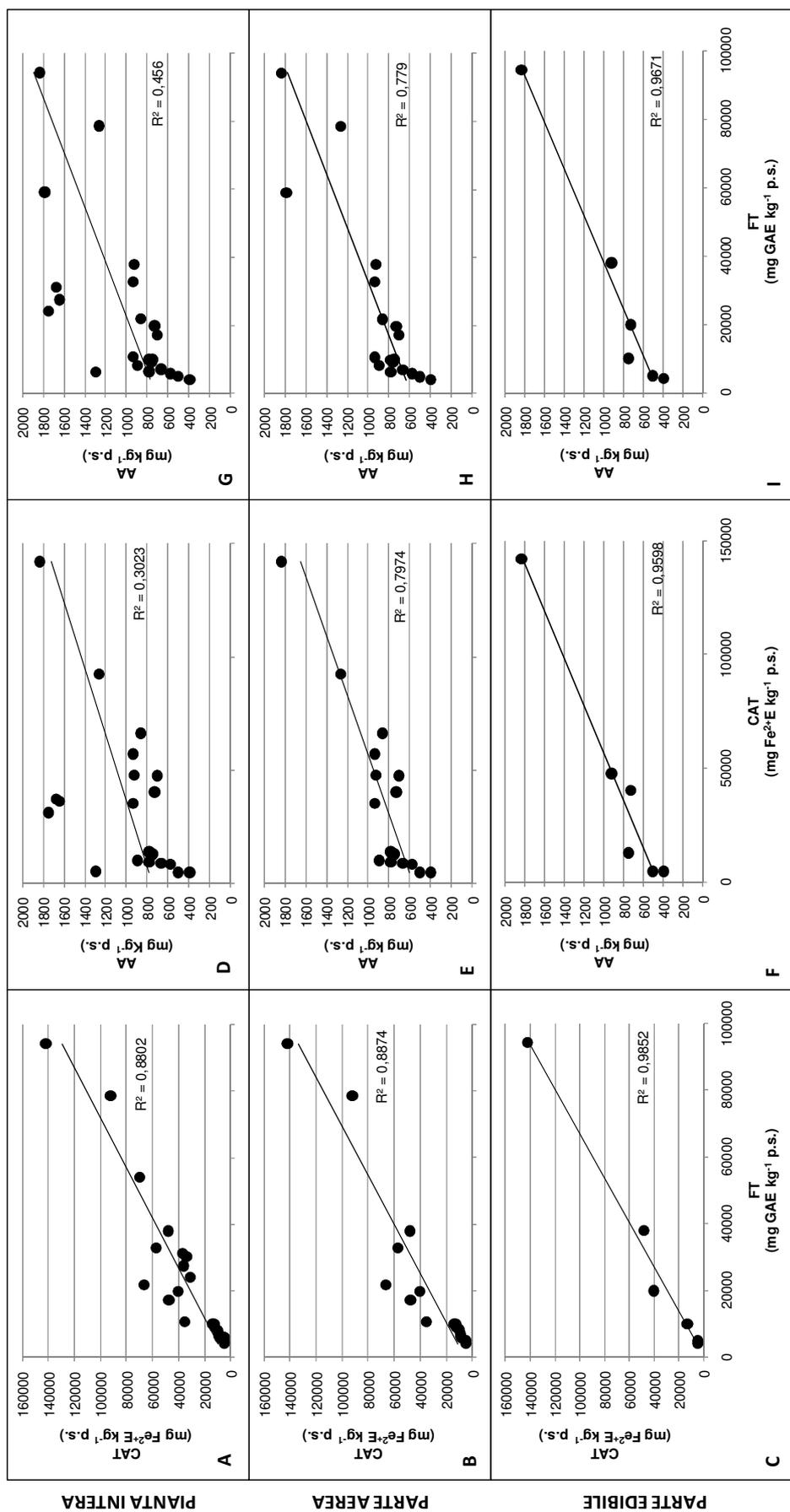


Figura 97 – Correlazioni tra fenoli totali (FT) e capacità antiossidativa totale (CAT), CAT e acido ascorbico (AA), FT e AA considerando la pianta intera (A, D e G), la parte aerea (B, E e H) e la sola quota edibile (C, F e I).

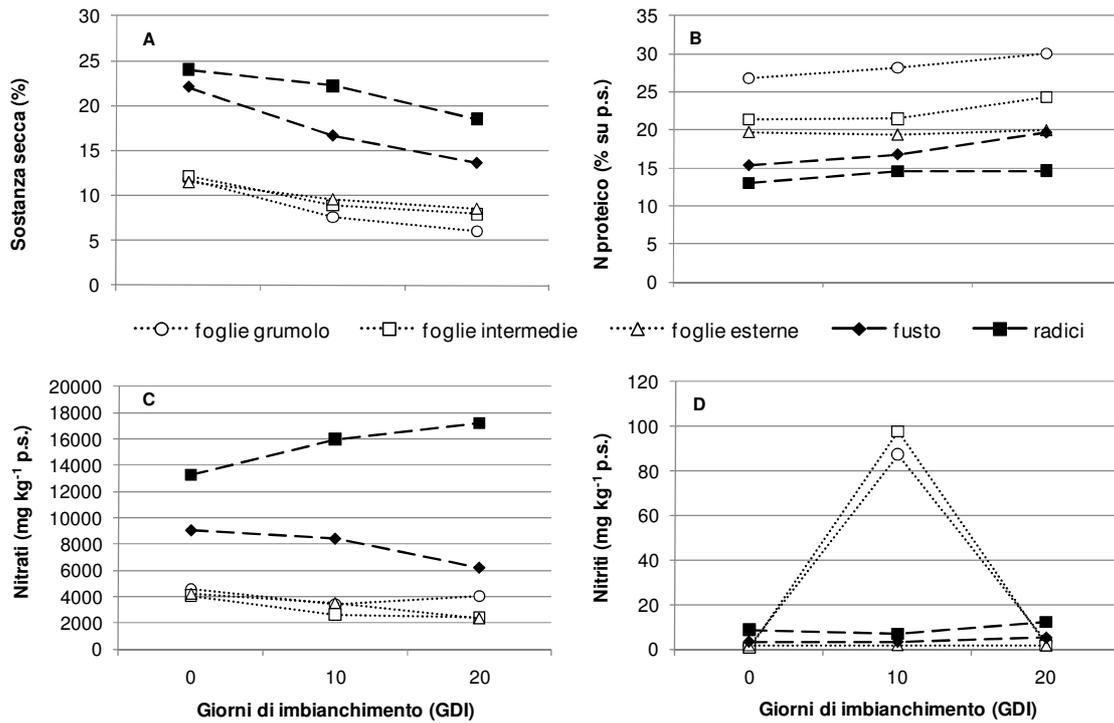


Figura 98 - Diverso effetto dei giorni di imbianchimento sulla sostanza secca (A), azoto proteico (B), nitrati (C) e nitriti (D) nelle parti di pianta. Interazioni A, C e D significative per $P \leq 0.01$; B non significativa.

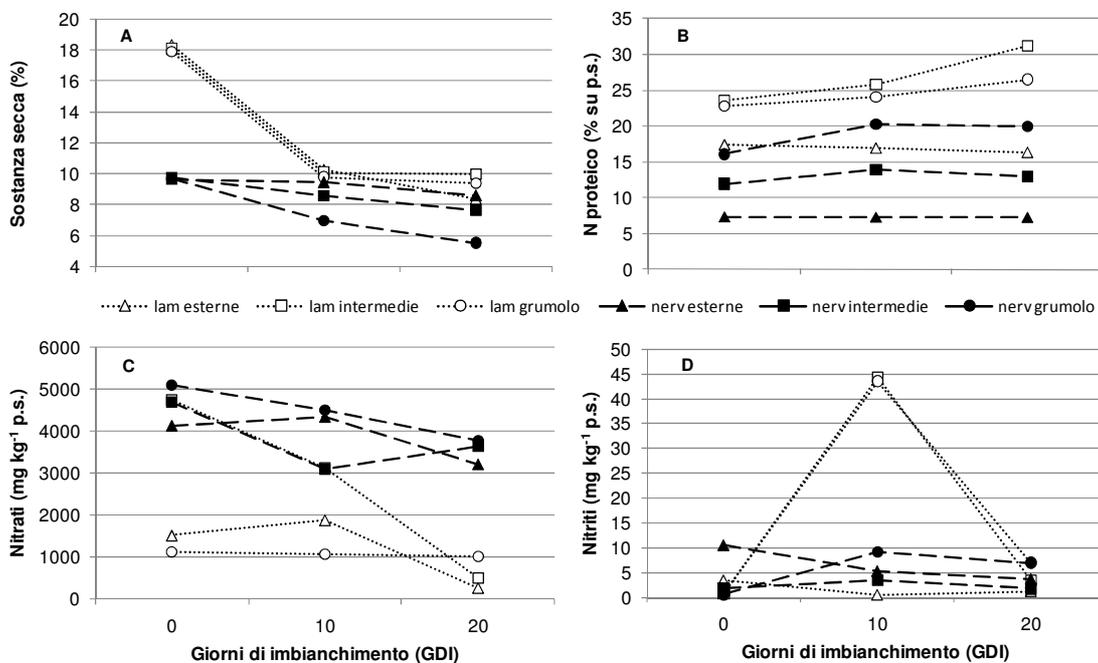


Figura 99 - Diverso effetto dei giorni di imbianchimento sulla sostanza secca (A), azoto proteico (B), nitrati (C) e nitriti (D) nelle porzioni di foglia. Interazioni A, C e D significative per $P \leq 0.01$; B non significativa.

ASPARAGO

INTRODUZIONE

Cenni storici

L'asparago (*Asparagus officinalis* L.) è un ortaggio conosciuto fin dall'antichità per le sue molteplici caratteristiche salutistiche e per tali proprietà è stato citato in alcuni scritti di Catone, Plinio, Columella e Giulio Cesare (Pimpini, 1990).

Le prime notizie relative a questa orticola risalgono al 79 a.C. da Plinio il Vecchio nel suo libro *Naturalis Historia* ma verosimilmente i Romani conobbero l'asparago dai Greci e questi a loro volta dagli Orientali (Falavigna e Palumbo, 2001). Sempre gli stessi autori affermano che l'interpretazione filologica della parola asparago: *sparega* nell'antica Persia significava germoglio, verga, getto, mentre successivamente i Greci adottarono il termine *asparagos* che significa "pieno di linfa".

L'areale di origine dell'asparago sembra essere l'Europa Orientale, come testimoniato dallo scrittore bizantino Simeon Seth nel 1100 d.C., o come venne riportato nel 1241 d.C. nelle cronache della città di Worm in Germania, dove le truppe crociate al rientro dai paesi orientali arabi portarono semi di diverse piante tra cui anche quelli di asparago. Tuttavia con il declino dell'Impero Romano, in tutta l'Europa diminuì l'interesse per la coltivazione di questa specie; nel Medioevo, infatti, era presente solo nei giardini feudali o nei monasteri, dove era utilizzato come pianta officinale.

Nella seconda metà del XV secolo la coltivazione dell'asparago venne riproposta in tutta l'Europa (Falavigna e Palumbo, 2001); in quest'epoca il botanico tedesco Hyeronimus Bock descrisse una tecnica colturale simile a quella proposta da Catone ovvero la produzione di turioni bianchi. Tale pratica è stata adottata verosimilmente perché il loro taglio prima dell'emergenza dal terreno permetteva di evitare i danni provocati da gelate tardive. Il massiccio apporto annuale di letame nella vicinanza del rizoma, infatti aveva lo scopo di produrre il calore necessario per lo sviluppo dei turioni. La coltivazione era possibile solo nei terreni sabbiosi perché, facilmente lavorabili, permettevano di realizzare i tipici cumuli di terra sulla fila di piante e l'apertura dei solchi tra le file nei quali veniva distribuito il letame.

Durante il XVII secolo la coltivazione dell'asparago si espanse rapidamente in Germania, Belgio e Olanda dove le varietà coltivate presero il nome della località, e tra le più conosciute si possono ricordare Asparago di Olanda, Ulm, Darmstadt, Ghent, Vendrome, Besancom. La varietà più importante era il "Violetto d'Olanda", selezionata tra il XVII ed il XVIII secolo. Da questa varietà vennero poi selezionati i tipi "Argenteuil" in Francia (Precoce d'Argenteuil, Tardivo d'Argenteuil) e "Braunschweiger" in Germania. L'introduzione dell'asparago in Italia come specie orticola è avvenuta nel XV secolo e si è diffusa nelle regioni settentrionali per la produzione di turioni: bianchi (Veneto, Friuli Venezia Giulia e Trentino Alto Adige), violetti (Liguria) e verdi (Piemonte, Emilia Romagna e Toscana). I primi due tipi di turione sono ancora prodotti solo nelle regioni originarie, mentre la coltivazione dell'asparago verde si è diffusa anche nelle regioni centromeridionali ed insulari. (Falavigna e Palumbo, 2001).

Caratteri botanici

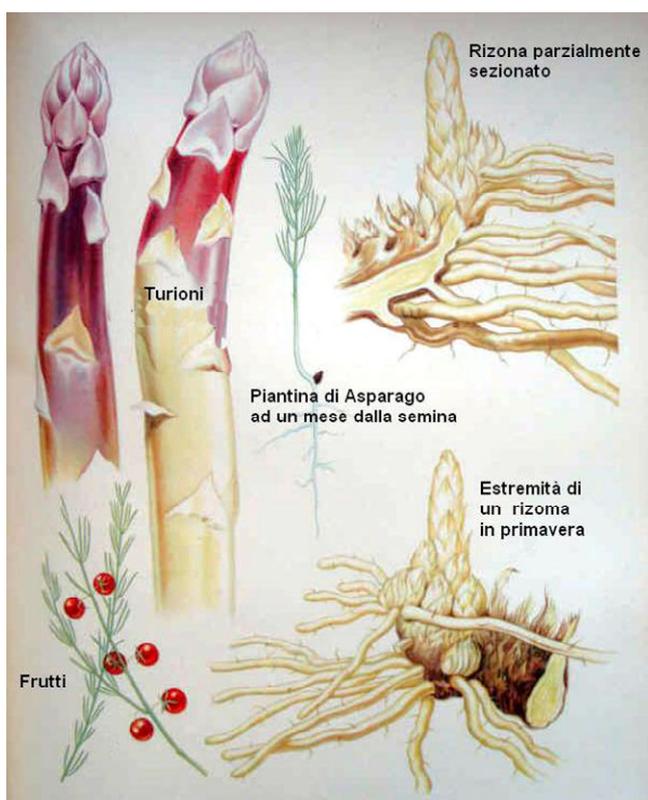


Figura 1 – Rappresentazione delle principali parti della pianta di asparago.

L'asparago (Fig. 1), appartenente alla famiglia delle *Liliaceae*, è una specie dioica che presenta piante con fiori maschili, femminili e talvolta ermafroditi. Tale orticola presenta una parte ipogea, (rizoma e radici) denominata, comunemente “zampa”, costituita da tessuto parenchimatico fortemente fibroso e vascolarizzato. Questo organo è formato da due tipi di radici: principali e secondarie. Le prime, con la funzione di accumulare sostanze di riserva, sono carnose, cilindriche, non ramificate, possono raggiungere i 3-4 metri di profondità, anche se la maggior parte si trova tra i 0.25 ed i 0.6 m; le seconde, invece con funzione di assorbimento, sono più sottili e si diramano nella parte terminale

delle radici principali. Il frutto ha la dimensione di un piccolo pisello, è di colore rosso e contiene una media di 3-6 semi di color nero, ha forma di una piccola castagna il cui peso unitario è di circa 20 mg (Falavigna e Palumbo, 2001).

Caratteristiche agronomiche e interventi tecnico-colturali

Esigenze e adattamento ambientale

Questa orticola è sensibile alle variazioni termiche (soprattutto nelle prime fasi del ciclo colturale), la scelta dell'epoca di semina, infatti, deve essere effettuata considerando che la germinazione avviene tra 15.5-30.0 °C. In particolare al di sotto dei 15 °C l'emissione della radichetta e il successivo accrescimento della plantula avvengono piuttosto lentamente, in seguito quando la pianta si trova in coltura questa non presenta particolari esigenze, poiché è in grado di resistere ad alti e bassi livelli termici. Questi ultimi però è bene non si verificano all'inizio primavera poiché, provocando il raffreddamento del terreno, incidono negativamente sulle caratteristiche qualitative (colore, consistenza, aspetto).

Un altro parametro determinante per il buon esito dell' asparagiaia è il tipo di terreno. Il substrato migliore deve essere in ogni caso sciolto, soffice con pH intorno alla neutralità (6.0-7.5), permeabile e accuratamente drenato, in modo da garantire il rapido

smaltimento delle acque in eccesso. I suoli torbosi, anche se sotto il profilo della tenacità non destano alcuna preoccupazione, sembra male si adattino ad ospitare questa liliacea sia per il loro pH non idoneo, che per l'eccessiva capacità di ritenzione idrica che frequentemente comporta asfissia radicale. Questo ortaggio è molto resistente nei confronti della salinità riuscendo a tollerare concentrazioni fino a 12 mS cm^{-1} . Relativamente alle asportazioni dei principali elementi nutritivi, valori ricavati da diversi Autori indicano che da 1 t di turioni freschi sono mediamente asportati 3.5 kg di N; 1.5 kg di P_2O_5 ; 2.5 kg di K_2O e 0.6 kg di CaO. Grazie a queste informazioni emerge la particolare importanza di azoto e potassio, mentre un ruolo minore sembrano avere fosforo e calcio (Pimpini, 1990).

Coltivazione

L'asparago è una coltura che dimostra, contrariamente a diverse altre specie, andamenti produttivi molto variabili negli anni anche tra aziende con caratteristiche pedoclimatiche simili. Ciò è legato ad una particolare sensibilità di questa liliacea a tecniche agronomiche errate che spesso sono anche il presupposto per l'insorgere di gravi fitopatie.

Terreno

La potenzialità produttiva di un'asparagiaia è legata all'efficienza degli organi di riserva sotterranei. Di conseguenza, la scelta e la preparazione del terreno devono consentire all'apparato radicale di esplorarne un grande volume e di approfondirsi il più possibile, evitando al contempo anche temporanei ristagni d'acqua che la specie non tollera. La lavorazione principale consiste nell'aratura, attraverso la quale sono interrati i fertilizzanti organici e quelli minerali fosfo-potassici necessari per la concimazione di base. La profondità di aratura ha un'influenza positiva sulla durata economica dell'asparagiaia, ma deve essere stabilita sulla base del profilo del terreno. L'epoca migliore per eseguire l'aratura è sempre il periodo estivo-autunnale precedente il trapianto, ma nei terreni particolarmente sciolti essa può essere eseguita anche in primavera; la profondità di aratura arriva a 0.4-0.7 m mentre per terreni meno profondi è superficiale e seguita da una ripuntatura (Pimpini, 1990).

Concimazione

Se non sussistono condizioni particolari si è sempre dimostrato conveniente l'interramento all'aratura di quantitativi di letame maturo intorno alle 50 t ha^{-1} ; oltre a questo, prima dell'impianto, con la concimazione chimica, si aggiungono $150\text{-}200 \text{ kg ha}^{-1}$ di P_2O_5 e K_2O e 100 kg ha^{-1} di N. Nelle annate successive all'impianto e per anno, è opportuno intervenire con $100\text{-}150 \text{ kg ha}^{-1}$ di P_2O_5 in autunno dopo il taglio della parte aerea ormai secca, $10\text{-}20 \text{ t ha}^{-1}$ di letame durante l'inverno in vicinanza delle radici. Dopo l'ultima raccolta di turioni, in giugno-luglio si interviene con $100\text{-}150 \text{ kg ha}^{-1}$ di N e $150\text{-}200 \text{ kg ha}^{-1}$ di K_2O per favorire l'accrescimento della parte aerea; in questo caso è preferibile frazionare la quota di N in 2-3 interventi. Tali apporti di fertilizzanti possono essere suscettibili di sostanziali variazioni in relazione al tipo di terreno e alle caratteristiche dei turioni che si vogliono ottenere (Pimpini, 1990)

Produzione e impianto delle “zampe”

Le “zampe” possono essere prodotte direttamente in azienda oppure acquistate presso ditte specializzate nel vivaismo orticolo. Per tale operazione si effettua la semina in semenzaio all’inizio della primavera o in giugno-luglio per ottenere “zampe” di un anno da trapiantare già nella primavera dell’anno successivo oppure dopo 18-20 mesi. L’impianto si attua generalmente in primavera oppure, quando le condizioni climatiche non lo consentono, anche all’inizio dell’estate. L’asparagiaia tradizionale prevede la disposizione, sul fondo delle fosse previamente formate o dei solchi, di letame ben decomposto. Il tutto viene ricoperto con un leggero strato di terreno al di sopra del quale si collocano le “zampe” ad una distanza tra loro, variabile in relazione a quella già prefissata tra fosse o solchi, in modo da raggiungere la densità colturale desiderata. Oltre a questa tecnica tradizionale la coltura può avere inizio con la semina diretta o il trapianto di piantine ottenute in vivaio in contenitori alveolati. Numerosi ricercatori affermano che l’asparagiaia impiantata con le “zampe” offre meno garanzie nei confronti della semina diretta o del trapianto di plantule allevate in cubetto o in contenitore alveolato provenienti da seme o micropropagate (Pimpini, 1990).

Produzione di turioni bianchi o verdi

L’asparago per produzione di turione bianco tendenzialmente viene coltivato al Nord del nostro Paese e in particolare nella bassa Pianura Padana, dove il clima di tipo continentale, il terreno sciolto e la vicinanza alle zone costiere favoriscono il suo migliore insediamento. Durante l’intero ciclo colturale le lavorazioni del terreno consistono in scerbature a mano sulla fila e in lavorazioni meccaniche sull’interfila. Nel primo anno di coltivazione è importante mantenere i solchi aperti il più possibile, evitando di apportare terra sulle zampe ed ancor più sulle piantine, per evitare possibili danni per asfissia al rizoma. Solamente al termine del 2° o 3° anno dall’impianto la superficie del terreno potrà essere completamente spianata (Palumbo, 2001). Limitatamente alle colture destinate alla produzione di turioni bianchi, al termine del

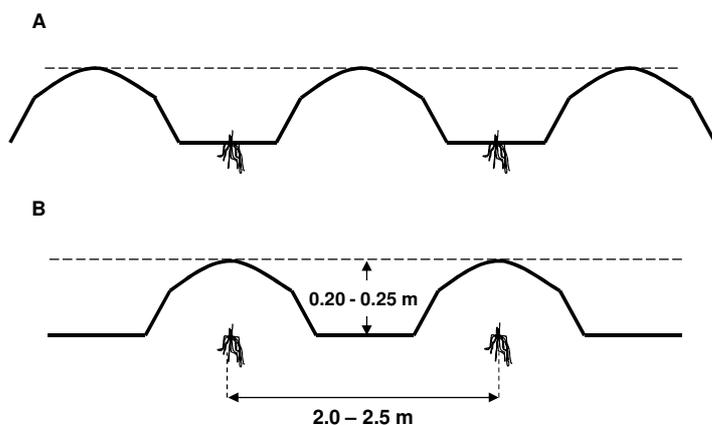


Figura 2 - Rappresentazione schematica della formazione dei cumuli (A) e rincalzatura delle zampe (B)

periodo invernale è necessario effettuare la rincalzatura delle zampe cioè la formazione di caratteristici cumuli di terreno sulla fila (Fig. 2) che consentono di tagliare i turioni non ancora emersi se si opera su terreno nudo oppure appena emersi nelle colture pacciamate, ad una profondità di circa 0.20- 0.25 m. In questo secondo caso, subito dopo ogni singola raccolta, i cumuli vengono sempre ricoperti con film plastico nero di pacciamatura applicato subito dopo la formazione dei cumuli (Fig. 3). Tale intervento, effettuato con molta attenzione per non danneggiare le zampe, si pratica a fine inverno con terreno asciutto e,

ovviamente, viene ripetuto annualmente per tutta la durata produttiva dell'asparagiaia. Al termine del periodo di raccolta si interviene per eliminare i cumuli, riportando in piano la superficie del terreno: questo consente al rizoma di allargarsi orizzontalmente ritardando la risalita in superficie che è stimolata invece quando i cumuli sono lasciati più o meno integri (Falavigna e Palumbo, 2001).

Per quanto riguarda la produzione di turioni verdi, non viene richiesto alcun intervento al terreno e conseguentemente, una volta emersi dallo stesso, nel



Figura 3 - Pacciamatura dei cumuli con film plastico.

momento in cui hanno raggiunto la lunghezza commerciabile (0.2-0.3 m) si provvede a reciderli 20-30 mm sotto la superficie. In tali condizioni i germogli permangono a contatto con la luce per tutto il periodo intercorrente tra l'emergenza e la raccolta (3-5 giorni in relazione alla temperatura ambiente) e acquistano la colorazione verde dovuta all'attività foto-sintetica.

Raccolta, lavorazione del prodotto e aspetti qualitativi

Periodo di raccolta

Il periodo di raccolta dei turioni è condizionato dall'andamento climatico dei territori dove viene coltivato.

Con riferimento all'Italia, le principali zone di coltura si possono suddividere in quattro macro aeree caratterizzate da fasce climatiche distinte: Pianura Padana, Centro Italia, Sud Italia e Isole (Sicilia e Sardegna).

Sotto questo profilo è inoltre da considerare la possibilità di praticare la coltura in pieno campo o in ambiente protetto. Ne consegue che il periodo di raccolta nell'anno è fortemente influenzato dall'andamento stagionale, dalle caratteristiche pedologiche ed orografiche dei terreni e dalle varietà coltivate.

Nei primi due anni di raccolta (2-3 anni dall'impianto) la quantità di turioni asportabili dipende dal materiale di propagazione utilizzato (piantine o zampe) ma è necessario ridurre il periodo di prelievo dei turioni per favorire l'accrescimento della parte aerea delle piante, che permette di aumentare il vigore della quota ipogea. Negli anni successivi è fondamentale mantenere elevata la massa epigea della pianta sempre al fine di ripristinare completamente le riserve nelle radici poiché un corretto equilibrio tra la fase produttiva e quella vegetativa permette di ottenere soddisfacenti rese e longevità dell'asparagiaia. Infatti quando il periodo di raccolta viene eccessivamente prolungato le piante non riescono a elaborare sufficienti sostanze di riserva per assicurare nell'annata successiva, una abbondante emissione di turioni con caratteristiche quanti-

qualitative sufficienti, per cui l'impianto tende al depauperamento, oltre a predisporre maggiormente agli attacchi di *Fusarium*.

La durata del periodo di raccolta, quindi, deve essere attentamente programmata, in funzione dell'età dell'asparagiaia e dello sviluppo vegetativo raggiunto nel periodo estivo e in un'asparagiaia in piena produzione non si dovrebbero superare i 60 giorni di raccolta. Un valido parametro che indica il momento in cui risulta conveniente sospendere l'operazione è la diminuzione del calibro dei turioni. Nel caso di asparagiaie condotte seguendo le più attuali acquisizioni scientifiche e tecniche, la produzione varia da 3 a 6 t ha⁻¹ di turioni commerciabili, pari a 350-500 g/pianta, in relazione all'età delle stesse, al tipo del terreno, alla cultivar impiegata, alla densità prescelta e alle condizioni climatiche che si osservano durante il periodo di raccolta. Nelle zone più calde del Centro-Sud Italia, con clima mediterraneo, oltre ad ottenere una raccolta precoce è possibile prolungarne anche la durata, in quanto il periodo vegetativo della pianta nel complesso è più lungo e quindi è anche maggiore il tempo di accumulo di riserve nutritive. Al contrario, per la coltivazione in ambiente protetto (tunnel coperto con film plastico), è necessario ridurre il periodo di raccolta di almeno 2 settimane rispetto al pieno campo poiché il ritmo di emissione dei turioni è più accelerato.

La raccolta, nel periodo di produzione più caldo, viene effettuata giornalmente, nel meridione può avvenire anche due volte al giorno. L'asparago bianco deve essere raccolto appena spunta dal terreno o, meglio ancora, in un momento di poco antecedente, attraverso l'individuazione delle screpolature causate dal turione emergente sulla superficie dello stesso. La tempestività dell'operazione garantisce la totale colorazione bianca del prodotto. L'asparago viene reciso a una profondità di circa 0.25 m utilizzando un coltello speciale, detto sgorbia, che ne permette l'asporto senza creare danni alle altre gemme in accrescimento della zampa.

Produttività

Come già riportato, la temperatura è il fattore che maggiormente influisce sul ritmo d'emissione dei turioni. Un'umidità del terreno compresa tra il 30 e il 50% della capacità idrica massima facilita la trasmissione del calore e favorisce la mobilitazione delle sostanze di riserva. Infine per l'asparago verde e violetto l'allungamento del turione dopo l'emergenza è influenzato ovviamente anche dalla temperatura dell'aria (Falavigna e Palumbo, 2001).

La raccolta può essere divisa in tre fasi: nel periodo iniziale, della durata di dieci giorni, l'elemento limitante della produzione risulta la temperatura; nei trenta giorni successivi la quantità di turioni è determinata dalla capacità della cultivar di mobilitare le riserve per la differenziazione delle gemme; nella fase finale della raccolta, della durata di 20-25 giorni, il fattore limitante sembra essere dovuto alla carenza di sostanze di riserva che provoca riduzione del calibro dei turioni con conseguente contrazione della produzione areica.

Raccolta

Tra le voci di spesa che hanno maggior peso sulla gestione dell'asparagiaia la raccolta occupa uno dei primi posti. E' stato calcolato che il tempo medio impiegato da un operatore per effettuare la raccolta di un appezzamento di un ettaro è di circa 13 ore e, pertanto, considerato il numero delle raccolte nella stagione (mediamente da 55 a 65) si può dedurre che per tutte le raccolte e per la superficie di un ettaro saranno necessarie dalle 700 alle 850 ore lavorative. Per poter velocizzare questa operazione e conseguentemente abbassarne i costi sarebbe opportuno il ricorso alla meccanizzazione. Purtroppo l'asparago è una coltura che mal si presta a questo tipo di operazione in quanto presenta una forte scalarità e disomogeneità di maturazione del prodotto commerciale. Per ovviare a ciò sono state impiegate macchine agevolatrici con le quali si riesce ad aumentare il quantitativo di turioni raccolti nell'unità di tempo.

Per la raccolta di turioni verdi in serra-tunnel o su appezzamenti di medie dimensioni in pieno campo si utilizza spesso una macchina elettrica semovente guidata con due pedali dall'operatore in modo tale che abbia le mani libere per eseguire il taglio dei turioni. Per la raccolta di asparagi verdi o bianchi su appezzamenti di maggiori estensioni viene utilizzata una piattaforma d'acciaio larga 3-5 m sulla quale per ogni fila si dispone un operatore. La totale meccanizzazione dell'operazione di raccolta avviene solamente per il prodotto destinato all'industria di trasformazione (surgelati) ed in particolare è diffusa in Perù e Cina. Tali macchine sono costituite da una lama orizzontale che durante l'avanzamento provvede al taglio della totalità dei turioni emersi che vengono intercettati da un nastro sollevatore. La disomogeneità del prodotto così raccolto ne permette un impiego prevalentemente industriale, in quanto al consumo fresco possono essere esitati soltanto i turioni che presentano la lunghezza richiesta dal mercato.

Conservazione

Dopo la raccolta il turione presenta uno dei più alti tassi di respirazione tra i prodotti ortofrutticoli. Per tale motivo l'asparago esaurisce rapidamente gli zuccheri semplici disponibili e ricava poi l'energia necessaria dalla degradazione delle proteine. L'attività respiratoria è direttamente correlata alla produzione di etilene, che a sua volta, incrementa l'attività dell'enzima Phenil-alanina-ammonio-liasi (Pal). Questo enzima attiva la sintesi di molti composti fenolici tra cui la lignina, responsabile dell'aumento di fibrosità nel turione. Il tasso di respirazione è positivamente correlato con la concentrazione di ossigeno e inversamente con quello di anidride carbonica; tuttavia il fattore più importante è la temperatura. A 1-2 °C il processo respiratorio è talmente lento che, dopo due settimane, la qualità del turione rimane sostanzialmente invariata, mentre a 13 °C, dopo soli quattro giorni, la quantità di fibra aumenta del 4% rispetto al suo peso; a temperature più elevate il contenuto di fibra aumenta in modo esponenziale (Falavigna e Palumbo, 2001). Durante la permanenza degli asparagi a temperatura ambiente o in locali refrigerati (2-4°C) si rilevano perdite di principi nutritivi tra cui le più importanti riguardano le vitamine e gli zuccheri.

- *Vitamine.* Negli asparagi verdi il contenuto di vitamina C è compreso fra 33 e 100 mg/100 g di sostanza fresca, mentre nei bianchi la quantità è di norma inferiore e

compresa fra 10 e 40 mg/100 g (Fonte: INRAN). Le percentuali variano molto in relazione alle dimensioni degli asparagi e alla porzione di turione presa in esame: il contenuto più elevato si riscontra nella porzione apicale (primi 60 mm) e nei calibri più piccoli. Anche le altre vitamine quali, A e gruppo B (niacina, riboflavina e tiamina) sono più abbondanti nei turioni verdi e nelle porzioni apicali. Le dimensioni sono particolarmente importanti solo per il contenuto di vitamina A. Le vitamine diminuiscono rapidamente dopo la raccolta e le perdite aumentano all'aumentare della durata e della temperatura di conservazione. Tra le vitamine, l'acido ascorbico o vitamina C, oltre a essere presente in quantità maggiore, è un importante fattore di qualità e un valido indice di freschezza dei turioni, data la rapidità con cui diminuisce dopo la raccolta.

- *Zuccheri.* Gli zuccheri assumono una rilevante importanza in quanto concorrono, insieme all'aroma, a caratterizzare il sapore del turione e a determinare il giudizio del consumatore. Il contenuto può variare dall' 1.4 al 4.0% di prodotto fresco ed è rappresentato da fruttosio, glucosio e, in minor misura, saccarosio. Il glucosio e il fruttosio sono distribuiti in modo differente negli asparagi bianchi e verdi. Nei verdi i due zuccheri sono presenti in quantità decrescente dall'apice verso la base, mentre nei bianchi solo il contenuto di fruttosio è uguale in tutto il turione. La minore quantità di zucchero presente alla base del turione sarebbe da imputare all'alto contenuto di fibre. Il contenuto di zuccheri è influenzato dall'epoca di raccolta. Esso decresce col procedere delle raccolte e, alla fine, la riduzione è di circa il 50-60% del valore iniziale. Dopo la raccolta le perdite sono tanto maggiori quanto più elevata è la temperatura di conservazione e si riducono diminuendo la quantità di ossigeno (Crivelli, 2002).

Classificazione commerciale dei turioni

I turioni raccolti devono corrispondere a una delle categorie previste negli standard di qualità europei (regolamento CE 2377/99) e si dividono in quattro tipi: verdi, violetti, violetti-verdi, bianchi.

Le categorie commerciali, nelle quali devono essere classificati i turioni, sono: extra, prima e seconda. Il calibro minimo (sezione misurata a metà della lunghezza del turione) per la categoria extra è di 12 mm per gli asparagi bianchi e violetti e 10 mm per i verdi e i violetti-verdi; per la categoria prima di 10 mm per i turioni bianchi e violetti, e 6 mm per quelli verdi e violetti-verdi; per la categoria seconda di 8 mm per i turioni bianchi e violetti e 6 mm per gli altri. La calibrazione va attuata anche in funzione della lunghezza: per gli asparagi comunemente commercializzati (quelli lunghi) la lunghezza minima non può essere inferiore a 170 mm, mentre per gli asparagi corti la lunghezza deve essere compresa fra 120 e 170 mm. I turioni degli asparagi bianchi e violetti possono avere una lunghezza massima di 220 mm, quelli degli asparagi verdi e violetti-verdi di 270 mm.

I turioni devono presentare un aspetto fresco, con brattee ben serrate soprattutto nella parte apicale e il taglio deve essere perpendicolare all'asse longitudinale degli stessi. Per quanto riguarda la colorazione, i turioni di categoria extra devono essere o completamente verdi o bianchi con possibilità, nel caso di questi ultimi, di una lieve

Asparago: introduzione

colorazione rosa nella loro parte apicale. Nel caso di turioni verdi, appartengono alla prima categoria, soltanto quelli che presentano tale colore per l'80% della lunghezza e quelli bianchi possono presentare una leggera colorazione rosa sia all'apice che lungo la parte mediana; per la categoria seconda, gli asparagi verdi devono presentare tale colorazione su almeno il 60% della lunghezza mentre quelli bianchi possono presentare anche l'apice con una lieve colorazione verde, così come i violetti. Le confezioni in mazzi dovrebbero avere un peso prestabilito (con le opportune tolleranze) di 500, 750, 1.000 grammi e gli stessi rivestiti con carta o con un film plastico sui quali sarebbe opportuno riportare eventuali «marchi» ben identificabili oltre ad alcune informazioni relative alle zone di produzione e alle preparazioni culinarie (Piazza, 2002).

Produzioni tutelate

Attualmente in Italia le produzioni di asparago riconosciute con la qualifica DOP o IGP sono:

- Asparago Bianco di Bassano (DOP) Reg. CE n. 1050 del 12.09.07 (GUCE L. 240 del 13.09.07 in Veneto;
- Asparago Bianco di Cimadolmo (IGP) Reg. CE n. 245 del 08.02.02 (GUCE L. 39 del 09.02.02) in Veneto;
- Asparago Verde di Altedo (IGP) Reg. CE n. 492 del 18.03.03 (GUCE L. 73 del 19/03/03) in Emilia Romagna.

Oltre a queste, nell'ambito dell'Unione Europea si trovano: Marchfeldspargel IGP in Austria; Asperge des Sables des Landes IGP in Francia; Espárrago de Huétor-Tájar ed Espárrago de Navarra IGP in Spagna.

Importanza economica

In Italia la coltura dell'asparago è tipica delle aziende medio-piccole non specializzate, a conduzione diretta. La raccolta essendo effettuata in un periodo dell'anno libero da altre attività agricole (primavera) impegnava molte famiglie, permettendo un reddito certamente più elevato rispetto ad altre specie orticole. Questo tipo di asparagicoltura è tuttora presente in alcune aree tipiche (Bassano, Pianura Padana) dove l'asparago rappresenta una coltura di nicchia particolarmente pregiata. (Falavigna e Palumbo, 2001).

Negli ultimi trent'anni si sono verificate almeno tre condizioni socio-economiche che hanno determinato notevoli modificazioni: riduzione del numero degli operatori agricoli e loro progressivo invecchiamento; aumento del reddito medio della popolazione con conseguente allargamento del consumo di turioni; necessità di sostituire le grandi colture eccedentarie sempre meno remunerative. Si è affermata così un'asparagicoltura industriale su grandi superfici che ha in parte sostituito quella tradizionale delle piccole aziende diretto-coltivatrici. Il cambiamento è stato più marcato nelle aree più meridionali europee, cioè in Spagna, Grecia e Italia dove l'anticipata entrata in produzione primaverile e il lungo periodo vegetativo consentono, tra l'altro, rispettivamente, più elevati prezzi di mercato e maggiori produzioni unitarie. (Falavigna e Palumbo, 2001).

ANNO	Sup. coltivata (ha)	Produzione tot. (t)
2001	1.366	7146
2002	1.373	7436
2003	1.469	8114
2004	1.702	8876
2005	1.602	10432
2006	1.526	9806
2007	1.712	9490

Tabella 1- Variazione delle superfici coltivate (ha) e della produzione totale (t) di turioni in Veneto dal 2001 al 2007. (Fonte: ISTAT)

bianchi e il 25% per quelli verdi. L'Italia, con 6.400 ettari e 41.000 tonnellate, occupa il terzo posto in termini assoluti dopo Germania (16.700 ettari, 72.500 tonnellate) e Spagna (12.000 ettari, 47.600 tonnellate), ma ricopre la prima posizione per la produzione di turioni verdi che rappresentano circa l'80% del totale (Falavigna, 2007). In Italia le regioni maggiormente interessate alla coltura dell'asparago bianco sono: Campania (1.304 ha, 12.300 t), Veneto (1.550 ha, 9.800 t), Puglia (1.020 ha, 6.750 t) ed Emilia Romagna (930 ha, 5.463 t). I turioni bianchi sono prodotti e consumati prevalentemente nel nord-est (Veneto, Friuli Venezia Giulia e Trentino Alto Adige).

A livello mondiale l'asparago è coltivato in 60 Paesi con clima compreso tra temperato e tropicale, che forniscono turioni durante tutto l'arco dell'anno. Considerando reali i dati della Cina pari a 75.000 ha e produzioni di circa 625.000 t, complessivamente sono coltivati ad asparago 216.000 ha che forniscono 1.386.000 t (dati Fao 2006). I principali Paesi produttori, oltre la Cina, sono Usa (118.000 t), Perù (190.000 t) e Messico (67.000 t). Nel periodo 2000-2004 la produzione mondiale di turioni è rimasta sostanzialmente stabile, ma si è spostata verso la parte orientale dell'emisfero Nord a causa dell'enorme espansione in Cina.

Secondo i dati forniti dall'ISTAT (Tab. 1) si osserva che la coltura dell'asparago dal 2001 al 2007 nel Veneto ha avuto un leggero incremento in termini di superficie coltivata e produzione (<http://www.istat.it/agricoltura/datiagri/coltivazioni>).

Attualmente in Europa la coltura investe circa 61.000 ettari, il 75% dei quali per la produzione di turioni

PROVA 1 - ASPARAGO BIANCO

RIASSUNTO

L'asparago è un ortaggio molto conosciuto nel Veneto soprattutto nelle aree di Bassano, Cimadolmo e Codevigo dove è considerato un prodotto tipico di queste zone. Negli ultimi anni le esigenze del mercato per soddisfare le richieste del consumatore sono diventate sempre più spinte dal punto di vista qualitativo, particolarmente nei confronti della salubrità e delle caratteristiche nutrizionali e salutistiche degli alimenti. Per quanto riguarda l'asparago bianco, le informazioni relative a questi aspetti risultano molto modeste e pertanto si è ritenuto opportuno impostare una prova per valutare il contenuto di nitrati, nitriti, antiossidanti e polifenoli presenti nel turione delle varietà maggiormente coltivate a livello regionale.

Le analisi qualitative in turioni bianchi sono state effettuate nel 2008 presso il Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali dell'Università degli Studi di Padova su materiale proveniente dal Centro Sperimentale Ortofloricolo "Po di Tramontana" di Veneto Agricoltura, sito a Rosolina in provincia di Rovigo (45° 4' N–12° 14'E). In questo Centro Sperimentale, infatti, dal 2005 è in corso una prova di confronto varietale tra 31 ibridi di asparago. Nell'ambito di questi si sono prese in esame le tre varietà di asparago per la produzione di turione bianco più coltivate nella Regione: "Eros", e "Zeno" di origine italiana e "Grolim" di provenienza olandese. Durante la fase di raccolta dei turioni, avvenuta nel mese di Aprile, sono stati eseguiti tre prelievi di campioni in data 15/4, 22/4 e 29/4 contraddistinti con R1, R2, R3 rispettivamente. Una volta raccolti, i turioni sono stati calibrati, lavati e posti a temperatura di 4 °C per conservarli al meglio fino al rilievo distruttivo effettuato il giorno seguente. In questo momento si sono prelevati i turioni di categoria extra ($\varnothing > 16$ mm) da destinare alle analisi qualitative che sono stati pesati e successivamente recisi a 220 mm dall'apice in modo da separare la quota di scarto da quella commerciabile. Quest'ultima frazione è stata tagliata perpendicolarmente all'asse longitudinale al fine di ricavare tre parti uguali che permettono di valutare eventuali variazioni delle caratteristiche qualitative passando dall'apice alla parte basale.

I risultati ottenuti in questa esperienza hanno messo in luce che la cultivar *Grolim* ha presentato il maggior peso di turioni e la percentuale di sostanza secca più elevata; quest'ultimo aspetto ha espresso in tutte le varietà i livelli più alti nella parte apicale per la notevole presenza di brattee. La determinazione del contenuto di antiossidanti e polifenoli ha evidenziato che la parte apicale è quella dove sono più concentrati e *Grolim* ha presentato le risposte più elevate. Tale comportamento è giustificato dalla maggiore esposizione della zona apicale a situazioni di stress dovute all'accrescimento del turione nel terreno fino all'emergenza, che determinano un incremento degli inibitori dell'ossidazione sintetizzate dalla pianta. Il contenuto di nitrati e nitriti, seppur con differenze tra le varietà, è risultato molto basso ed ha evidenziato una tendenziale diminuzione per i primi passando dalla base all'apice, mentre per i secondi il decremento è risultato dall'apice alla base.

SUMMARY

The asparagus is a well known vegetable in Veneto, especially in those areas (Bassano and the Pianura Padana) where it is considered a typical product. In the last years the market and singles consumers are increasingly asking for qualitative food, especially regarding healthy and nourishing food features. Concerning the white asparagus, few analysis and evaluations were made in the past years. This was the main reason to conceive a test, an analysis which aimed to evaluate the contents of nitrates, nitrites, antioxidants and polyphenols contained in the spear of the regional varieties.

Qualitative tests on white asparagus stems were realized in 2008 at the Department of environmental Agronomy and Vegetal Productions (University of Padua), considering material coming from the Experimental Flower and Vegetable Centre “Po di Tramontana” located in Rosolina -RO- (45° 4' N- 12° 14'E). Since 2005, 31 hybrids of white asparagus have been compared in this centre: the most examined Italian varieties have been “*Eros*” and “*Zeno*” together with the Dutch one “*Grolim*”.

After the picking stage occurred in April, three harvests were performed on 15/4, 22/4 and 29/4, each of them named R1, R2, R3 respectively. Later the spears were cut, washed, and left at the temperature of 4°C, in order to keep them fresh after the picking. The day after, only extra stems were selected (Ø 16mm) for the qualitative tests: they were weighed and cut 220 mm from the apex, dividing the discard portion from the good one. Then they were cut horizontally in three equal parts and diced, in order to evaluate the expected qualitative variations from the apex to the basis.

The results confirm that “*Grolim*” shows heavier stems and the higher percentage of dried substance. It has also demonstrated in all types of varieties the higher levels of dried substance in the apex, probably due to the great presence of bracts. Asparagus also indicates low contents of nitrates and nitrites, showing a decrease of nitrates from the basis to the apex, while nitrites decrease from the apex to the basis. About antioxidants and phenols content, the test has pointed out a concentration of them at the top, especially in the “*Grolim*” variety. This result is probably due to stress. In fact when plants are overstressed, they try to overcome this unpleasant condition by producing more antioxidants, as apex is embedded, during its emerging effort, it products oxidation depressors.

MATERIALI E METODI

La prova è stata condotta nel 2008 presso il Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali dell'Università degli Studi di Padova su materiale proveniente dal Centro Sperimentale Ortofloricolo "Po di Tramontana" di Veneto Agricoltura, sito a Rosolina in Provincia di Rovigo (45° 4'N – 12° 14'E).

Presso tale Centro Sperimentale, infatti, dal 2005 è in corso una prova di confronto varietale su schema distributivo a blocchi randomizzati con tre ripetizioni e parcelle di 15 m² tra 31 ibridi di asparago il cui elenco è riportato nella tabella 2.

L'ambiente di coltivazione è caratterizzato da terreno prevalentemente sciolto, con una forte presenza di sabbia, idoneo alla coltivazione di specie orticole, molto diffuse nelle zone limitrofe. La superficie destinata al complesso della prova, è pari a 1545 m² (30.0 x 51.5 m) e il sesto d'impianto ha previsto file semplici con interfila di 2.50 m. La coltivazione è iniziata con il trapianto di zampe distanti sulla fila di 0.3 m in modo da ricavare una densità di 1.3 piante m⁻² che ha portato ad ottenere 20 piante/parcella.

Per le analisi qualitative si sono prese in esame le tre cultivar di asparago bianco più coltivate in Veneto: "Eros", e "Zeno" di origine italiana e "Grolim" di provenienza olandese.

Eros è una varietà a maturazione medio-precoce, adatta alle zone climatiche del Centro Nord Italia. Si tratta di un ibrido maschile dotato di elevata produttività per ettaro, con turioni di buona colorazione antocianinica e pezzatura grossa molto regolare; viene coltivato in pieno campo e in ambiente protetto, con prevalente destinazione al mercato fresco ma anche all'industria. È considerato adatto anche per le produzioni di asparago verde e possiede una buona resistenza alla sfioritura e alla ruggine, per questo può essere adatto anche in coltivazione biologica (www.raggivivai.it).

Zeno è un ibrido che può essere impiegato sia per la produzione di turioni verdi che bianchi e in relazione alla sua notevole precocità può essere sottoposto a forzatura, producendo turioni di buona qualità con punta ben serrata e perfettamente bianca e di calibro tendenzialmente "extra". Questo ibrido, inoltre, già adattato al clima della Pianura Padana, presenta un migliore accrescimento vegetativo al termine delle raccolte rispetto ai concorrenti olandesi, che sembrano risentire maggiormente dello stress dovuto alla raccolta (Falavigna e Palumbo, 2001).

Grolim è varietà di buona produttività, caratterizzata da piante aperte, con fogliame di color verde intenso, poco suscettibile a *Botritis* e perciò adatto a coltivazioni biologiche. La produzione è caratterizzata da turioni di grosso calibro e di ottima qualità e la coltivazione può essere praticata sia per ottenere asparago bianco che verde (www.vivaimazzoni.it).

La raccolta dei turioni che avevano raggiunto la lunghezza commerciale è iniziata il 7/4 e si è protratta fino al 29/4. In questo periodo, in tre momenti successivi corrispondenti al 15/4, 22/4 e 29/4 e contraddistinti con R1, R2 e R3 rispettivamente, dal totale raccolto, sono stati separati i turioni di categoria extra ($\varnothing > 16\text{mm}$). Subito dopo la raccolta tutti i turioni sono stati posti in una cella frigorifera a 4°C per conservarli al meglio fino al giorno successivo quando si è provveduto al rilievo distruttivo dopo aver separato i turioni di categoria extra da destinare alle analisi qualitative. Questi sono stati lavati, pesati e recisi a 220 mm dall'apice in modo da separare la quota di scarto da

quella commerciabile (Fig. 4). Quest'ultima frazione è stata, nello stesso tempo, tagliata perpendicolarmente all'asse longitudinale per ricavare tre parti uguali (apicale, intermedia e basale) al fine di poter valutare eventuali variazioni delle caratteristiche qualitative passando dall'apice alla parte basale unitamente allo scarto (Fig. 5).

Complessivamente, da ogni turione sono state ottenute 4 porzioni rappresentate da:

- parte apicale
- parte intermedia
- parte basale
- scarto

Ciascun campione è stato tagliato a rondelle spesse 10 mm e, successivamente, una parte è stata destinata all'ottenimento della sostanza secca in stufa ventilata a 65 °C e la quota rimanente è stata immediatamente surgelata in freezer a -80 °C per essere destinata in un secondo momento alle analisi che, oltre alla consueta rilevazione del peso fresco e secco di ciascuna porzione, hanno riguardato la determinazione di:

- capacità antiossidativa totale (CAT);
- fenoli totali (FT);
- nitrati (NO₃);
- nitriti (NO₂).

Le metodiche seguite per le analisi qualitative sono state riportate in precedenza (Pagg. 54-55-78).

Si sono pertanto sottoposte all'ANOVA 36 tesi elementari ottenute dalla combinazione fattoriale di 3 cultivar (*Eros*, *Zeno* e *Grolim*) x 3 epoche di raccolta (R1, R2, R3) x 4 porzioni di turione (apicale, intermedia, basale e scarto).

Andamento meteorologico

I dati relativi alle temperature dell'aria (a 2 m) e del suolo (a 0.0 e -0.1 m), dell'U.R. e delle precipitazioni piovose per il periodo di prova sono stati rilevati nella stazione agrometeorologica dell'ARPAV (Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto) presente presso il Centro Sperimentale "Po di Tramontana".

Per quanto riguarda le temperature massime dell'aria (Fig. 6), i valori registrati nel corso della prova sono stati inferiori a 14°C fino al 25 marzo, successivamente si è osservato un netto aumento dei livelli termici che, negli ultimi giorni di aprile, si sono portati attorno a 20°C. Nei confronti delle temperature minime invece, ad eccezione di un lieve calo avvenuto intorno al 20 marzo, i valori sono oscillati tra 4 e 6°C fino al 5 aprile per poi salire a circa 10°C fino alla conclusione della prova. I livelli termici registrati nel terreno sulla superficie 0.0 m e -0.1 m (Fig. 7), ad eccezione del 20 marzo, hanno presentato un andamento sempre crescente discostandosi mediamente tra loro di circa un grado. I dati relativi alle precipitazioni piovose (Fig. 8) hanno messo in luce che il periodo di prova è stato caratterizzato da buona piovosità (123.4 mm) e gli eventi

Asparago: prova 1

piovosi più consistenti si sono verificati nei primi giorni di marzo oltre che dal 15 al 20 aprile. Nei confronti dell'U.R., sempre dalla stessa figura appare che i valori massimi si sono sempre collocati intorno al 100% mentre, per quanto riguarda quelli minimi, si sono osservate risposte più eterogenee che hanno seguito la distribuzione e la quantità delle piogge.

RISULTATI

Dati produttivi

L'analisi delle raccolte ha messo in evidenza (Fig. 9) che la varietà olandese *Grolim* ha fornito turioni più pesanti (48.6 g) nei confronti delle varietà italiane *Eros* e *Zeno* rispettivamente con 45.6 e 38.8 g. Le epoche di raccolta (Fig. 10) hanno consentito di osservare un incremento (18.3%) del peso medio dei turioni passando da R1 a R3. *Eros* e *Zeno* da R1 a R2 (Fig. 11) hanno seguito un andamento crescente a differenza di *Grolim* che è rimasta quasi costante, in seguito tutte le cultivar hanno incrementato il peso dei turioni (interazione "epoche di raccolta x varietà").

Sostanza secca

La concentrazione di sostanza secca (%) ha evidenziato che, nell'ambito delle varietà di asparago impiegate nella prova, (Fig. 12) *Grolim* ha espresso valori (7.5%) di poco superiori nei confronti di *Eros*, mentre lo scostamento è parso più consistente con *Zeno* che comunque ha manifestato percentuale di sostanza secca superiore al 7%. Nei confronti delle epoche di raccolta (Fig. 13) la percentuale di s.s. pur oscillando tra l'8 e il 6%, si è leggermente ridotta passando da R1 a R3, in particolare l'intervento del 29 aprile si è statisticamente differenziato dai precedenti con il 6.8%.

Per quanto riguarda la suddivisione del turione, dalla figura 14 appare che la parte apicale è stata caratterizzata dalla maggiore concentrazione di s.s. (8.7%) seguita dallo scarto (7.2%), dalla base (6.8%) e dalla parte intermedia che, con il 6.5% ha espresso il valore più modesto. Le interazioni relative a questo parametro non sono risultate statisticamente significative.

Capacità antiossidativa totale

Capacità antiossidativa totale sul peso fresco

La capacità antiossidativa totale su peso fresco espressa in mg Fe²⁺E kg⁻¹ (Fig. 15) ha messo in evidenza che le cultivar *Eros* e *Zeno* rispettivamente con 799 e 770 mg Fe²⁺E kg⁻¹ non hanno differenziato i valori tra loro mentre *Grolim* con 891 mg Fe²⁺E kg⁻¹ si è distinto con la CAT maggiore.

Nella figura 16 è possibile notare che la quantità di antiossidanti si è mantenuta su livelli costanti tra R1 (784 mg Fe²⁺E kg⁻¹) e R2 (782 mg Fe²⁺E kg⁻¹), per poi aumentare del 14% in R3 rispetto a R2. La parte di turione (Fig. 17) maggiormente interessata è stata quella apicale con 1621 mg Fe²⁺E kg⁻¹ seguita dalla intermedia (649 mg Fe²⁺E kg⁻¹). Significativamente più bassi sono parsi i valori riscontrati nello scarto e nella quota basale della parte commerciabile del turione. *Grolim* si è attestato su valori superiori a *Eros* e *Zeno* in R1 (Fig. 18), in seguito, invece, ha subito un decremento in R2 per poi incrementare nuovamente la CAT. Tale risposta non si è verificata per *Zeno* che ha sempre presentato aumenti della CAT da R1 a R3. Andamento ancora diverso si è riscontrato per *Eros* che, dopo un iniziale incremento da R1 a R2 ha presentato una contrazione dei valori in corrispondenza dell'ultima raccolta. Le risposte diversificate

delle cultivar in relazione alle epoche di raccolta giustificano la significatività dell'interazione "epoche di raccolta x varietà". Si è osservato inoltre (Fig. 19) che la parte apicale ha presentato in tutte le cultivar il maggior accumulo di antiossidanti. In particolare la cv *Grolim* si è sempre dimostrata superiore alle altre ad eccezione dello scarto dove *Eros* ha presentato valori di CAT non diversi. Le epoche di raccolta in relazione alle parti di turione (Fig. 20) hanno messo in luce ancora una volta che la parte apicale è stata quella che ha espresso le risposte più elevate, mentre le restanti parti non si sono discostate tra loro ed hanno evidenziato un leggero incremento della CAT passando da R1 a R3.

Capacità antiossidativa totale sul peso secco

Il contenuto di antiossidanti sul peso secco ha mostrato (Fig. 21) che le varietà italiane si sono attestate su valori inferiori a quella olandese che è stata caratterizzata da CAT superiore del 13.2% e del 22.6% nei confronti di *Eros* e *Zeno* rispettivamente. Nella figura 22, relativa alle epoche di raccolta, si è riscontrato che da R1 a R3 il quantitativo di antiossidanti non è variato ed è risultato di poco superiore a 6000 mg Fe²⁺E kg⁻¹. L'analisi delle parti di turione (Fig. 23) ha messo in evidenza che la parte apicale, con 14131 mg Fe²⁺E kg⁻¹ è stata quella maggiormente caratterizzata dalla CAT. Le porzioni sottostanti, pur mantenendo valori contenuti, hanno presentato un apparente incremento fino alla parte intermedia. La cultivar olandese ha manifestato una riduzione dei valori da R1 a R2 (Fig. 24) per poi mantenerli non diversi fino a R3. Risposte discordanti si sono osservate con *Eros* e *Zeno* che, dopo un leggero incremento da R1 a R2, hanno evidenziato un incremento in R3 da parte della cv *Zeno* e una contrazione per *Eros*.

Le parti di turione in relazione alle varietà (Fig. 25) hanno messo in evidenza che, in tutte le cultivar, la CAT più consistente si è riscontrata nella zona apicale, dove *Grolim* si è distinto da *Eros* e *Zeno*, mentre nelle rimanenti parti di turione la CAT è stata molto più ridotta con valori che soltanto nella parte intermedia hanno superato i 4000 mg Fe²⁺E kg⁻¹ in *Grolim*. La parte apicale (Fig. 26) si è confermata essere la più dotata di CAT, anche se ha manifestato un decremento del 15.7% da R1 a R3. Molto più modesti sono parsi i valori delle altre parti di turione che si sono attestati intorno ai 4000 mg Fe²⁺E kg⁻¹ senza scostamenti di rilievo nell'ambito del periodo di raccolta.

Fenoli totali

Contenuto di fenoli totali sul peso fresco

La determinazione dei fenoli totali (FT) ha evidenziato (Fig. 27) che *Eros* con 80.9 mg GAE kg⁻¹ e *Zeno* con 79.2 mg GAE kg⁻¹ hanno presentato quantitativi di FT inferiori a *Grolim* (91.8 mg GAE kg⁻¹) che si è discostato del 13.5% rispetto a *Eros* e del 15.9% da *Zeno*. Le raccolte (Fig. 28) hanno messo in evidenza un andamento decrescente di questi composti soprattutto da R1 a R2, dove si è riscontrata una contrazione del 12.3%. Le parti di asparago esaminate (Fig. 29), analogamente a quanto verificato per la CAT, hanno espresso i risultati migliori nella parte apicale del turione (155 mg GAE kg⁻¹) mentre le altre hanno manifestato valori di poco superiori a 50 mg GAE kg⁻¹. Dalla figura 30 appare che le cultivar italiane hanno esibito andamenti diversificati nei tre

momenti di raccolta a giustificazione dell'interazione "epoche di raccolta x varietà". Infatti per *Eros* i FT si sono ridotti da R1 a R3 mentre, per *Zeno*, inizialmente costante, i FT sono incrementati da R2 a R3; *Grolim* ha sempre presentato risposte decrescenti da R1 a R3. Le parti di turione in relazione alle varietà (Fig. 31) hanno evidenziato che quella apicale ha presentato più FT in tutte le varietà rispetto alle parti sottostanti che sono rimaste sostanzialmente costanti. Inoltre per quanto riguarda la parte basale *Eros* ha espresso il quantitativo più elevato di FT contrariamente alle altre porzioni in cui *Grolim* è prevalso.

Contenuto di fenoli totali sul peso secco

Il contenuto di FT ha mostrato che *Grolim* ha espresso il quantitativo più consistente (731 mg GAE kg⁻¹) (Fig. 32), mentre le varietà italiane *Eros* con 627 mg GAE kg⁻¹ e *Zeno* con 593 mg GAE kg⁻¹ non si sono differenziate tra loro, mantenendo i valori su livelli significativamente inferiori. Le epoche di raccolta (Fig. 33) hanno evidenziato che il quantitativo di FT è diminuito costantemente da R1 a R3 con valori intorno al 14% e, nei confronti delle parti di turione (Fig. 34), l'apice (1359 mg GAE kg⁻¹) è stato il più dotato di FT con uno scostamento medio intorno al 68% nei confronti di tutte le altre parti. Le cv *Grolim* ed *Eros* hanno manifestato un andamento decrescente da R1 a R3 (Fig. 35), mentre *Zeno* ha fornito valori sostanzialmente costanti durante l'intero ciclo produttivo.

Le parti di turione hanno interagito significativamente con le cultivar (Fig. 36) mostrando ancora una volta che la parte apicale in tutte le varietà esaminate ha avuto maggior accumulo di FT e la cultivar *Grolim*, ad eccezione della parte basale, ha sempre espresso le maggiori concentrazioni. Il contenuto di FT nelle parti di turione ha manifestato risposte diverse nell'ambito delle epoche di raccolta, infatti, come appare dalla figura 37, nella zona apicale, che ha sempre espresso i valori più elevati, questi hanno subito una depressione continua e consistente passando da R1 a R3, mentre nelle rimanenti parti di turione i valori non hanno manifestato alcun apprezzabile scostamento.

Nitrati

Contenuto di nitrati sul peso fresco

Nei confronti dei nitrati (NO₃) (Fig. 38) la varietà *Grolim* non si è diversificata da *Zeno*, mentre *Eros* con 109 mg kg⁻¹ ha fornito i valori più bassi con un decremento del 43.8% rispetto a *Zeno* (194 mg kg⁻¹). L'epoca di raccolta (Fig. 39) ha influito notevolmente sul contenuto di nitrati, infatti da R1 a R2, la contrazione è stata pari al 49% per poi scendere ancora da R2 a R3 del 23.6%. Nella parte commerciabile del turione (Fig. 40) i NO₃ hanno manifestato un apparente decremento del 30% a partire dalla base (196 mg kg⁻¹) all'apice (137 mg kg⁻¹) della parte commerciabile del turione. Per le cultivar considerate i NO₃ hanno seguito un andamento decrescente da R1 a R2 (Fig. 41) con una riduzione più marcata nella varietà *Grolim*. Passando poi da R2 a R3 i NO₃, nelle due cultivar italiane (*Eros* e *Zeno*), hanno continuato a decrescere mentre in *Grolim* sono aumentati a giustificazione dell'interazione "epoche di raccolta x varietà".

Nell'ambito delle parti del turione intero (Fig. 42), *Zeno* ha fornito le risposte più elevate nella porzione di scarto, basale e intermedia, mentre in quella apicale si è distinto *Grolim* seguito da *Eros*. Durante il periodo di raccolta (Fig. 43) le parti di asparago hanno presentato quantitativi di NO₃ molto diversificati. Da R1 a R2 in tutte le porzioni si è assistito ad un generale decremento dei valori, più marcato nella parte basale; in seguito (R2-R3), tale comportamento è persistito ad eccezione della parte apicale che è sensibilmente aumentata raggiungendo la concentrazione maggiore pari a 154.9 mg kg⁻¹.

Contenuto di nitrati sul peso secco

Per quanto riguarda il contenuto di nitrati nel turione intero (Fig. 44) *Zeno* e *Grolim* hanno espresso il quantitativo più elevato con 2842 e 2505 mg kg⁻¹ rispettivamente. *Eros*, invece, con 1497 mg kg⁻¹ ha presentato il contenuto inferiore con un decremento del 47.3% rispetto a *Zeno*. Nell'ambito delle epoche di raccolta (Fig. 45) passando da R1 (3518 mg kg⁻¹) a R2 (1839 mg kg⁻¹) si è osservata una notevole riduzione (48.0%) mentre da R2 a R3 la contrazione è stata meno marcata (19%).

L'analisi delle parti di turione (Fig. 46) ha evidenziato una significativa diminuzione del contenuto di NO₃ pari al 44.4% sulla quota commerciabile passando dalla base all'apice. Tale diminuzione, non molto consistente dalla parte basale a quella intermedia, è risultata più evidente da quest'ultima (2608 mg kg⁻¹) a quella apicale (1602 mg kg⁻¹) con decremento del 38.5%. Durante il periodo di raccolta le varietà italiane (Fig. 47) seppur con diversa intensità, hanno sempre presentato una contrazione dei valori da R1 a R3; la cultivar olandese, invece, ha manifestato un marcato decremento pari al 68.7% da R1 a R2 e successivamente un incremento del 58.9% raggiungendo i 2760 mg kg⁻¹ all'ultima raccolta.

Nella figura 48 sono evidenti le diverse risposte delle parti di turioni delle cultivar in prova al contenuto di nitrati, infatti, *Zeno* ha presentato il quantitativo maggiore nello scarto, base e parte intermedia, mentre *Grolim* ha espresso la concentrazione più elevata nella zona apicale; *Eros* invece, ha sempre manifestato i valori più ridotti rispetto alle altre cultivar anche se nella parte basale la differenza nei confronti di *Grolim* è stata molto modesta. Anche nei confronti delle concentrazioni di nitrati le parti di turione hanno manifestato quantitativi diversi in relazione all'epoca di raccolta (interazione "epoche di raccolta x parti di turione") (Fig. 49). In questo caso, infatti, appare evidente la generale contrazione dei valori tra R1 e R2 che, nel caso della parte basale, è risultata molto marcata (67.5%). In seguito (R2 e R3) la concentrazione di NO₃ della porzione basale e dello scarto è ulteriormente diminuita attestandosi su 1043 e 577 mg kg⁻¹ rispettivamente. Nella zona apicale, invece, il quantitativo di NO₃ è aumentato in R3 del 52.2% superando i 2000 mg kg⁻¹ di poco inferiore al contenuto della intermedia che da R2 a R3 è rimasta costante (2333 mg kg⁻¹).

Nitriti

Contenuto di nitriti sul peso fresco

In questo caso vengono riportati soltanto gli effetti principali in quanto le interazioni “epoche di raccolta x varietà”, “parti di turione x varietà” ed “epoche di raccolta x parti di turione” non sono risultate significative all’ANOVA. Il contenuto di nitriti (NO_2) (Fig. 50) non si è differenziato significativamente nell’ambito delle cultivar posizionandosi intorno a 1.5 mg kg^{-1} . Nei confronti delle epoche di raccolta (Fig. 51), R2 ha evidenziato i valori apparentemente più elevati (1.85 mg kg^{-1}) discostandosi da R1 ed R3 rispettivamente del 27.5 e 33%. Per quanto riguarda la suddivisione del turione nelle diverse parti (Fig. 52) si è osservato che, nei confronti della quota commerciabile i quantitativi di NO_2 , anche se non confermato dal test statistico, sono aumentati del 42.7% passando dalla base all’apice. Quest’ultima porzione inoltre si è di poco discostata dallo scarto che ha presentato 1.73 mg kg^{-1} .

Contenuto di nitriti sul peso secco

In questo caso vengono riportati soltanto gli effetti principali in quanto le interazioni “epoche di raccolta x varietà”, “parti di turione x varietà” ed “epoche di raccolta x parti di turione” non sono risultate significative all’ANOVA. Il contenuto di NO_2 espresso sul peso secco del turione intero (Fig. 53) non ha presentato differenze significative per le tre varietà coinvolte. Tuttavia a differenza della cultivar olandese quelle di origine italiana hanno espresso valori di poco superiori a 20 mg kg^{-1} .

Durante il periodo della raccolta (Fig. 54) il contenuto di nitriti pur non presentando valori statisticamente diversi ha evidenziato un picco in R2 (25.4 mg kg^{-1}); in particolare si è osservato un incremento del 47.6% passando da R1 a R2 con una successiva contrazione pari al 26.7% da R2 a R3. Nei confronti delle parti di turione (Fig. 55) la concentrazione di nitriti ha mostrato un apparante aumento passando dalla base alla parte apicale (15.5 e 21.0 mg kg^{-1}).

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I dati produttivi registrati durante la prova hanno messo in evidenza che la varietà olandese *Grolim* ha presentato i turioni di peso maggiore rispetto alle due varietà italiane (*Eros* e *Zeno*). Questa caratteristica osservata in *Grolim* è confermata da quanto riferito in bibliografia (www.vivaimazzoni.it). Nei confronti delle epoche di raccolta si è osservato un tendenziale incremento ponderale dei turioni con il protrarsi delle raccolte dovuto verosimilmente alle favorevoli caratteristiche fisiche del suolo, oltre che all'aumento della sua temperatura che, durante il periodo della raccolta, è passata da 12.5 °C fino a 14 °C.

Un ulteriore aspetto che permette di giustificare tale risposta può essere attribuito al fatto che in questo primo anno di raccolta il numero degli interventi è stato volutamente molto ridotto interessando soltanto i primi turioni prodotti al fine di evitare danni futuri alla giovane asparagiaia.

La determinazione della sostanza secca non ha presentato marcate differenze tra le cultivar mentre nell'ambito degli interventi di raccolta la sostanza secca, seppur di poco, è diminuita da R2 a R3. Tale risposta è da imputare prevalentemente all'innalzamento dei valori termici stagionali che determinano un incremento della velocità di emergenza dei germogli con conseguente riduzione del contenuto di sostanza secca. Nella quota commerciabile del turione si è distinta la parte apicale con la maggiore concentrazione di s.s. seguita dalla base e dalla frazione intermedia. L'elevata percentuale di sostanza secca riscontrata nella zona apicale è verosimilmente dovuta alla notevole presenza di foglie bratteali, dotate di tessuti poco idratati e più lignificati che innalzano il contenuto di s.s. molto ridotto alla base e nella frazione intermedia.

Per quanto riguarda le analisi chimiche si è osservato che il contenuto di nitrati (NO_3) espresso sul peso secco e fresco è stato più elevato nella cv *Zeno* seguito da *Grolim* ed *Eros*. Nel periodo delle raccolte, inoltre, da R1 a R2 si è registrata una sostanziale diminuzione di NO_3 dovuta principalmente all'enzima nitrato-riduttasi che nel primo periodo degrada più lentamente rispetto alle ultime raccolte a causa dei bassi livelli termici. Tale comportamento è collegato a quanto riscontrato per i nitriti che da R1 a R2 hanno presentato incremento verosimilmente dovuto all'attività della nitrato riduttasi (Ruoli e Rameshwar, 1999).

Osservando il contenuto di NO_3 nelle diverse parti di turione si è evidenziato un gradiente decrescente di concentrazione passando dalla base all'apice tale risposta non stupisce poiché la presenza di nitrati nelle zone più vascolarizzate è stata già descritta in precedenza (Santamaria, 1999). Dai risultati ottenuti è possibile affermare che l'asparago, con un quantitativo medio di NO_3 e NO_2 pari a 16.2 mg e 0.14 mg su 100 g di p.f. rispettivamente, è abbondantemente al di sotto dell'ADI imposto (Ketsa *et al.*, 1987; Papadopoulou *et al.*, 2003; Santamaria, 2006). Infatti l'European Commission's Scientific Committee on Food (SCF) ha stabilito il limite giornaliero di 3.7 mg kg^{-1} di peso corporeo per i NO_3 e di 0.07 mg kg^{-1} per i NO_2 . Conseguentemente i valori medi ricavati per 100 g di asparagi crudi rappresentano rispettivamente il 6.23 e 3.33% dei limiti imposti per una persona di 70 kg. Considerato che l'asparago viene consumato normalmente dopo cottura, è verosimile che tali percentuali possano subire riduzioni più o meno consistenti.

Nei confronti della capacità antiossidativa totale, i quantitativi più elevati riscontrati nelle varietà analizzate sono stati rilevati in *Grolim* seguito da *Zeno* e *Eros* e tale parametro non è stato sostanzialmente influenzato dalle epoche di raccolta. Nell'ambito delle parti di turione, invece, analogamente a quanto riscontrato da Papadopoulou *et al.* (2003) quella apicale è stata la più dotata di tali composti. Ciò è verosimilmente dovuto al fatto che la zona apicale subisce i maggiori stress durante l'emergenza dal terreno incontrando difficoltà di tipo meccanico (attrito). A tale considerazione la pianta produce antiossidanti per difendersi come affermato da Shao *et al.* nel 2008. Il contenuto di polifenoli, invece, si è leggermente ridotto contrariamente a quanto verificato da Papadopoulou *et al.* nel 2002.

Concludendo è possibile affermare che:

- *Grolim* è stata la varietà con i turioni più pesanti e durante le epoche di raccolta si è assistito ad un incremento del loro peso;
- nei turioni della stessa cultivar si è riscontrato il maggiore contenuto di s.s. che, nel corso delle raccolte, ha evidenziato un decremento e la concentrazione maggiore si è verificata nella parte apicale seguita da quella basale e intermedia;
- il contenuto di nitrati e nitriti riscontrato nelle cultivar ha messo in luce che *Grolim* e *Zeno* hanno presentato i valori più elevati di NO₃ mentre per i NO₂ non si sono osservate sostanziali differenze tra le cultivar esaminate. La quota commerciabile del turione, nei confronti del contenuto di NO₃, ha mostrato un gradiente apparentemente decrescente passando dalla base all'apice, mentre per i nitriti si è registrato un comportamento opposto;
- per quanto riguarda gli antiossidanti e polifenoli, *Grolim* ha presentato turioni con il maggior contenuto di entrambi i componenti. La parte apicale si è drasticamente diversificata dalle altre presentando quantitativi fino a tre volte superiori. Per quanto riguarda i polifenoli, essendo anch'essi componenti ad azione antiossidativa, hanno fornito seppur con intensità diversa risposte analoghe a quelle della capacità antiossidativa totale. Nell'ambito delle epoche di raccolta non si sono evidenziate particolari variazioni passando da R1 a R3.

PROVA 2 - ASPARAGO VERDE

RIASSUNTO

L'asparago è un ortaggio molto conosciuto nel Veneto soprattutto nelle aree di Bassano, Cimadolmo e Codevigo dove è considerato un prodotto tipico. Negli ultimi anni le esigenze del mercato per soddisfare le richieste del consumatore sono diventate sempre più spinte dal punto di vista qualitativo, particolarmente nei confronti della salubrità e delle caratteristiche nutrizionali e salutistiche degli alimenti. Per quanto riguarda l'asparago verde, le informazioni relative a questi aspetti risultano molto modeste e pertanto si è ritenuto opportuno impostare una prova per valutare il contenuto di nitrati, nitriti, antiossidanti e polifenoli oltre ai pigmenti presenti nel turione di una varietà (*Eros*), coltivata in due località del Veneto.

Le analisi qualitative in turioni verdi, sono state effettuate nel 2008 presso il Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali dell'Università degli Studi di Padova su materiale proveniente da Barbona (PD) e Piombino Dese (PD). La prima asparagiaia era stata impiantata da tre anni mentre la seconda da otto.

Durante la fase di raccolta dei turioni, avvenuta nel mese di Aprile e Maggio, sono stati eseguiti sei prelievi di campioni in data 10/4, 17/4, 24/4, 2/5, 8/5 e 15/5 contraddistinti con R1, R2, R3, R4, R5, R6 rispettivamente. Una volta raccolti, i turioni sono stati calibrati, lavati e posti a temperatura di 4 °C per conservarli al meglio fino al rilievo distruttivo effettuato il giorno seguente la raccolta. In questo momento si sono prelevati i turioni di categoria extra ($\varnothing > 16$ mm) da destinare alle analisi qualitative che sono stati pesati e successivamente recisi a 270 mm dall'apice in modo da separare la quota di scarto da quella commerciabile. Quest'ultima frazione è stata tagliata perpendicolarmente all'asse longitudinale al fine di ricavare tre parti uguali (90 mm) permettendo così di valutare eventuali variazioni delle caratteristiche qualitative passando dall'apice alla parte basale. I risultati ottenuti in questa esperienza hanno messo in luce che, gli asparagi di Piombino Dese hanno un minor contenuto di sostanza secca ma un maggior peso unitario. Il contenuto di nitrati non è stato influenzato dalle località, mentre nelle parti edibili del turione è sceso passando dalla base all'apice e anche avanzando con la stagione. Per i nitriti non si sono riscontrate variazioni significative.

Il contenuto di pigmenti è andato via via crescendo mano a mano che avanzava la stagione manifestando a Piombino Dese i valori più elevati. Il contenuto di questi composti è cresciuto in modo esponenziale passando dallo scarto all'apice e il contenuto di clorofilla *a* è stato maggiore rispetto alla clorofilla *b* e a xantofille + carotenoidi.

La determinazione del contenuto di antiossidanti e polifenoli ha evidenziato che la parte apicale è quella dove sono più concentrati e a Piombino Dese si sono riscontrate le risposte più elevate. Tale comportamento è giustificato dalla maggiore esposizione della zona apicale a situazioni di stress dovute all'emergenza del turione dal terreno e dall'aumento delle xantofille + carotenoidi che determinano un incremento degli inibitori dell'ossidazione sintetizzati dalla pianta.

SUMMARY

Asparagus is a very popular vegetable in the Veneto region especially in areas of Bassano and the Po Valley where it is considered a typical product. In recent years the demands of the market and especially of the consumer have become more and more driven in terms of quality, particularly in respect of health, nutrition and healthy food. As for the green asparagus, the information on these issues are limited. In this regard has been set a test to assess the content of nitrates, nitrites, antioxidants and polyphenols and pigments present in the shoot of a green asparagus variety (Eros), cultivated in two areas of Veneto.

The qualitative analysis in green shoots, were made in 2008 at the Department of Environmental Agronomy and Crop Productions of the University of Padova on material from Barbona (PD) and Piombino Dese (PD). The first asparagus plantation has been implanted since three years and the second since eight.

During the shoots harvest, which took place in April and May, six sampling moments were performed on 10/4, 17/4, 24/4, 2/5, 8/5 and 15/5 identified with R1, R2, R3, R4, R5, R6, respectively. Once cut the shoots were calibrated, washed and placed at 4°C to keep the product until destructive analysis made on the day after the harvest. In this moment we took the extra class shoots (diameter >16 mm) to use for qualitative analysis. They were weighted and then cut to 270 mm from the apex in order to separate waste portion from the commercial one. This fraction was cut perpendicular to the longitudinal axis in order to obtain three equal parts (90 mm each) to assess any changes in shoot quality characteristics. The results obtained in this experiment showed that asparagus of Piombino Dese had a lower content of dry matter but a greater weight. The nitrate content was not influenced by location, while in shoot parts a decreasing trend from the base to the apex was observed and even with the advancing of the harvest season. For nitrites there were no significant changes.

The pigments content increased during the advancing of the harvest season in Piombino Dese that showed the highest shoot values. The content of these chemical compounds grew exponentially from waste to the apex portion and the chlorophyll *a* content was higher than the chlorophyll *b* and xanthophylls + carotenoids.

The antioxidants and polyphenols determination showed that the apical part is the place where they are most concentrated and Piombino Dese expressed higher values. This behavior is justified by the increased exposure of the apical area to stress situations caused by the shoot emergence through the soil and by the increasing of xanthophylls and carotenoids content. These two conditions determined an increase of oxidation inhibitors synthesized by the plant.

MATERIALI E METODI

Le analisi qualitative dei turioni verdi sono state effettuate nel 2007-2008 presso il Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali dell'Università degli Studi di Padova su materiale proveniente da due aziende agricole una sita a Barbona (PD) (45°6'0", 11°42'0"E) e l'altra a Piombino Dese (PD) (45°36'0"N, 11°56'0"E). Entrambe le aziende erano caratterizzate da terreno franco sul quale l'asparagiaia è iniziata con il trapianto di zampe di 12 mesi. In particolare, per la prima località sono stati valutati turioni provenienti da una coltura giovane, al primo anno di raccolta (3 anni dall'impianto), nella seconda azienda, invece, si è fatto riferimento ad un'asparagiaia al 5 anno di raccolta (8 anni dall'impianto). Il sesto d'impianto adottato in entrambe le località, ha previsto file semplici distanti tra loro 2.30 m e una distanza tra le zampe sulla fila di 0.27 m, con una densità di circa 16.000 zampe ha⁻¹. In entrambe le asparagie sono stati distribuiti da 90 a 110 kg ha⁻¹ di N, da 80 a 100 kg ha⁻¹ di P₂O₅ e da 150 a 180 kg ha⁻¹ di K₂O. Azoto e potassio sono stati frazionati in tre interventi alla ripresa vegetativa al termine della raccolta dei turioni, mentre il fosforo, in autunno, dopo l'eliminazione della parte aerea essiccata.

Per le analisi qualitative, sul terreno destinato alla prova in ciascuna azienda, sono state identificate 3 parcelle della superficie di 25m² (5 x 5 m) all'interno delle quali durante il periodo di raccolta sono stati prelevati turioni della cultivar "Eros" (Fig. 56).

La raccolta dei turioni che avevano raggiunto la lunghezza commerciale è iniziata il 6/4 e si è protratta fino al 15/5. In questo periodo, in sei momenti successivi corrispondenti al 10/4, 17/4, 24/4, 2/5, 8/5 e 15/5 denominati con R1, R2, R3, R4, R5, R6 rispettivamente, dal totale raccolto, sono stati separati i turioni di categoria extra ($\varnothing > 16$ mm) da destinare alle analisi qualitative (Fig. 57). Subito dopo la raccolta sono stati posti in una cella frigorifera a 4°C per conservarli al meglio fino al giorno successivo quando si è provveduto al rilievo distruttivo. I turioni interi sono stati quindi lavati, pesati e recisi a 270 mm dall'apice in modo da separare la quota di scarto da quella commerciabile (Fig. 58). Quest'ultima frazione è stata, nello stesso tempo, tagliata perpendicolarmente all'asse longitudinale per ricavare tre parti uguali (apicale, intermedia e basale) al fine di poter valutare eventuali variazioni delle caratteristiche qualitative passando dall'apice alla parte basale unitamente allo scarto (Fig. 59).

Complessivamente, da ogni turione, sono state ottenute 4 porzioni rappresentate da:

- parte apicale
- parte intermedia
- parte basale
- scarto

Ciascun campione è stato tagliato a rondelle spesse 10 mm e, successivamente, una parte è stata destinata all'ottenimento della sostanza secca in stufa ventilata a 65 °C e la quota rimanente è stata immediatamente surgelata in freezer a -80 °C per essere destinata, in un secondo momento, alle analisi che, oltre alla rilevazione del peso fresco e secco di ciascuna porzione, hanno riguardato le determinazioni di:

- sostanza secca;
- capacità antiossidativa totale (CAT);
- fenoli totali (FT);
- pigmenti (clorofilla *a* e *b*, xantofille + carotenoidi);
- nitrati (NO₃);
- nitriti (NO₂).

La determinazione del contenuto di clorofilla *a* e *b*, xantofille + carotenoidi ha previsto la pesata di 5 g di turione tagliato a pezzetti per ogni sua sezione e messo in una provetta Falcon a cui sono stati aggiunti 20 mL di etanolo puro al 96% (Lichtenthaler, 1987). Le Falcon sono state completamente avvolte con carta stagnola per evitare la degradazione dei pigmenti in presenza della luce. Una volta frullati, i campioni sono stati filtrati e lasciati in frigorifero al buio per 48 ore per consentire all'etanolo l'estrazione dei pigmenti. In seguito sono state lette le assorbanze dei filtrati alle lunghezze d'onda di 665, 649 e 470 nm allo spettrofotometro Perkin-Elmer UV/VIS Lambda 11.

Inserendo l'assorbanza letta allo spettrofotometro si è risaliti al contenuto dei pigmenti considerati:

$$\text{Chl } a = 13.95 \cdot A_{665} - 6.88 \cdot A_{649}$$

$$\text{Chl } b = 24.96 \cdot A_{649} - 7.32 \cdot A_{665}$$

$$\text{Xan+Car} = (1000 \cdot A_{470} - 2.05 \cdot \text{Chl } a - 114.8 \cdot \text{Chl } b) / 245$$

I valori ricavati dalle formule esprimono i µg pigmento/ml di soluzione; successivamente questi valori sono stati trasformati in µg pigmento g⁻¹ peso fresco.

In relazione ai rimanenti aspetti qualitativi si fa riferimento alle metodiche riportate in precedenza (Pagg. 54-55-78).

Questa prova ha pertanto sottoposto all'ANOVA il confronto tra 48 tesi ricavate dalla combinazione fattoriale di 2 ambienti di coltivazione (Barbona e Piombino Dese) x 6 epoche di raccolta (R1, R2, R3, R4, R5, R6) x 4 parti di turione (apicale, intermedia, basale e scarto). E' opportuno tener presente che, come sopra riportato, le due asparagiaie non sono coetanee e, di conseguenza, i risultati ottenuti non potranno prescindere da tale condizione.

Andamento meteorologico

Barbona

I dati relativi alle temperature dell'aria (a 2 m), dell'U.R., delle precipitazioni piovose per il periodo di prova oltre alla radiazione globale, sono stati rilevati nella stazione agrometeorologica dell'ARPAV (Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto) situata a Lusina, mentre la temperatura del terreno a -0.15 m è stata registrata tramite una geo-sonda installata in prossimità del punto di prelievo dei turioni.

Per quanto riguarda le temperature massime dell'aria (Fig. 60), i valori registrati nel corso della prova sono stati inferiori a 20°C fino al 24 aprile, successivamente si è osservato un netto aumento dei livelli termici che, negli ultimi giorni di aprile e i primi di maggio, si sono portati oltre i 21-23°C. Nei confronti delle temperature minime invece, i valori sono rimasti stazionari attorno ai 9-11°C per tutta la durata del periodo di raccolta. Sempre dalla figura 60 si osserva che i dati relativi alle precipitazioni piovose hanno messo in luce la ridotta piovosità (74.4 mm) durante il periodo di prova con gli eventi piovosi più consistenti nella seconda decade di aprile e dal 13 al 20 maggio. Nei confronti dell'U.R., appare che i valori massimi si sono sempre mantenuti intorno al 100% mentre, per quanto riguarda quelli minimi, si sono osservate risposte più eterogenee che hanno seguito, come ovvio, la distribuzione e la quantità delle piogge.

I livelli termici nel terreno a -0.15 m (Fig. 61) hanno mostrato temperature poco variabili durante il periodo di raccolta e fino al 13 aprile, durante le piogge, la temperatura minima si è aggirata intorno ai 10°C e la massima non ha mai raggiunto i 13°C. Successivamente i livelli termici sono aumentati con massime che hanno superato i 20°C dalla prima settimana di maggio per scendere, in seguito, sotto i 20°C a causa delle precipitazioni piovose. La radiazione globale (Fig. 62), dopo una marcata riduzione nella prima decade di aprile, ha fornito valori crescenti fino all'8 maggio per poi ridursi drasticamente fino al termine della prova.

Piombino Dese

I dati relativi alle temperature dell'aria (a 2 m), dell'U.R., delle precipitazioni piovose per il periodo di prova oltre alla radiazione globale, sono stati rilevati nella stazione agrometeorologica dell'ARPAV (Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto) situata a Zero Branco, mentre la temperatura del terreno a -0.15 m è stata registrata tramite una geo-sonda installata in prossimità del punto di prelievo dei turioni.

Per quanto riguarda le temperature massime dell'aria (Fig. 63), i valori registrati nel corso della prova sono stati compresi tra 15 e 20°C per le prime tre raccolte innalzandosi fino a 25°C per le successive. Nei confronti delle temperature minime, i valori si sono mantenuti tra 4 e 8°C fino a metà aprile per raggiungere 12°C a metà maggio. I dati relativi alle precipitazioni piovose (Fig. 63) hanno messo in luce che il periodo di prova è stato caratterizzato da una buona piovosità (124.2 mm) e gli eventi piovosi più consistenti si sono verificati nella seconda decade di aprile e intorno al 5 e 20 maggio. Nei confronti dell'U.R., sempre dalla stessa figura appare che i valori massimi si sono mantenuti sempre poco al di sotto del 100% mentre, per quanto riguarda quelli minimi, si sono osservate risposte più eterogenee che hanno seguito, anche in questo caso, la distribuzione e la quantità delle piogge.

I livelli termici registrati nel terreno tramite geo-sonda a -0.15 m (Fig. 61) hanno mostrato temperature massime misurate alle ore 19:30 attorno ai 15°C fino a metà aprile per poi salire a 25°C alla fine del mese successivo. Le minime (7:30) hanno presentato valori inferiori a 15°C fino al 28/4 e non hanno mai superato i 20°C. I dati registrati alle 19.30 si sono attestati intorno a 15°C fino alla seconda decade di aprile per poi

incrementare marcatamente fino a raggiungere i 25°C a fine prova. La radiazione globale (Fig. 62), dopo un iniziale decremento, è aumentata in modo deciso fino al 23/4. In seguito si è assistito alla riduzione dei valori fino al 3 maggio e, successivamente, dall'8 maggio fino al termine del periodo di raccolta.

Da quanto esposto si può affermare che l'andamento meteorologico delle due località in cui si è operato non ha presentato marcati scostamenti sotto il profilo termico e della radiazione globale. Nei confronti della piovosità, a Barbona le precipitazioni complessive sono state inferiori del 40% rispetto a Piombino Dese e tale variazione è prevalentemente dovuta all'ultimo evento piovoso registrato al termine del periodo di raccolta.

RISULTATI

Dati produttivi

L'analisi dei valori produttivi alla raccolta ha messo in evidenza che il peso unitario dei turioni (Fig. 64), dopo aver raggiunto il valore più elevato (38.6 g) alla seconda raccolta (R2), ha subito un decremento con l'avanzare della stagione. All'ultima raccolta (R6), infatti i dati ponderali sono scesi fino a 30.1 g con un decremento del 22.1%. Anche gli ambienti di coltivazione (Fig. 65), hanno influenzato in modo molto consistente l'accrescimento dei turioni, infatti nel prodotto raccolto nell'azienda di Barbona si sono rilevati pesi unitari di 38.9 g per turione, mentre nell'azienda di Piombino Dese questi si sono ridotti a 29.0 g con una contrazione del 25.3%.

I pesi unitari dei turioni ricavati nell'azienda di Piombino Dese (Fig. 66), nelle diverse raccolte, sono stati sempre inferiori rispetto a quelli di Barbona. I valori ponderali ricavati a Piombino Dese, durante il periodo produttivo, si sono dimostrati piuttosto costanti mentre a Barbona, dopo un incremento riscontrato da R1 a R2, si è assistito ad una continua contrazione dei pesi medi dei turioni fino a R6. Tale diversa risposta ha reso significativo l'effetto dell'interazione "epoche di raccolta x ambienti di coltivazione").

Sostanza secca

L'analisi della concentrazione di sostanza secca (Fig. 67) ha evidenziato che, durante il periodo di raccolta, tale parametro ha mantenuto valori compresi tra 8 e 10%. Si è osservato inoltre che le prime due raccolte hanno messo in evidenza le percentuali più elevate (9.4%) che si sono ridotte significativamente nelle raccolte successive raggiungendo l'8.4%. Nei confronti degli ambienti di coltivazione (Fig. 68) si è osservato che la percentuale di s.s. è risultata più elevata nei turioni ricavati a Piombino Dese che hanno presentato una concentrazione del 9.0% contro l'8.4% di quelli provenienti dall'azienda di Barbona. Per quanto riguarda la suddivisione del turione nelle diverse parti, dalla figura 69 appare evidente che quella apicale è stata caratterizzata dalla maggiore concentrazione di s.s. (10.5%), seguita dallo scarto (9.6%) e dalle parti basale (7.4%) e intermedia (7.3%) con i valori più bassi.

Durante il periodo di raccolta (Fig. 70) il contenuto di sostanza secca nelle due località, si è mantenuto sempre superiore a Piombino Dese, anche se nelle ultime due raccolte (R5 e R6), i valori non hanno manifestato sostanziali differenze. Solamente nella terza raccolta la percentuale di sostanza secca si è marcatamente differenziata nei due ambienti.

Per quanto riguarda l'evoluzione del contenuto di sostanza secca nelle diverse parti del turione (Fig. 71), si è riscontrato che queste hanno risposto in modo significativamente diverso durante il periodo di raccolta (interazione "epoche di raccolta x parti di turione"), infatti per le prime tre raccolte, non si sono rilevati scostamenti di rilievo tra la parte apicale e lo scarto, mentre più marcate sono risultate le differenze nelle ultime tre. Inoltre tra le parti intermedia e basale, che si sono mantenute su concentrazioni più modeste, non si sono verificate discrepanze consistenti, ma nelle prime tre raccolte il

contenuto di sostanza secca è risultato maggiore nella parte basale e, nelle ultime tre, in quella intermedia.

Capacità antiossidativa totale

Capacità antiossidativa totale sul peso fresco

Le concentrazioni di antiossidanti sul peso fresco del turione (**Fig. 72**), hanno presentato valori che, anche se non molto diversi nel corso delle raccolte, hanno dimostrato differenze significative. In R4 si è verificata la capacità antiossidativa totale (CAT) più consistente ($2882 \text{ mg Fe}^{2+}\text{E kg}^{-1}$) e in R2 quella minore ($2375 \text{ mg Fe}^{2+}\text{E kg}^{-1}$). Le località hanno influito significativamente sulla CAT (**Fig. 73**) e i turioni prodotti a Piombino Dese hanno consentito di rilevare il valore più elevato ($2752 \text{ mg Fe}^{2+}\text{E kg}^{-1}$) con uno scostamento del 13.0% rispetto a quelli di Barbona ($2393 \text{ mg Fe}^{2+}\text{E kg}^{-1}$). Anche per quanto riguarda le parti di turione (**Fig. 74**), sono state osservate differenze significative e la CAT maggiore è stata registrata nella porzione apicale, seguita da quella intermedia, dalla basale e, infine, dallo scarto; nell'ambito della parte commerciale, tra apice e base si è manifestata una differenza di quasi il 70%. Tale effetto principale ha messo in evidenza anche una diversa intensità di risposta nell'ambito delle raccolte (interazione "epoche di raccolta x parti di turione") come appare evidente dalla figura 75.

Durante il periodo di raccolta (**Fig. 76**), il prodotto proveniente da Piombino Dese ha presentato i maggiori contenuti nelle raccolte centrali e i minori in R1 e R6, mentre a Barbona in R1, R4 e soprattutto R6 si è riscontrata la CAT più elevata. Nella figura 77, è stato riportato il contenuto di antiossidanti nelle diverse parti dei turioni raccolti nei due ambienti di prova. Anche per questa componente della qualità, il prodotto ottenuto a Piombino Dese ha espresso gli accumuli più consistenti che hanno però evidenziato chiaramente intensità diversa nella parti di turione considerate con gli effetti meno vistosi in corrispondenza di quella apicale. Ciò giustifica la significatività dell'interazione "ambienti di coltivazione x parti di turione".

Capacità antiossidativa totale sul peso secco

L'evoluzione della CAT sulla sostanza secca (**Fig. 78**), ha messo in evidenza la presenza di differenze significative nei valori delle sei raccolte e, in particolare, i valori più elevati sono stati riscontrati in R4 e R1. Per quanto riguarda gli ambienti di coltivazione, il contenuto maggiore di è stato registrato nei turioni provenienti da Piombino Dese (**Fig. 79**) con il 16.6% in più rispetto a Barbona.

L'effetto principale delle quattro parti di turione (**Fig. 80**) ha permesso di accertare che quella apicale ha presentato il quantitativo decisamente superiore, seguito dalla porzione intermedia con una differenza del 67.9% e dalla parte basale e scarto che hanno espresso i valori più bassi, pari rispettivamente a $11734 \text{ mg Fe}^{2+}\text{E kg}^{-1}$ e $11129 \text{ mg Fe}^{2+}\text{E kg}^{-1}$. Sempre a questo proposito si è potuto inoltre verificare che tale risposta è stata condizionata significativamente dalle epoche di raccolta (interazione "epoche di raccolta x parti di turione"), infatti le concentrazioni più elevate di antiossidanti della parte apicale (**Fig. 81**), si sono mantenute su $60000 \text{ mg Fe}^{2+}\text{E kg}^{-1}$ in R1 e R4 mentre in

Asparago: prova 2

R2 e R3 sono scese al di sotto di 50000 mg Fe²⁺E kg⁻¹; nell'intervallo 50000-60000 mg Fe²⁺E kg⁻¹ si sono posizionate R5 e R6. Per quanto riguarda le altre tre parti di turione, non si sono verificate differenze sostanziali nell'ambito delle raccolte con valori compresi nell'intervallo tra 10000 e 20000 mg Fe²⁺E kg⁻¹.

Dalla figura 82 appare infine che la CAT negli asparagi prelevati a Piombino Dese, ha manifestato valori crescenti da R1 a R2, praticamente costanti da R2 a R4 per poi diminuire fino a R6. Il prodotto raccolto a Barbona, ad eccezione di R6, ha manifestato sempre capacità antiossidasica più modesta con andamento diversificato nel corso del periodo di raccolta, infatti ha espresso un vistoso decremento da R1 a R3 al quale ha fatto seguito un'inversione di tendenza in R4 per diminuire nuovamente in R5 ed attestarsi sulla CAT più elevata (25000 mg Fe²⁺E kg⁻¹) all'ultima raccolta.

Fenoli totali

Contenuto di fenoli totali sul peso fresco

L'analisi dei fenoli totali (FT) ha messo in evidenza differenze significative tra i quantitativi riscontrati nelle diverse epoche di raccolta (Fig. 83), nonostante gli scostamenti tra i valori siano stati molto modesti e compresi in un intervallo piuttosto ristretto. Gli ambienti di coltivazione non hanno influito significativamente sul contenuto di FT (Fig. 84) anche se gli asparagi di Piombino Dese hanno manifestato valori apparentemente superiori a quelli di Barbona. Le parti di turione (Fig. 85) hanno messo in evidenza differenze significative tra le concentrazioni di FT con valori crescenti passando dallo scarto all'apice con una differenza del 74.6%. Anche per questo valore le diverse parti di turione hanno manifestato risposte diverse nell'ambito del ciclo produttivo. La parte apicale, infatti (Fig. 86), ha presentato valori non molto diversi nel tempo e compresi tra 562 mg GAE kg⁻¹ (R4) e 515 mg GAE kg⁻¹ (R2), quella intermedia, invece, ha espresso due picchi in R2 (287 mg GAE kg⁻¹) e R5 (271 mg GAE kg⁻¹) terminando in R6 con 204 mg GAE kg⁻¹, mentre scarto e parte basale si sono mantenute su valori non molto diversi, fatta eccezione per R2, che nella parte basale, si è discostata del 28.1% nei confronti dello scarto (interazione "epoche di raccolta x parti di turione").

I risultati esposti in figura 87 permettono di valutare la diversa influenza delle epoche di raccolta sul contenuto di polifenoli nei turioni commerciabili provenienti dai due ambienti di produzione (interazione "epoche di raccolta x ambienti di coltivazione"). Si può innanzitutto riscontrare che in R1 il livello di polifenoli negli asparagi raccolti a Barbona (281 mg GAE kg⁻¹) è stato superiore del 7.0% rispetto a quelli di Piombino Dese (261 mg GAE kg⁻¹). In R2 i valori non si sono differenziati posizionandosi intorno a 290 mg GAE kg⁻¹ e in R3, R4, R5, sono stati maggiori i valori ricavati dal prodotto raccolto a Piombino Dese. In R6, la situazione si è invertita manifestando contenuti maggiori negli asparagi di Barbona (279 mg GAE kg⁻¹) rispetto a quelli di Piombino Dese (228 mg GAE kg⁻¹) con una differenza del 18.2%.

Dalla figura 88 appare evidente che solo nella parte apicale, gli asparagi di Barbona (558 mg GAE kg⁻¹) hanno espresso contenuti di FT superiori a quelli di Piombino Dese (513 mg GAE kg⁻¹). Tale diversa risposta delle parti di asparago nei due ambienti di

coltivazione viene convalidata dalla significatività dell'interazione "ambienti di coltivazione x parti di turione").

Contenuto di polifenoli sul peso secco

L'analisi del contenuto di FT sulla sostanza secca nelle diverse raccolte (Fig. 89), ha mostrato differenze significative tra i valori riscontrati nel turione intero. In particolare, in R2, si è verificata la maggiore concentrazione (2729 mg GAE kg⁻¹) e in R3 ed R6 quelle più basse pari, rispettivamente, a 2251 mg GAE kg⁻¹ e 2277 mg GAE kg⁻¹. La figura 90, permette di osservare che a Piombino Dese si è riscontrato il valore più elevato e significativamente diverso da quello di Barbona. Il contenuto di FT nelle diverse parti del turione (Fig. 91), ha messo in evidenza che quella apicale ha sortito il valore più consistente che si è distaccato in modo marcato da quanto riscontrato nella parte intermedia. I valori significativamente più modesti si sono rilevati nelle parti basale e di scarto.

Molto evidente risulta la maggiore concentrazione di FT riscontrata in tutte le raccolte nella parte apicale (Fig. 92), mentre le altre porzioni di turione non si sono differenziate tra loro collocandosi in un intervallo tra 1100 e 2200 mg GAE kg⁻¹. Diversa è porsa l'evoluzione della concentrazioni tra la parte apicale del turione e le altre a giustificazione della significatività dell'interazione "epoche di raccolta x parti di turione". Dalla figura 93 si osserva che l'evoluzione del contenuto di FT negli asparagi prelevati a Piombino Dese, ha seguito un andamento abbastanza lineare da R1 (2602 mg GAE kg⁻¹) a R5 (2630 mg GAE kg⁻¹) mentre in R6 (2072 mg GAE kg⁻¹) i valori sono scesi del 21.2% rispetto a R5. Per quanto riguarda Barbona, invece, il quantitativo di FT ha subito un'evidente contrazione da R2 a R3 per risalire nelle successive raccolte fino a stabilizzarsi in R6 con il 16.5% di FT in più rispetto a Piombino Dese. La maggiore concentrazione di FT nella parte apicale dei turioni provenienti da Barbona rispetto a Piombino Dese (Fig. 94), contrariamente a quanto riscontrato nelle altre parti di germoglio, ha reso significativa l'interazione "ambienti di coltivazione x parti di turione".

Pigmenti

Contenuto di pigmenti sul peso fresco

La determinazione dei pigmenti ha previsto la valutazione di tre componenti: Clorofilla *a* (CA), Clorofilla *b* (CB), e Xantofille + Carotenoidi (XC). Il contenuto di questi composti nel turione in corrispondenza delle diverse epoche di raccolta (Fig. 95), non ha evidenziato scostamenti significativi per CB collocando i valori sempre di poco al di sotto di 4 µg g⁻¹, mentre sono stati significativi per CA e XC. Mediamente il contenuto di CA è stato sempre superiore a CB e XC durante le sei raccolte e tendenzialmente in crescita passando da R1 a R6. Nei confronti di XC, attestati intorno a 3 µg g⁻¹, anche se non si sono verificati scostamenti consistenti si sono riscontrate concentrazioni significativamente più alte in R5 ed R6 e più contenute in R2.

Anche per quanto riguarda il contenuto di pigmenti nei turioni delle due località (Fig. 96), Piombino Dese ha manifestato livelli sempre superiori nei confronti di Barbona per

tutte e tre le componenti e, solo per CB, non ha mostrato differenze significative. La concentrazione di pigmenti nelle diverse parti del turione (Fig. 97), ha evidenziato valori crescenti procedendo dallo scarto verso la parte apicale. Per quanto riguarda CA, l'aumento è stato del 80.1%, CB del 54.6% e XC del 90.3%. I picchi di massima concentrazione si sono registrati nella parte apicale con $18.38 \mu\text{g g}^{-1}$ per CA, $5.57 \mu\text{g g}^{-1}$ per CB e $6.18 \mu\text{g g}^{-1}$ per XC. Solo per CB non si sono rilevate differenze significative tra scarto, parte basale e parte intermedia.

L'interazione "epoche di raccolta x parti di turione" (Fig. 98), ha messo in evidenza che, CA, con l'evoluzione della stagione, è incrementata in tutte le parti di turione, ma con andamenti diversificati. L'interazione "epoche di raccolta x ambienti di coltivazione" (Fig. 99), viene giustificata dai diversi andamenti delle concentrazioni di CA nei turioni delle due località. A Barbona, infatti, si è riscontrato un andamento che ha previsto un abbassamento da R1 a R2, R3, e da R4 si è invertita la tendenza che ha portato i massimi livelli in R6. A Piombino Dese, invece, i valori sono aumentati da R1 a R2 ed R3; in R4 si è verificata una lieve contrazione cui è seguito un aumento in R5 e un ritorno ai valori di R4 in R6.

La concentrazione di CB nelle diverse parti di turione (Fig. 100) durante le raccolte, (interazione "epoche di raccolta x parti di turione") è risultata sempre più elevata nella parte apicale dove ha subito un decremento in R3 e R4 nei confronti delle altre raccolte. Nella parte intermedia, dopo un iniziale e marcato incremento da R1 a R2 il contenuto di CB è progressivamente diminuito fino a $2.77 \mu\text{g g}^{-1}$ in R6 il livello più bassa in R4. La porzione basale ha, invece, manifestato un incremento graduale fino a R3 e drastico passando in R4 per poi contrarsi riportandosi ai valori iniziali. Per quanto riguarda lo scarto, si sono riscontrati due picchi uno in R1 ($3.80 \mu\text{g g}^{-1}$) e il secondo in R4 a $3.69 \mu\text{g g}^{-1}$ cui è seguita una contrazione in R5 che si è mantenuta senza variazioni consistenti fino ad R6. Gli andamenti dei contenuti di CB decisamente diversi nei turioni ricavati nelle due località (Fig. 101) ha giustificato l'interazione "epoche di raccolta x ambienti di coltivazione". Infatti a Barbona nelle prime tre raccolte si è registrato un decremento del 44.9%, mentre a Piombino Dese è stato riscontrato un accrescimento dei valori in corrispondenza delle stesse epoche di raccolta che hanno fornito $3.52 \mu\text{g g}^{-1}$ in R1 per salire a $4.67 \mu\text{g g}^{-1}$ in R3 con un aumento del 24.7%. Proseguendo con le raccolte, a Barbona in R4 si è registrata la concentrazione più elevata ($4.37 \mu\text{g g}^{-1}$), mentre a Piombino Dese questa si è ridotta a $3.34 \mu\text{g g}^{-1}$; in R5 e R6 le risposte registrate hanno presentato andamenti estremamente diversificati e contrastanti.

Il contenuto di CB, ad eccezione della parte basale, è risultato sempre più elevato nei turioni raccolti a Piombino Dese (Fig. 102). Inoltre per entrambe le località, la parte apicale, è stata quella caratterizzata dal maggiore contenuto con valori di $5.85 \mu\text{g g}^{-1}$ per la Piombino Dese e $5.29 \mu\text{g g}^{-1}$ per Barbona. Per quanto riguarda i quantitativi riscontrati nelle diverse parti di turione, a Piombino Dese il valore più modesto si è riscontrato nella parte basale seguito dallo scarto e parte intermedia, mentre a Barbona il valore di CB più contenuto è stato riscontrato nello scarto (interazione "ambienti di coltivazione x parti di turione"). Per quanto riguarda le concentrazioni di Xantofille + Carotenoidi, come già osservato per CA e CB, i quantitativi più consistenti si sono riscontrati nella zona apicale del turione in entrambi gli ambienti di coltivazione. L'interazione "epoche di raccolta x parti di turione" (Fig. 103) è giustificata dalla

diversa intensità e andamenti della concentrazione nelle diverse parti del turione. Infatti, mentre in tutte si è osservata una riduzione dei quantitativi in corrispondenza di R2, nella parte apicale e nello scarto questi sono poi aumentati gradualmente fino a raggiungere i valori più elevati in R6 ($7.06 \mu\text{g g}^{-1}$) e ($1.46 \mu\text{g g}^{-1}$) rispettivamente. Nelle parti basale e intermedia si è invece riscontrata la concentrazione più modesta in R4 nella prima e una contrazione della stessa da R5 a R6 per la seconda. Dalla figura 104 appare il diverso andamento delle concentrazioni di XC nelle raccolte delle due località (interazione “epoche di raccolta x ambienti di coltivazione”). Da R1 a R2, infatti, si è verificata una contrazione dei valori sia a Barbona che a Piombino Dese passati rispettivamente da $2.90 \mu\text{g g}^{-1}$ a $2.20 \mu\text{g g}^{-1}$ e da $2.55 \mu\text{g g}^{-1}$ a $1.83 \mu\text{g g}^{-1}$. Con il proseguire delle raccolte a Piombino Dese si sono registrati progressivi incrementi fino ad R5 cui è seguita una modesta riduzione in R6, mentre a Barbona si è assistito ad una ulteriore graduale diminuzione fino ad R4 ($1.88 \mu\text{g g}^{-1}$) cui è succeduto un incremento fino ad R6.

Nitrati

Contenuto di nitrati sul peso fresco

Il contenuto di nitrati (NO_3) nel turione intero ha mostrato (Fig. 105) che, dopo la seconda raccolta (R2) che ha fatto registrare la concentrazione più elevata (409 mg kg^{-1}) con l'avanzamento della stagione, il contenuto di NO_3 è diminuito, infatti nelle successive raccolte si è evidenziata una continua riduzione fino all'ultima (R6) con 179 mg kg^{-1} . Nelle due località (Fig. 106), non si sono evidenziate differenze significative e i valori sono risultati pari a 281 e 290 mg kg^{-1} rispettivamente per Piombino Dese e Barbona.

Il contenuto di nitrati nell'intero turione (Fig. 107) ha evidenziato che dalla quota di scarto alla parte apicale si è verificata una graduale diminuzione della concentrazione di NO_3 pari al 46.9%. Prendendo in considerazione solamente la parte commerciale del turione si è riscontrata una differenza tra la parte basale e apicale del 38.9%.

La zona apicale, nei confronti delle altre (Fig. 108), ha mantenuto un contenuto di nitrati sempre inferiore, con lo scostamento più consistente in R1 e meno accentuato in R4. La quota basale ha manifestato il picco di concentrazione più alto, rispetto alle altre nella seconda raccolta quando ha raggiunto 506 mg kg^{-1} ; da R5 a R6, inoltre, fatta eccezione per la parte intermedia, nelle altre porzioni di turione si è assistito ad una diminuzione del contenuto di NO_3 (interazione “epoche di raccolta x parti di turione”).

L'interazione “epoche di raccolta x ambienti di coltivazione” (Fig. 109) è giustificata dal diverso andamento dei valori relativi alle concentrazioni di NO_3 rilevate nei germogli dei due ambienti di coltivazione. A Barbona, infatti, si è registrato il valore più alto in quelli prelevati alla seconda raccolta (R2) cui ha fatto seguito una drastica contrazione della terza (R3) con un successivo innalzamento in R4 e R5 per poi scendere al valore più basso in R6. A Piombino Dese, invece, da R1 a R3 i valori non si sono diversificati in modo consistente, si è poi verificata una contrazione nelle due successive raccolte e in R5 si è riscontrato il valore più basso, non diverso da quello dell'ultima raccolta (R6).

Asparago: prova 2

Nella figura 110 appare la concentrazione di nitrati nelle diverse parti del turione che è variata in relazione agli ambienti di coltivazione, infatti, a Barbona, si sono riscontrati contenuti più consistenti nello scarto e nella zona apicale, mentre a Piombino Dese, hanno prevalso le altre due parti (basale e intermedia).

Contenuto di nitrati sul peso secco

Il contenuto di NO_3 rilevato in corrispondenza delle diverse date di raccolta (Fig. 111), ha messo in evidenza che, dopo il valore più elevato evidenziato in R2 è iniziato a diminuire con l'avanzamento della stagione. I valori sono variati da un massimo di 4450 mg kg^{-1} (R2), ad un minimo di 2263 mg kg^{-1} (R6), con uno scostamento del 49.2%. Nell'ambito delle località di coltivazione (Fig. 112), il contenuto maggiore di nitrati si è verificato nei turioni provenienti dall'azienda di Barbona che, nei confronti del secondo ambiente, hanno manifestato un aumento del 9.8%.

L'analisi delle parti di turione (Fig. 113) ha evidenziato una diminuzione del contenuto di nitrati pari a 56.3% sulla quota commerciabile passando dalla base all'apice. Tale diminuzione è risultata più intensa dalla parte intermedia a quella apicale con decremento del 46.7%. Sempre a questo proposito si è inoltre osservato che le risposte delle diverse parti di turione si sono differenziate nell'ambito delle raccolte rendendo significativo l'effetto dell'interazione "epoche di raccolta x parti di turione" (Fig. 114). La parte apicale ha sempre manifestato il contenuto di nitrati più basso rispetto alle altre in tutte le raccolte con la concentrazione più alta in corrispondenza di R2. Allo stesso modo si sono comportate la basale e lo scarto, mentre quella intermedia ha espresso la concentrazione maggiore in R1. In tutte le parti di turione si è osservata una tendenziale riduzione del contenuto di nitrati con il proseguire delle raccolte. Tale risposta si è ovviamente riscontrata anche nel turione intero (Fig. 115), ma non è risultata analoga nelle due località di prova, infatti, nei turioni prodotti a Piombino Dese è porsa più lineare nei confronti di quelli di Barbona che hanno seguito un andamento più altalenante presentando una riduzione della concentrazione nella terza raccolta per poi risalire fino a R5 e ridursi nuovamente in R6. E' da notare inoltre che in R1, R4 e R6, le concentrazioni di nitrati tra le località non sono parse significativamente diverse.

Nella figura 116 viene evidenziata la diversa risposta delle parti di turione alla dotazione di NO_3 nei due ambienti di prova (interazione "ambienti di coltivazione x parti di turione") e si può osservare che il maggiore contenuto di nitrati è stato riscontrato nelle parti di scarto, basale e apicale dei turioni raccolti a Barbona, mentre in quelli prelevati a Piombino Dese la concentrazione maggiore è stata rilevata nella parte intermedia.

Nitriti

Contenuto di nitriti sul peso fresco

Il contenuto di nitriti (NO_2) non ha evidenziato differenze significative nelle diverse epoche di raccolta (Fig. 117) con valori compresi tra 0.68 mg kg^{-1} (R6) e 0.90 mg kg^{-1} (R3). Dalla figura 118 appare inoltre che anche tra le località non si sono riscontrati scostamenti significativi anche se gli asparagi coltivati a Piombino Dese hanno

presentato contenuto apparentemente superiore del 17.1% rispetto a quelli di Barbona. Le diverse parti del turione, come appare in figura 119, non hanno dimostrato scostamenti statisticamente diversi anche se le parti componenti la quota commerciabile del turione sono sembrate presentare, nel complesso, concentrazioni superiori allo scarto. In relazione alla diversa influenza dell'epoca di raccolta sul contenuto di NO₂ nelle parti di turione (Fig. 120), le risposte sono state piuttosto diversificate e altalenanti. La porzione di scarto e basale hanno presentato un incremento fino ad R3 per poi subire un drastico decremento in R4, mentre la zona intermedia e apicale hanno manifestato un'iniziale contrazione dei valori in R2, che poi sono nuovamente aumentati in R4. Nelle fasi conclusive del periodo di raccolta il quantitativo di NO₂ nelle diverse parti di turione è risultato più omogeneo e compreso tra 0.4 e 0.8 mg kg⁻¹. L'interazione "epoche di raccolta x ambienti di coltivazione" (Fig. 121), è giustificata dalle diverse concentrazioni di nitriti nel turione intero che, a Barbona sono risultate nettamente inferiori a Piombino Dese in R1, R3 ed R4, mentre, in corrispondenza delle altre raccolte sono parse leggermente superiori. Gli asparagi di Piombino Dese hanno presentato contenuto di NO₂ superiore a quelli di Barbona nella parte apicale, intermedia e nello scarto (Fig. 122). Nella quota commerciale, passando dalla base all'apice, il contenuto di nitriti è diminuito negli asparagi di Barbona da 0.91 mg kg⁻¹ a 0.65 mg kg⁻¹, mentre in quelli di Piombino Dese è aumentato da 0.74 mg kg⁻¹ a 0.91 mg kg⁻¹ (interazione "ambienti di coltivazione x parti di turione").

Contenuto di nitriti sul peso secco

I valori del contenuto di NO₂ rilevati nelle diverse date di raccolta (Fig. 123), non hanno presentato differenze significative anche se le concentrazioni sono variate da un minimo di 7.4 mg kg⁻¹ in R1 e 11.4 mg kg⁻¹ in R3. Da quest'ultima raccolta e fino alla conclusione della prova si è assistito ad una apparente riduzione che ha portato i valori a 8.7 mg kg⁻¹ in R6. Tra i due ambienti di coltivazione (Fig. 124), non si sono osservate differenze significative anche se i turioni raccolti a Piombino Dese hanno presentato comunque concentrazioni apparentemente maggiori di nitriti rispetto a quelli di Barbona con una differenza del 7.5%.

Il contenuto di nitriti nelle diverse parti del turione (Fig. 125), è risultato ridotto nello scarto con uno scostamento significativo del 40.6% rispetto alla parte basale che ha presentato un livello più elevato pari a 11.4 mg kg⁻¹. Considerando la sola parte commerciabile del turione, si è riscontrato che, passando dalla parte basale all'apice la concentrazione di NO₂ è diminuita e i valori sono risultati pari a 10.0 e 7.4 mg kg⁻¹ rispettivamente per la parte intermedia e apicale. Durante la raccolta le parti di turione hanno manifestato concentrazioni diverse di nitriti (Fig. 126), infatti in quella intermedia e apicale hanno presentato valori relativamente bassi in R2 e R3, che sono saliti in R4 per poi subire una contrazione in R5 che, nel solo caso della parte apicale, è proseguita fino ad R6. Inversa, invece, è parse l'evoluzione della concentrazione di nitriti tra scarto e parte basale. Infatti, in questa seconda parte di turione, si è riscontrato un consistente aumento dell'accumulo da R1 a R3 e molto meno marcato, invece, nello scarto. In entrambi i casi i valori sono diminuiti in R4 quando si sono rilevate le concentrazioni più modeste per poi risalire fino ad R6. Nella figura 127 si mette in

Asparago: prova 2

evidenza la diversa evoluzione dei contenuti di nitriti nelle due località e l'aspetto più vistoso si è riscontrato in R4 dove a Piombino Dese si è verificato il valore più elevato mentre a Barbona il contenuto di NO₂ è parso molto ridotto e non diverso da quanto osservato in R1. I turioni prelevati a Barbona (Fig. 128) hanno espresso livelli di NO₂ più alti nei confronti di Piombino Dese solamente nella parte basale, ciò giustifica la significatività dell'interazione tra "ambienti di coltivazione x parti di turione".

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I dati produttivi registrati durante la prova, hanno consentito di osservare che, a partire dalla seconda raccolta, il valore ponderale medio dei turioni si è significativamente ridotto. Tale risposta è giustificata dal fatto che, durante la produzione di turioni, le sostanze di riserva presenti nella zampa si sono esaurite apportando meno nutrienti al germoglio in emergenza.

Nell'ambito degli ambienti di produzione, Barbona ha fornito i turioni più pesanti rispetto a Piombino Dese e questo può essere dovuto non solo all'ambiente, ma anche all'età dell'asparagiaia (Pimpini, 1990; Wilson *et al.*, 2005; Falavigna, 2007). Infatti, nella prima località, si è operato su un impianto al primo anno di raccolta, verosimilmente più dotato di sostanze di riserva nelle prime fasi del ciclo colturale poiché poco sfruttato a fini produttivi. Tale comportamento è stato confermato dall'interazione "epoche di raccolta x ambienti di coltivazione", che ha messo in evidenza la produzione più stabile nel tempo e meno sensibile ai tagli continui dei turioni a Piombino Dese, contrariamente a quanto registrato a Barbona dove, l'impianto giovane, non ha reagito bene alle frequenti raccolte evidenziando una contrazione della produzione dopo le prime due asportazioni dei turioni.

Il contenuto di sostanza secca degli stessi, è stato superiore in quelli prelevati a Piombino Dese e ciò dimostra che, in questo caso, il prodotto è maggiormente costituito da tessuti più fibrosi, soprattutto nelle parti basali e di scarto.

Nelle parti di turione, l'elevata percentuale di sostanza secca riscontrata nella zona apicale è verosimilmente dovuta alla notevole presenza di foglie bratteali quasi assente alla base e sulla frazione intermedia, che, dotate di tessuti poco idratati, hanno innalzato il contenuto di s.s. riscontrato in questa zona. Elevato contenuto si è verificato anche nello scarto poiché caratterizzato da tessuti con funzione strutturale, parzialmente lignificati e destinati a sostenere il turione durante il suo accrescimento.

Per quanto riguarda le analisi chimiche si è osservato che il contenuto di nitrati (NO_3) è risultato marcatamente più elevato rispetto a quanto verificato da Papadopoulou *et al.* (2003). Inoltre il continuo decremento a partire da R2 fino alla fine delle raccolte risulta in netto contrasto con quanto affermato da Shou *et al.* (2007) dove invece si è registrato un marcato incremento dei valori. Questo è probabilmente dovuto al fatto che nell'annata di prova nelle prime raccolte, si è operato in presenza di cielo coperto, bassa intensità luminosa e piovosità elevata e quindi l'enzima nitrato riduttasi non ha ridotto il nitrato in nitrito in modo consistente come invece si è verificato nelle raccolte successive quando le condizioni climatiche sono migliorate sia sotto il profilo termico che luminoso.

Nelle diverse parti di turione, le basali e di scarto, sono state quelle con maggior contenuto di nitrati poiché rappresentano le zone più vascolarizzate (Santamaria, 2006), più interessate al passaggio di nutrienti verso la parte apicale e meno illuminate. Parte intermedia e apicale non presentano contenuti elevati poiché, oltre ad essere meno vascolarizzate, sono molto più illuminate e quindi il nitrato viene degradato con maggiore intensità (Gniazdowska-Skoczek, 1998).

Il contenuto di nitriti (NO_2) sia sul peso secco che sul fresco non ha presentato variazioni né durante le raccolte, né nelle due località e nemmeno nelle diverse parti del

turione. Ciò può essere attribuito al fatto che la nitrito riduttasi ha degradato sufficientemente i nitriti presenti mantenendo una concentrazione relativamente modesta e marcatamente più ridotta di quella riscontrato da Shou *et al.* nel 2007.

I pigmenti hanno manifestato contenuti tendenzialmente crescenti per la clorofilla *a* nelle varie raccolte a differenza della clorofilla *b* e delle xantofille + carotenoidi che sono rimasti più stabili in valori nettamente inferiori. Il crescente contenuto di CA è dovuto alla crescente temperatura e intensità luminosa. Inoltre, Piombino Dese ha manifestato i quantitativi maggiori di tutti i pigmenti con valori crescenti dalla parte di scarto alla parte apicale dei turioni.

La capacità antiossidativa totale, sia sul peso secco che fresco, ha mostrato differenze significative tra le raccolte soprattutto in R4 dove il contenuto è stato maggiore. Questo è probabilmente dovuto agli stress subiti dalla pianta (Shao *et al.*, 2008), sia sotto il profilo idrico, visto che in entrambe le località si sono verificati eventi piovosi intensi, che sotto quello termico poiché le temperature medie, attestandosi attorno ai 15°C, sono state inferiori rispetto alla media ottimale di 18-28°C (Falavigna e Palumbo, 2001). Tra le due località, si sono osservate differenze consistenti e a Piombino Dese si è manifestata la maggiore concentrazione relativamente al contenuto di antiossidanti. Per quanto riguarda l'attività antiossidativa si può affermare che gli asparagi esaminati hanno presentato maggiori concentrazioni nei confronti del cavolo broccolo (Sun *et al.*, 2007). Nei turioni, la parte apicale ha presentato i maggiori livelli di antiossidanti nettamente superiori alle altre parti in accordo con Papadopoulou *et al.* (2003) e questo è da attribuire alla maggiore esposizione della parte apicale alle basse temperature che favorisce il contenuto di antociani cioè antiossidanti (Falavigna *et al.*, 2001). Sakaguchi *et al.* (2008) ha evidenziato il forte potere antiossidante dell'asparago grazie alla presenza di rutina e vitamina C e la CAT contenuta nello stesso è considerata tra le più elevate rispetto a quella di tutti gli ortaggi di più largo consumo. Nel succo di asparago queste sostanze hanno una biodisponibilità maggiore rispetto a quando sono crudi o cucinati, questo perché i turioni sono soggetti ad un processo di lignificazione, cioè a deterioramento, molto rapido in post-raccolta (http://www.adieta.it/news/news_item.asp?NewsID=376). Chrubasik *et al.* (2008) hanno affermato che l'impiego di asparagi nella composizione della dieta può aumentare gli effetti positivi di un regime alimentare a basso contenuto calorico, migliorando la pressione sanguigna, i valori ematici e l'umore.

L'analisi dei FT sia sul peso secco che fresco, ha mostrato differenze significative tra le concentrazioni riscontrate alle varie raccolte, in particolare si è osservato che queste sono andate via via decrescendo a partire da R2 fino a R6. Nelle due località, non si sono notate differenze significative e nelle parti di turione, come per gli antiossidanti, quella apicale ha presentato il maggior contenuto di polifenoli. In ogni caso i dati ricavati sono risultati inferiori a quelli riferiti da Shou *et al.* nel 2007 su altre varietà.

Concludendo è possibile affermare che:

- gli asparagi raccolti a Piombino Dese hanno presentato un minor contenuto di sostanza secca, ma un maggior peso unitario dei turioni rispetto a quelli raccolti a Barbona;

Asparago: prova 2

- la percentuale di sostanza secca ha evidenziato che, nelle diverse parti di turione, quella apicale ha espresso i valori maggiori, seguita dalla parte di scarto e dalle due centrali;
- per quanto riguarda gli antiossidanti, i turioni prelevati a Piombino Dese hanno manifestato livelli significativamente più alti, mentre i polifenoli, non hanno avuto variazioni nelle due località. Il confronto tra le parti di turione ha evidenziato che quella apicale si è drasticamente diversificata dalle altre presentando quantitativi fino a tre volte superiori. In relazione ai polifenoli, essendo anch'essi componenti ad azione antiossidasica, hanno presentato, seppur con intensità diversa, risposte analoghe a quelle della capacità antiossidasica totale;
- i pigmenti sono stati più concentrati nei asparagi provenienti da Piombino Dese nei confronti della clorofilla *a*, e xantofille + carotenoidi mentre per la clorofilla *b* non si sono osservate differenze tra le due località. La clorofilla *a* è stato il pigmento maggiormente presente nel turione e complessivamente, la parte apicale, è risultata più pigmentata rispetto alle altre che hanno evidenziato depigmentazione procedendo dall'apice verso la base;
- il contenuto di nitrati e nitriti riscontrato nei turioni prelevati nelle due località, non ha mostrato differenze significative e la quantità di questi composti è molto inferiore al limite massimo ammesso dall'Unione Europea (ADI). Il turione, nei confronti del contenuto di nitrati, ha mostrato un gradiente decrescente passando dalla base all'apice, mentre per i nitriti non si è verificata nessuna differenza. Tale condizione rappresenta un aspetto positivo dal punto di vista nutrizionale e salutistico considerando che un'elevata assunzione di nitrati e nitriti, può causare gravi malattie all'apparato circolatorio, digerente e respiratorio.

BIBLIOGRAFIA

- CHRUBASIK S., DROSTE C., BLACK A. 2008. Asparagus P[®] cannot compete with first-line diuretics in lowering the blood pressure in treatment-requiring antihypertensives. *Phytotherapy Research*, 23(9):1345-1346.
- CRIVELLI G. 2002. La gestione degli asparagi dopo la raccolta. *L'Informatore agrario*, 50:30-32.
- FALAVIGNA A. 2007. Asparago: resa e qualità col miglioramento genetico CRA – Unità di Ricerca per l'Orticoltura, Montanaso Lombardo (LO) 85-87.
- FALAVIGNA A. 2008. Innovazione, qualità e marketing: parole d'ordine per l'asparago. *L'Informatore agrario*, 3:42-45.
- FALAVIGNA A. E PALUMBO A.D. 2001. La coltura dell'asparago. Calderini edagricole.
- GNAZDOWSKA-SKOCZEK H. 1998. Effect of light on nitrate reductase activity and stability in seedling leaves of selected barley genotypes. *Acta Physiol. Plant.*, 20(2):150-160.
- KETSA S., UTHAIBURT J. 1987. Chemical composition of white and green spears of asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *Asean Food J.*, 3:77-78.
- LICHTENTHALER H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of the photosynthetic biomembranes. *Methods Enzymol.*, 148:350-382.
- PALUMBO A.D. 2001. I punti critici nella coltivazione dell'asparago. *L'Informatore agrario*, 50:30-32.
- PAPADOPOULOU P.P., SIOMOS A.S., DOGRAS C.C. 2002. Textural and compositional changes of green and white asparagus spears during storage. *Acta Hort.*, 579:647-651.
- PAPADOPOULOU P.P., SIOMOS A.S., DOGRAS C.C. 2003. Comparison of textural and compositional attributes of green and white asparagus produced under commercial conditions. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58:1-9.
- PIAZZA R. 2002. Le esigenze del mercato e del consumatore. *L'informatore agrario*, 39:69-70.
- PIMPINI F. 1990. Asparago. In Bianco V.V., Pimpini F. *Orticoltura*, pp 42-76. Bologna,- Patron editore.
- SAKAGUCHI Y., OZAKI Y., MIYAJIMA I., YAMAGUCHI M., FUKUI Y., IWASA K., MOTOKI S., SUZUKI T., OKUBO H. 2008. Major anthocyanins from purple asparagus (*Asparagus officinalis*). *Phytochemistry* 69(8):1763-1766.
- SANTAMARIA P. 2006. Review Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 86:10-17.

- SANTAMARIA P., ELIA A., SERIO F. E TODARO E. 1999. A survey of nitrate and oxalate content in fresh vegetables. *J. Sci. Food Agric.*, 79:1882-1888.
- SHAO H., CHU L., SHAO M., CHERUTH A.J., MI H. 2008. Higher plant antioxidants and redox signaling under environmental stresses. *C. R. Biologies*, 331:433-441.
- SHOU S., LU G., HUANG X. 2007. Seasonal variation in nutritional components of green asparagus using the mother fern cultivation. *Scientia Horticulturae*, 112:251-257.
- SUN T., POWERS J.R. E TANG J. 2007. Evaluation of the antioxidant activity of asparagus, broccoli and their juices. *Food chemistry*, 105:101-106.
- WILSON D.R., SINTON S.M., BUTLER R.C., DROST D.T., PASCHOLD P.J., VAN KRUISTUM G., POLL J.T.K., GARCIN C., PERTIERRA R., VIDAL I., GREEN K.R. 2005. Carbohydrates and yield physiology of asparagus – A global overview. 11th International Asparagus Symposium, Horst, The Netherlands, June.

Siti web citati:

http://www.adieta.it/news/news_item.asp?NewsID=376

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

<http://www.raggivivai.it>

<http://www.vivaimazzoni.it>

TABELLE E FIGURE

Tabella 2 – Elenco degli ibridi posti a confronto presso il Centro Sperimentale Ortofloricolo “Po di Tramontana”.

202	H 677	CRA-ISO Montanaso L.	(I)
203	H 691	CRA-ISO Montanaso L.	(I)
205	H 710	CRA-ISO Montanaso L.	(I)
206	H 711	CRA-ISO Montanaso L.	(I)
208	H 715	CRA-ISO Montanaso L.	(I)
209	H 717	CRA-ISO Montanaso L.	(I)
210	H 718	CRA-ISO Montanaso L.	(I)
211	H 719	CRA-ISO Montanaso L.	(I)
212	H 720	CRA-ISO Montanaso L.	(I)
213	H 721	CRA-ISO Montanaso L.	(I)
214	H 722	CRA-ISO Montanaso L.	(I)
215	H 724	CRA-ISO Montanaso L.	(I)
216	H 726	CRA-ISO Montanaso L.	(I)
217	AM 840	CRA-ISO Montanaso L.	(I)
218	AM 859	CRA-ISO Montanaso L.	(I)
218	AM 868	CRA-ISO Montanaso L.	(I)
220	AM 877	CRA-ISO Montanaso L.	(I)
221	AM 878	CRA-ISO Montanaso L.	(I)
222	AM 879	CRA-ISO Montanaso L.	(I)
223	AM 880	CRA-ISO Montanaso L.	(I)
224	ZENO	VENETO AGR-CRPV	(I)
225	ITALO	FOUR	(I)
226	EROS	APOFRUIT	(I)
227	ERCOLE	APOFRUIT	(I)
228	MARTE	VENETO AGR-CRPV	(I)
229	GRANDE	CONVASE	(USA)
232	RAMIRES	SUD-WEST S. DR. SPATH	(D)
234	RAMADA	SUD-WEST S. DR. SPATH	(D)
235	AVALIM	LIMBURG BV	(NL)
236	GROLIM	LIMBURG BV	(NL)
237	RAPSODY	SUD-WEST S. DR. SPATH	(D)

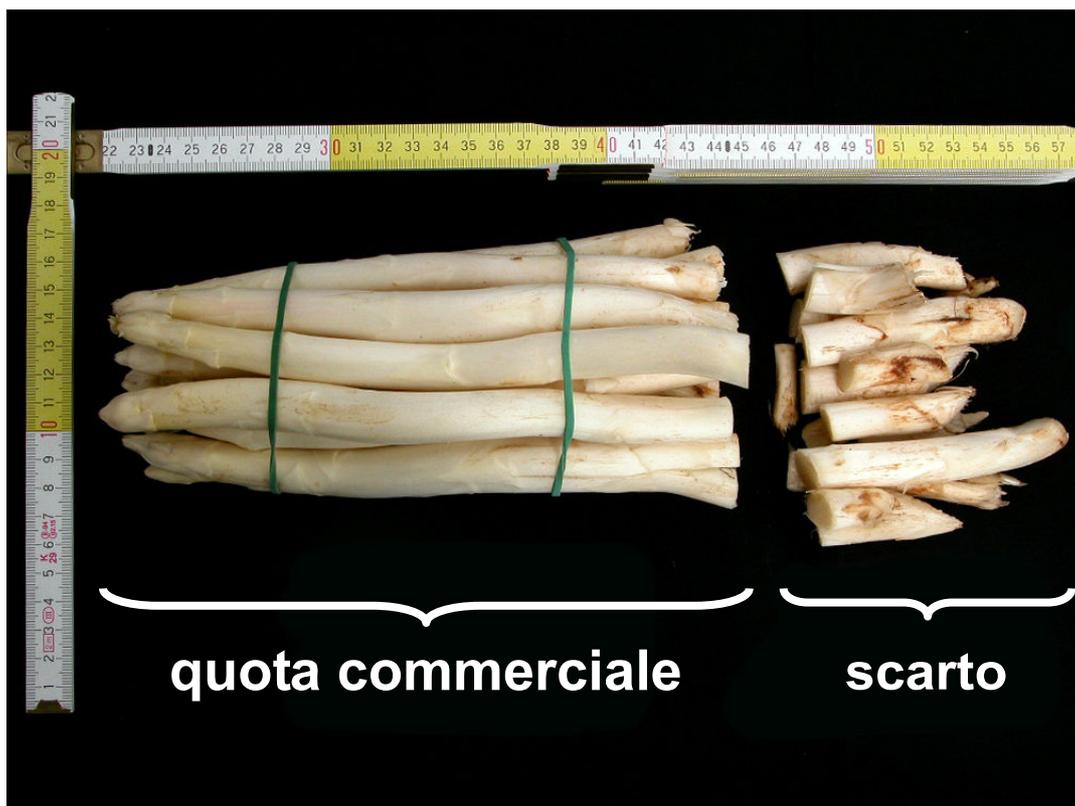


Figura 4 – Suddivisione dei turioni in quota commerciale e scarto.

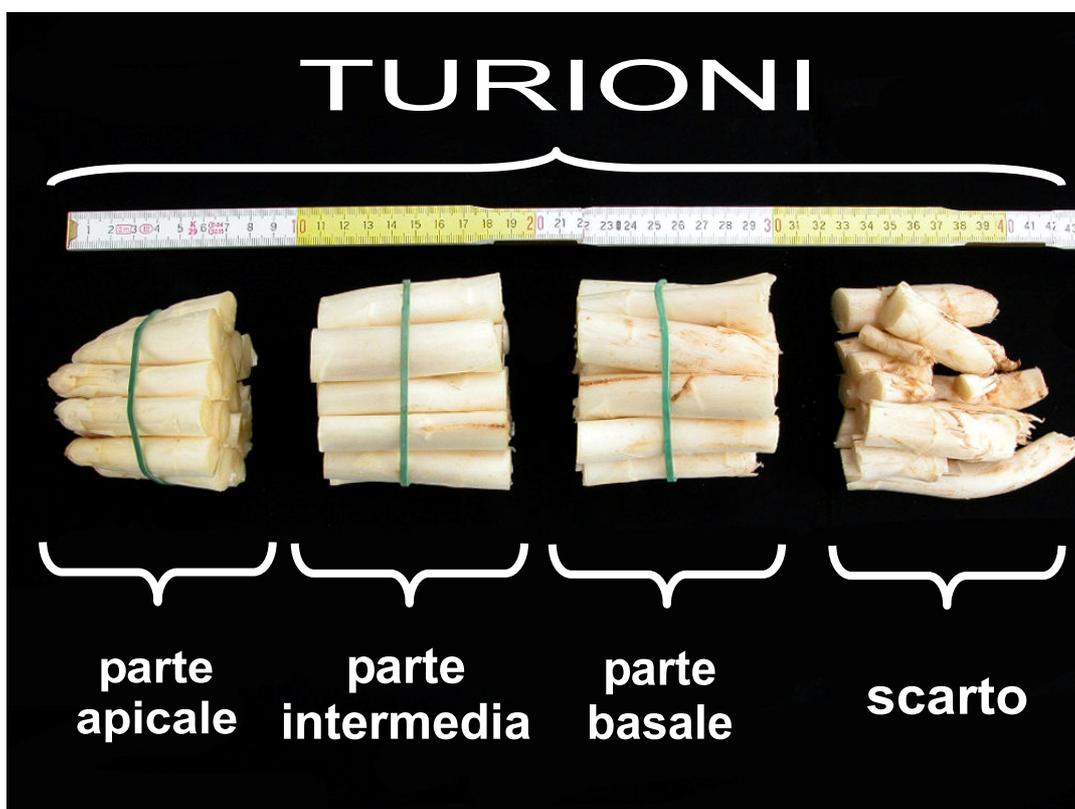


Figura 5 – Panoramica della suddivisione completa dei turioni nelle quattro parti: apicale, intermedia, basale e scarto.

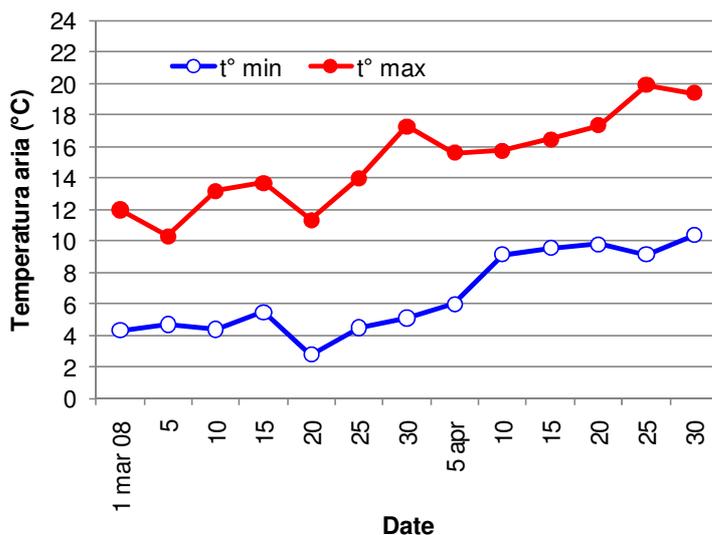


Figura 6 - Temperature massime e minime dell'aria (°C) relative al periodo di raccolta (medie pentadiche).

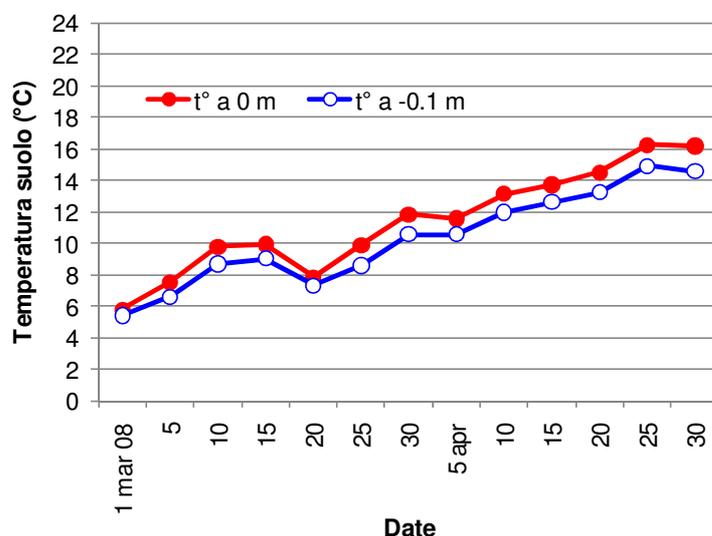


Figura 7 - Temperature medie del suolo (°C) registrate a 0.0 e -0.1 m relative al periodo di raccolta (medie pentadiche).

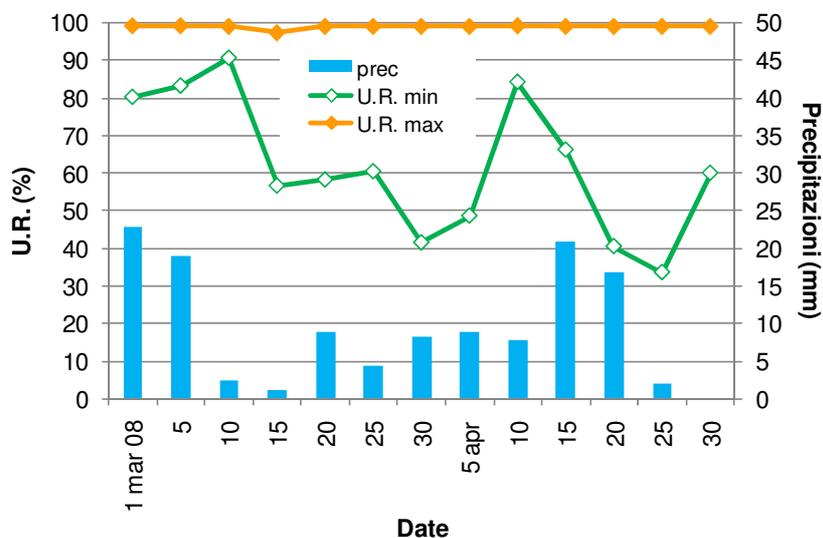


Figura 8 - U.R. (%) massima, minima e precipitazioni relative al periodo di raccolta (medie pentadiche).

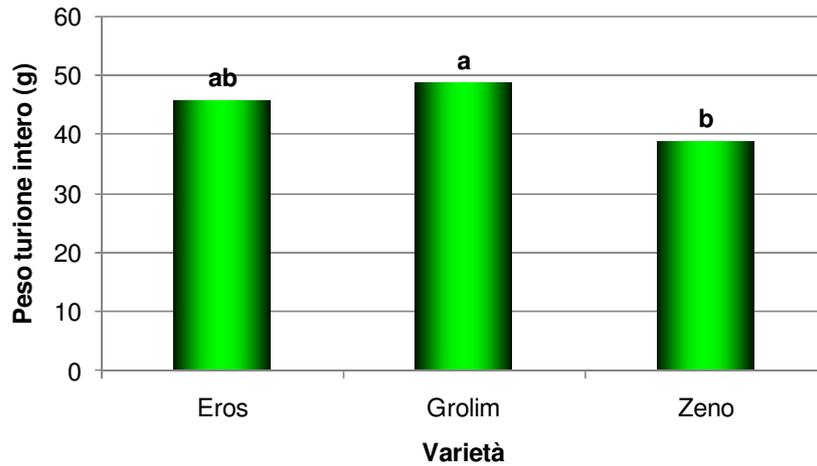


Figura 9 - Effetto delle varietà sul peso (g) del turione intero.

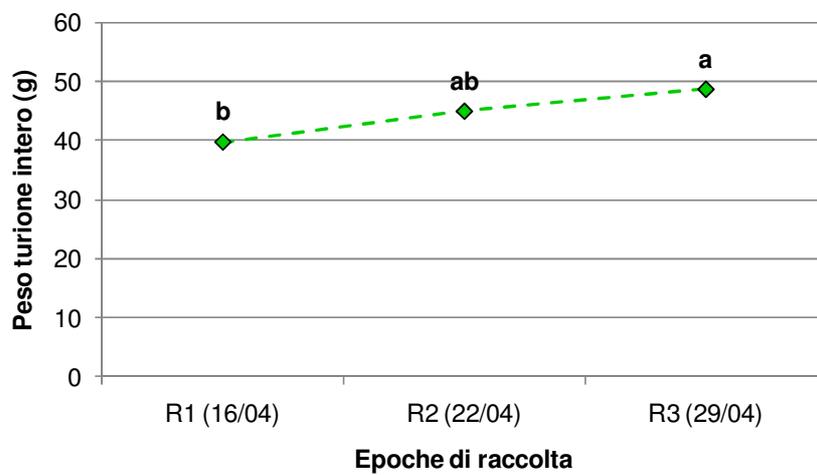


Figura 10 - Effetto dell'epoca di raccolta sul peso (g) del turione intero.

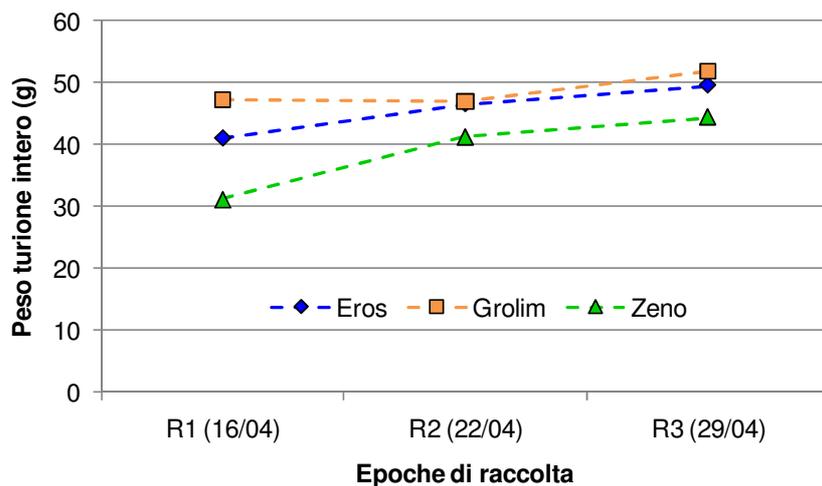


Figura 11 - Diversa influenza dell'epoca di raccolta sul peso (g) del turione intero in relazione alle varietà.

I valori senza alcuna lettera in comune (Figg. 9-10-11) differiscono significativamente per $P \leq 0.01$ secondo il test HSD di Tukey. L'interazione riportata in figura 11 è significativa per $P \leq 0.05$.

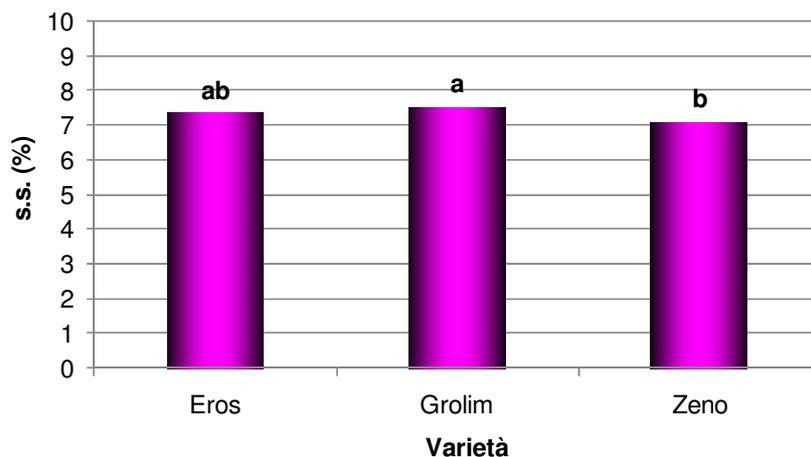


Figura 12 - Effetto delle varietà sulla concentrazione di sostanza secca (%) nel turione intero.

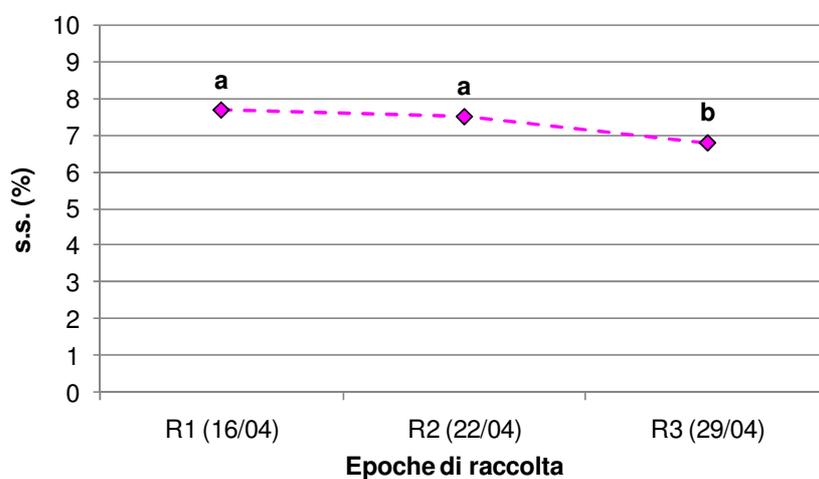


Figure 13 - Effetto dell'epoca di raccolta sulla concentrazione di sostanza secca (%) nel turione intero.

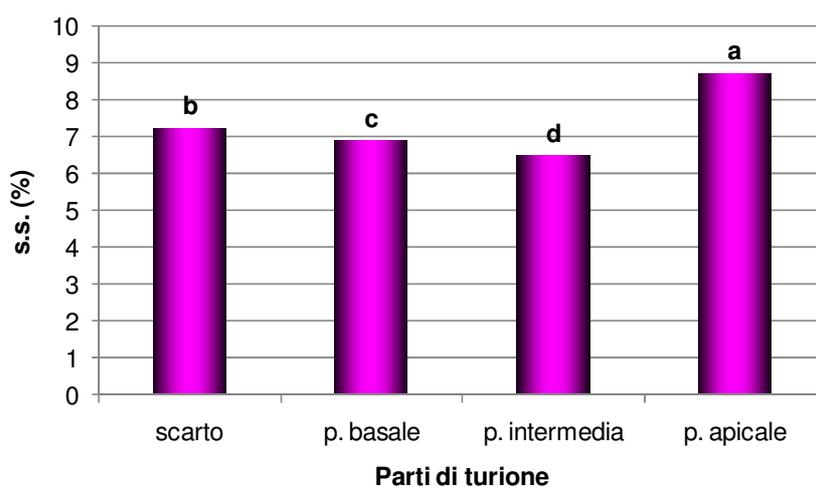


Figura 14 - Concentrazione di sostanza secca (%) nelle diverse parti di turione.

I valori senza alcuna lettera in comune (Figg. 12-13-14) differiscono significativamente per $P \leq 0.01$ secondo il test HSD di Tukey.

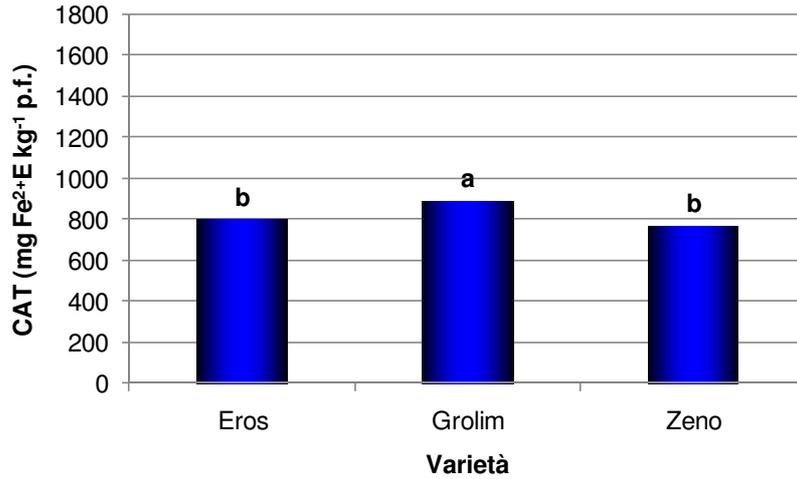


Figura 15 - Effetto delle varietà sulla capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nel turione intero.

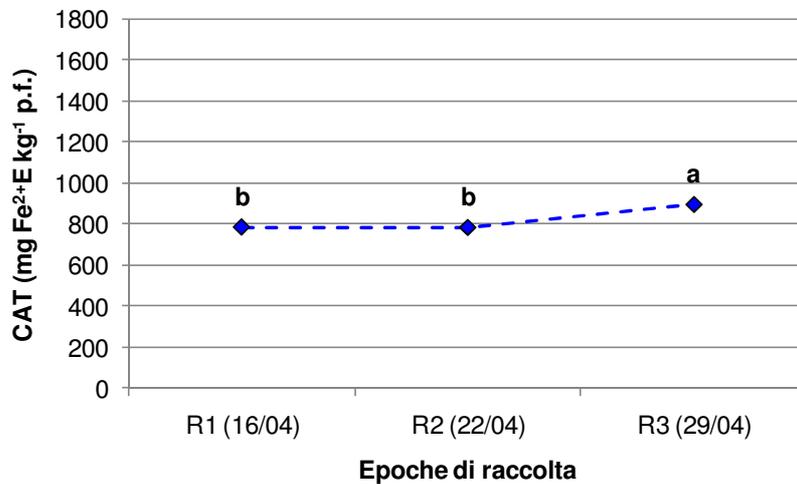


Figura 16 - Effetto delle epoche di raccolta sulla capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nel turione intero.

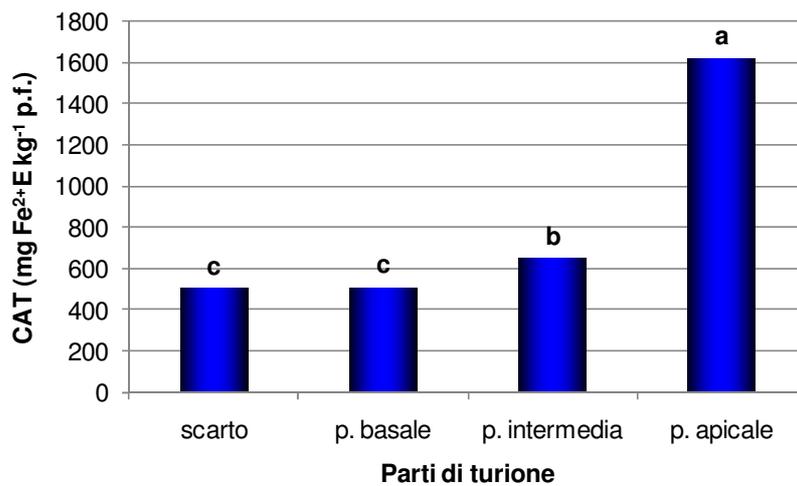


Figura 17 – Capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nelle diverse parti del turione.

I valori senza alcuna lettera in comune (Figg. 15-16-17) differiscono significativamente per $P \leq 0.05$ secondo il test HSD di Tukey.

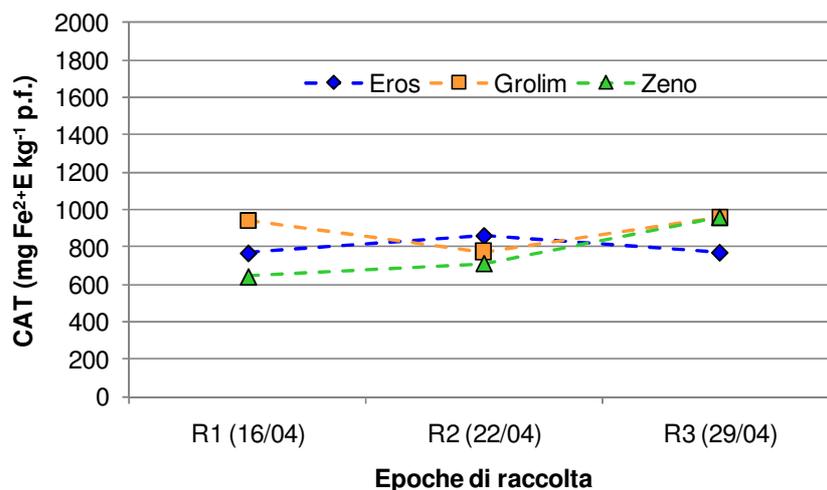


Figura 18 - Diversa influenza dell'epoca di raccolta sulla capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nel turione intero in relazione alle varietà.

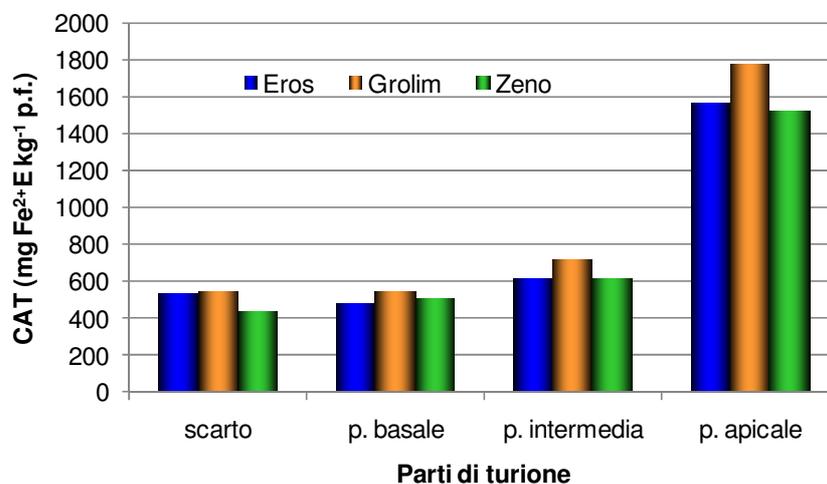


Figura 19 - Diversa influenza delle varietà sulla capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nelle parti di turione.

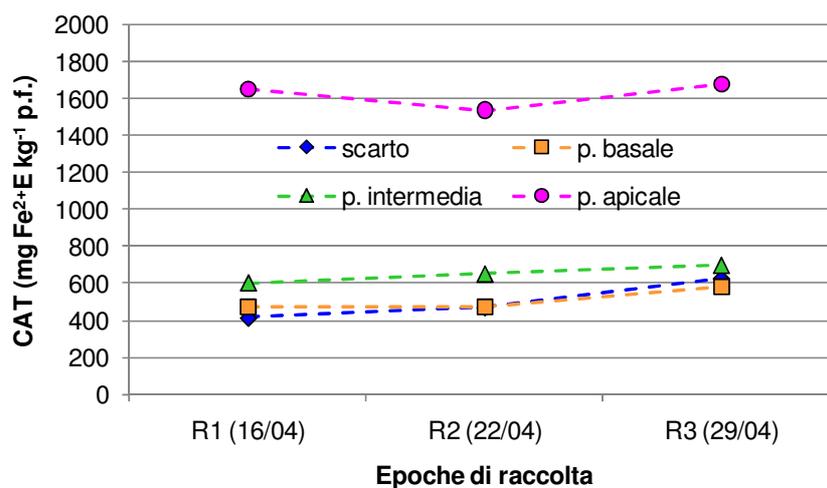


Figura 20 - Diversa influenza dell'epoca di raccolta sulla capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nelle parti di turione.

Le interazioni riportate nelle figure 18-19-20 sono significative rispettivamente per $P \leq 0.001$, $P \leq 0.01$ e $P \leq 0.05$.

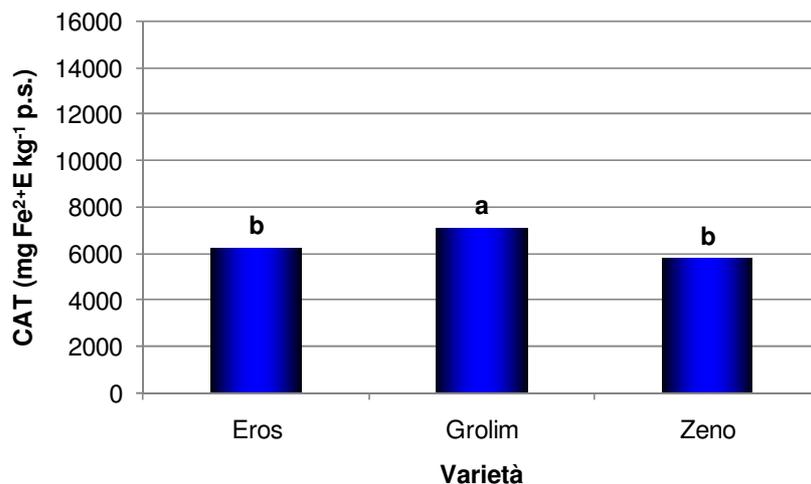


Figura 21 - Effetto delle varietà sulla capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.s.) nel turione intero.

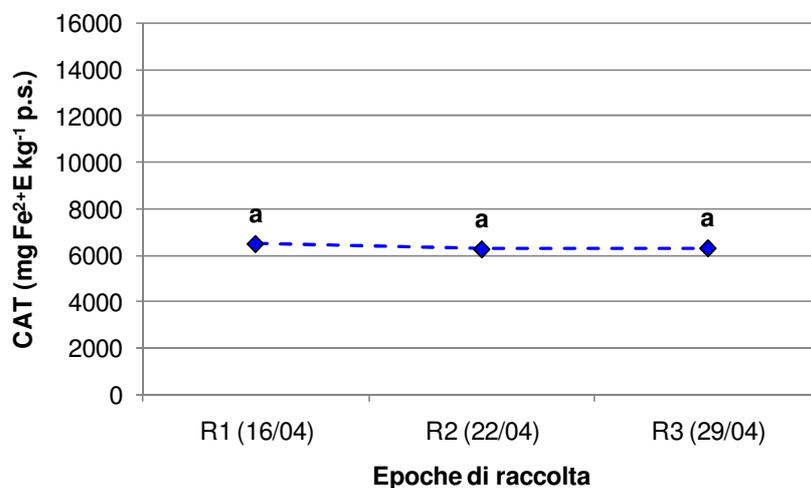


Figura 22 - Effetto delle epoche di raccolta sulla capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.s.) nel turione intero.

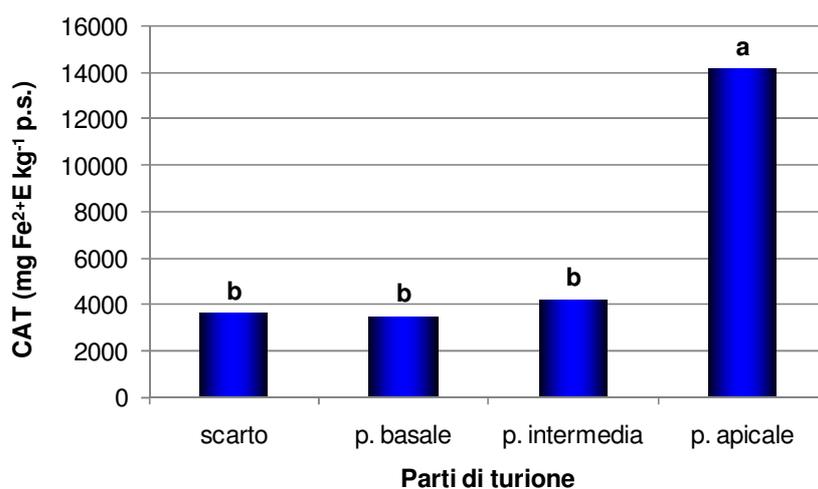


Figura 23 - Capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.s.) nelle diverse parti del turione.

I valori senza alcuna lettera in comune (Figg. 21-22-23) differiscono significativamente per P ≤ 0.01 secondo il test HSD di Tukey.

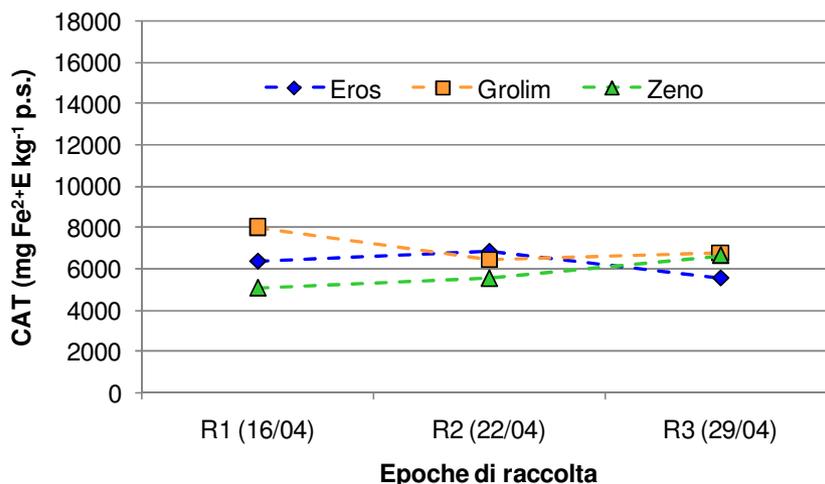


Figura 24 - Diversa influenza dell'epoca di raccolta sulla capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.s.) nel turione intero in relazione alle varietà.

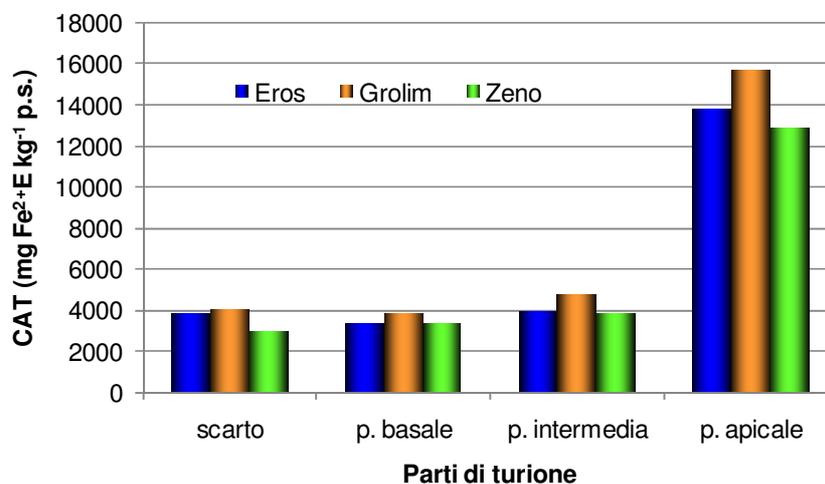


Figura 25 - Diversa influenza delle varietà sulla capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.s.) nelle parti di turione.

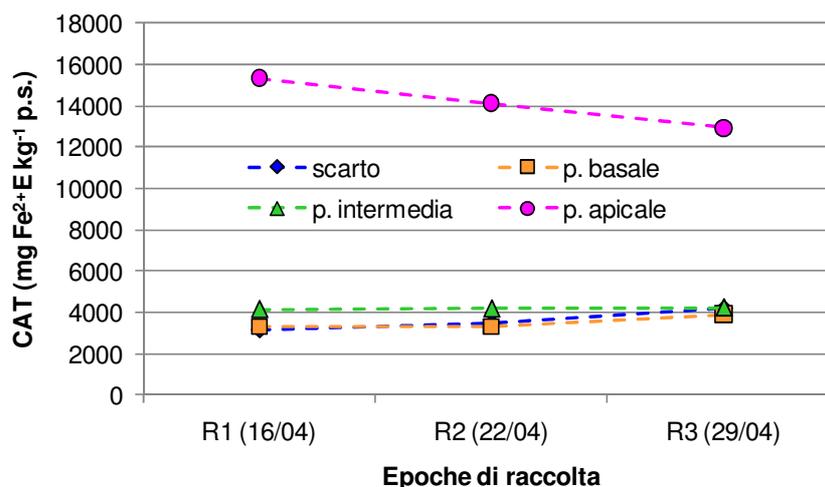


Figura 26 - Diversa influenza dell'epoca di raccolta sulla capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.s.) nelle parti di turione.

Le interazioni riportate nelle figure 24-25-26 sono significative rispettivamente per $P \leq 0.001$, $P \leq 0.05$ e $P \leq 0.05$.

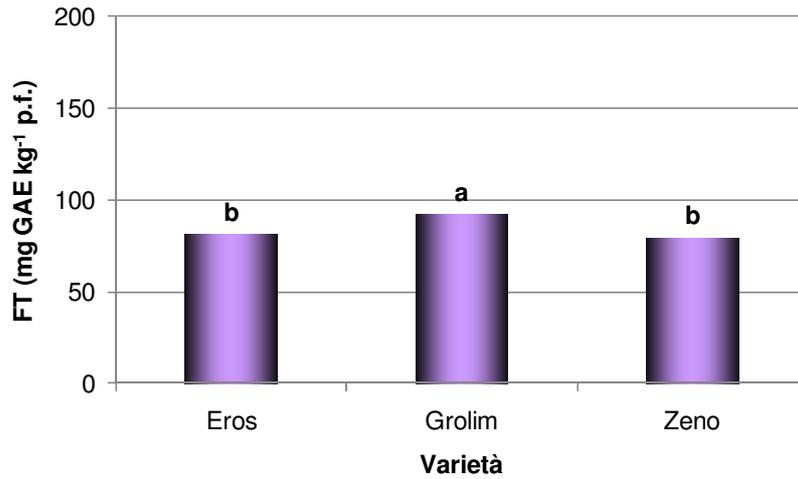


Figura 27 - Effetto delle varietà sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.f.) nel turione intero.

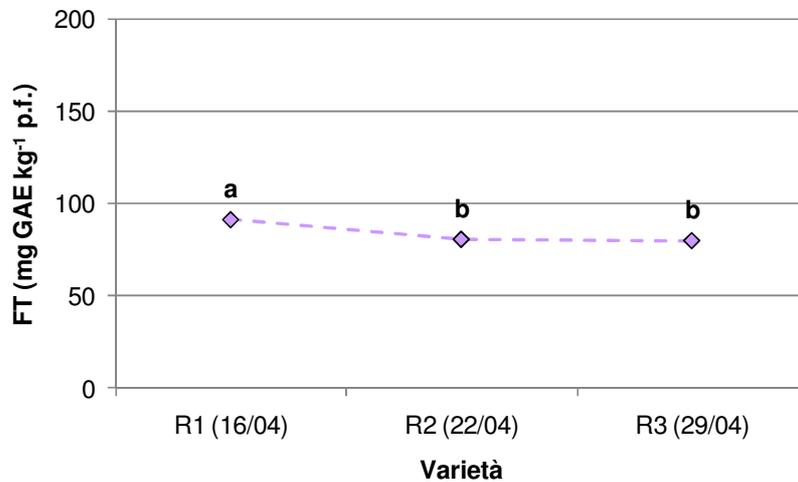


Figura 28 - Effetto delle epoche di raccolta sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.f.) nel turione intero.

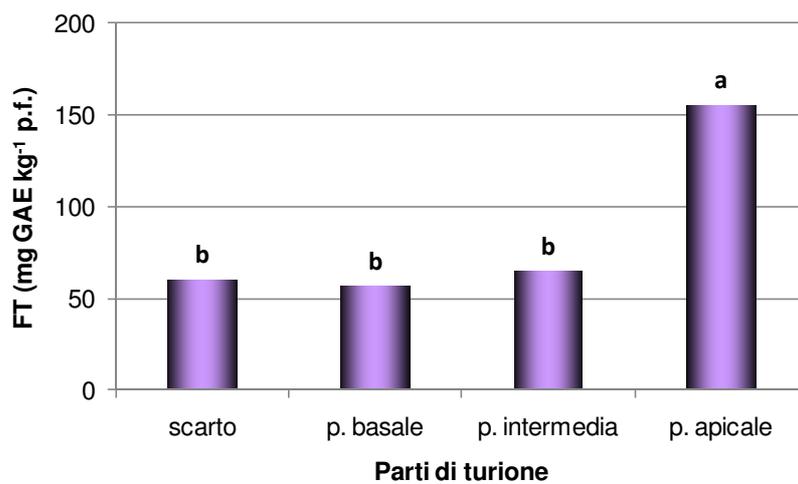


Figura 29 - Contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.f.) nelle diverse parti del turione.

I valori senza alcuna lettera in comune (Figg. 27-28-29) differiscono significativamente per $P \leq 0.01$ secondo il test HSD di Tukey.

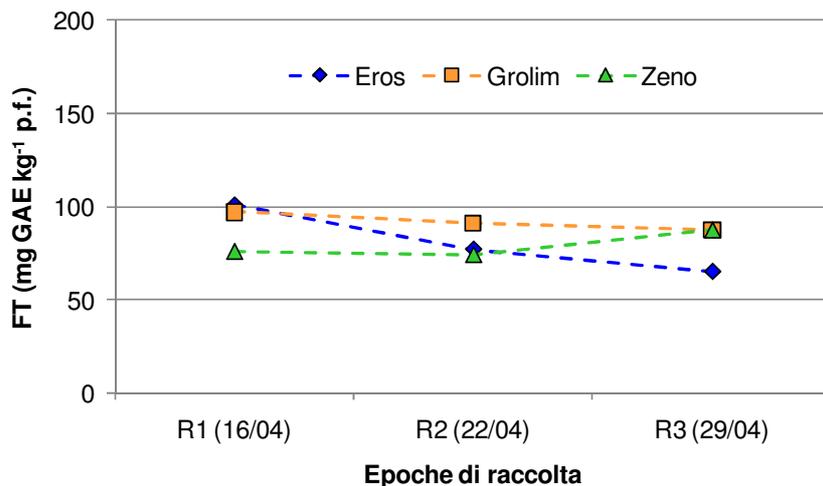


Figura 30 - Diversa influenza dell'epoca di raccolta sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.f.) nel turione intero in relazione alle varietà.

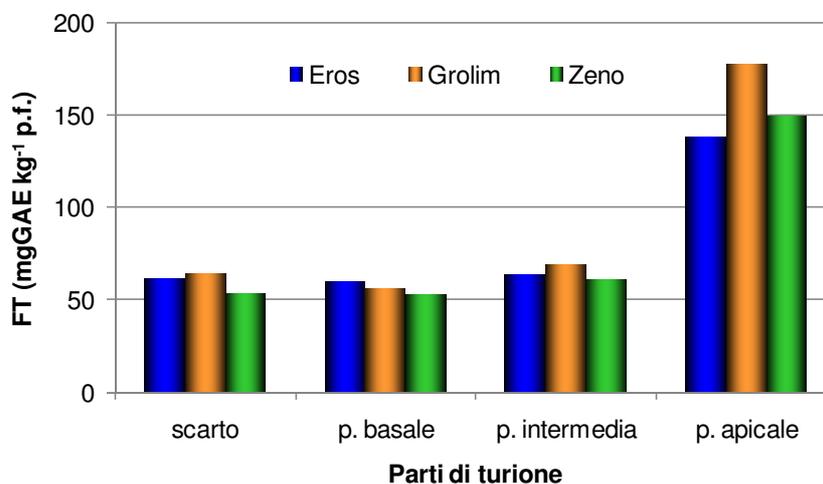


Figura 31 - Diversa influenza delle varietà sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.f.) nelle parti di turione.

Le interazioni riportate nelle figure 30-31 sono significative rispettivamente per $P \leq 0.01$ e $P \leq 0.05$.

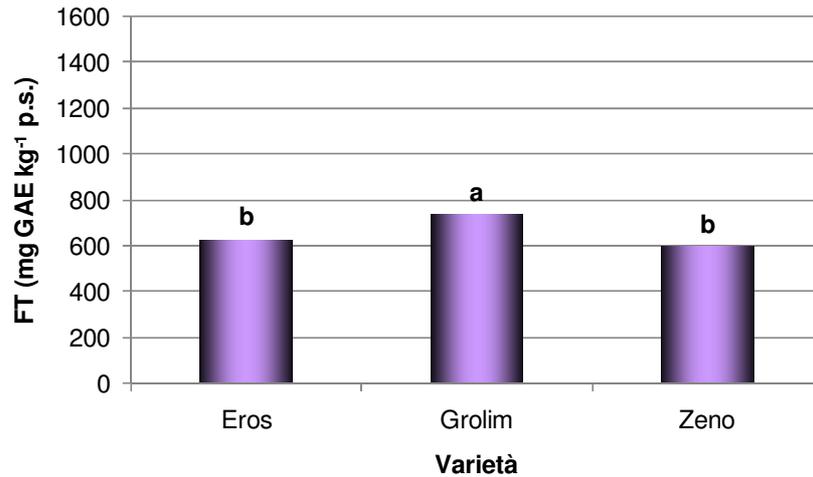


Figura 32 - Effetto delle varietà sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.) nel turione intero.

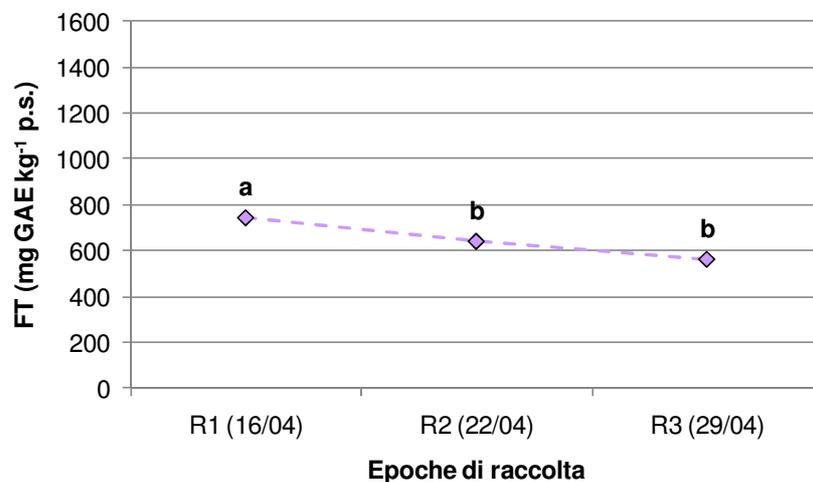


Figura 33 - Effetto delle epocche di raccolta sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.) nel turione intero.

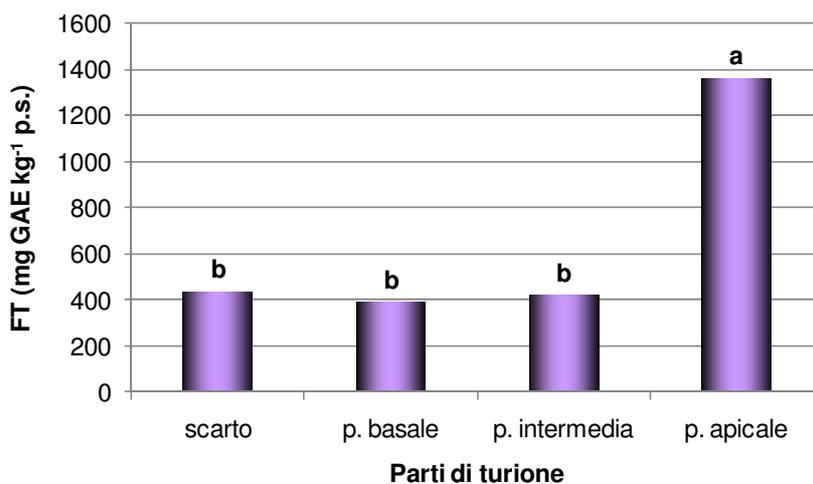


Figura 34 - Contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.) nelle diverse parti del turione.

I valori senza alcuna lettera in comune (Figg. 32-33-34) differiscono significativamente per $P \leq 0.001$ secondo il test HSD di Tukey.

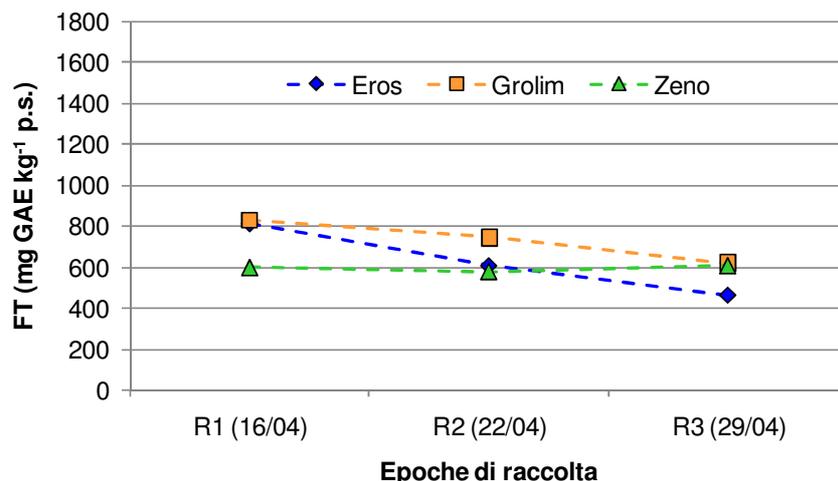


Figura 35 - Diversa influenza dell'epoca di raccolta sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.) nel turione intero in relazione alle varietà.

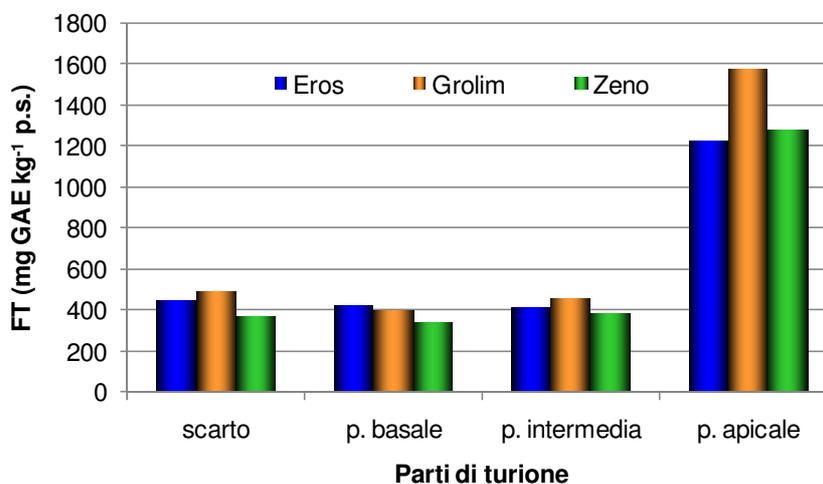


Figura 36 - Diversa influenza delle varietà sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.) nelle parti di turione.

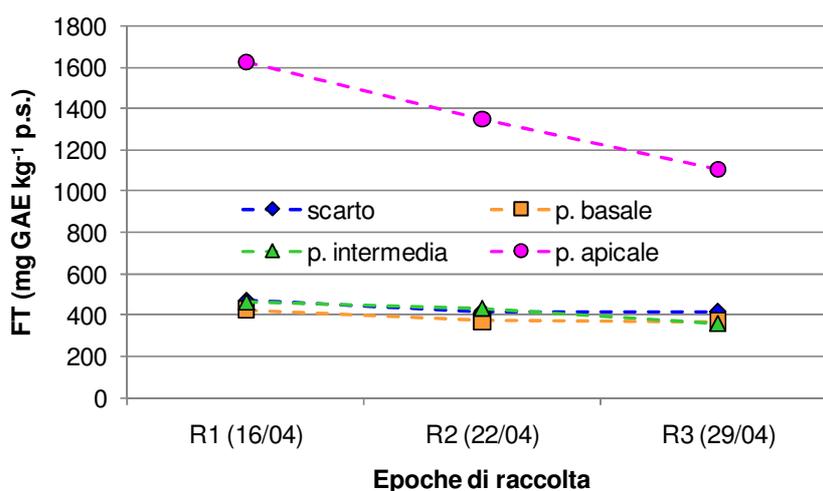


Figura 37 - Diversa influenza dell'epoca di raccolta sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.) nelle parti di turione.

Le interazioni riportate nelle figure 35-36-37 sono significative rispettivamente per $P \leq 0.01$, $P \leq 0.05$ e $P \leq 0.001$.

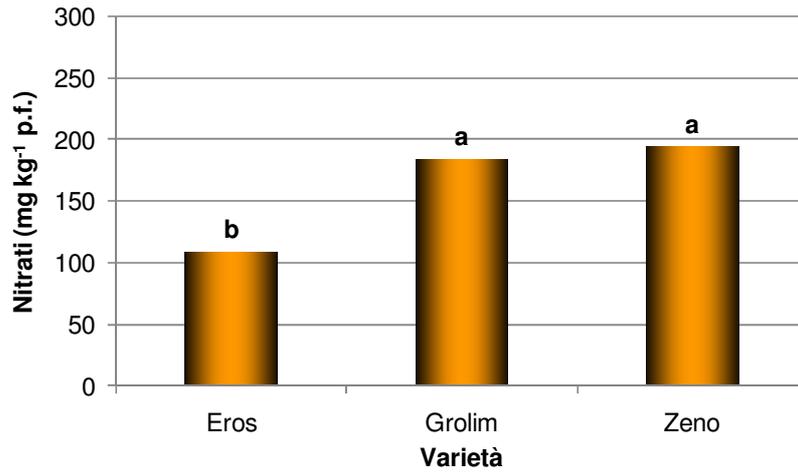


Figura 38 - Effetto delle varietà sul contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.f.) nel turione intero.

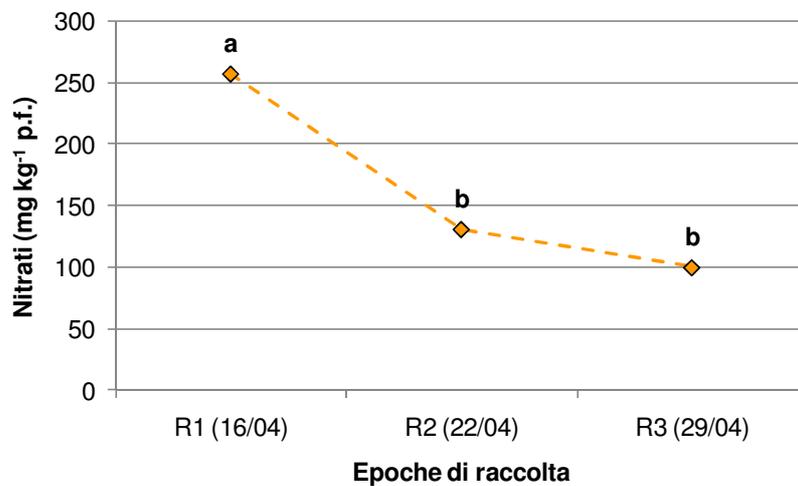


Figura 39 - Effetto delle epoche di raccolta sul contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.f.) nel turione intero.

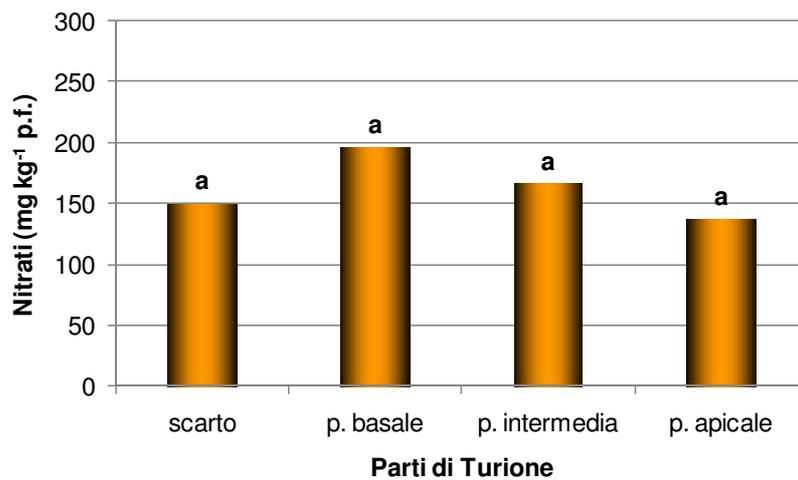


Figura 40 - Contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.f.) nelle diverse parti del turione.

I valori senza alcuna lettera in comune (Figg. 38-39) differiscono significativamente per $P \leq 0.01$ secondo il test HSD di Tukey.

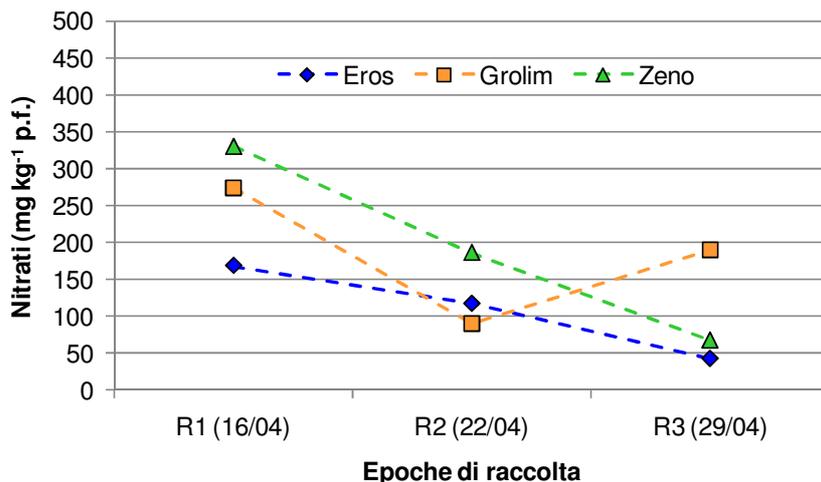


Figura 41 - Diversa influenza dell'epoca di raccolta sul contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.f.) nel turione intero in relazione alle varietà.

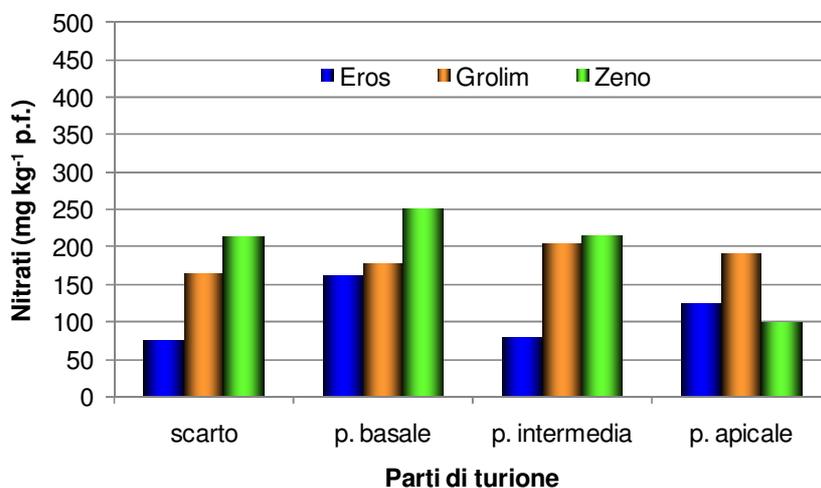


Figura 42 - Diversa influenza delle varietà sul contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.f.) nelle parti di turione.

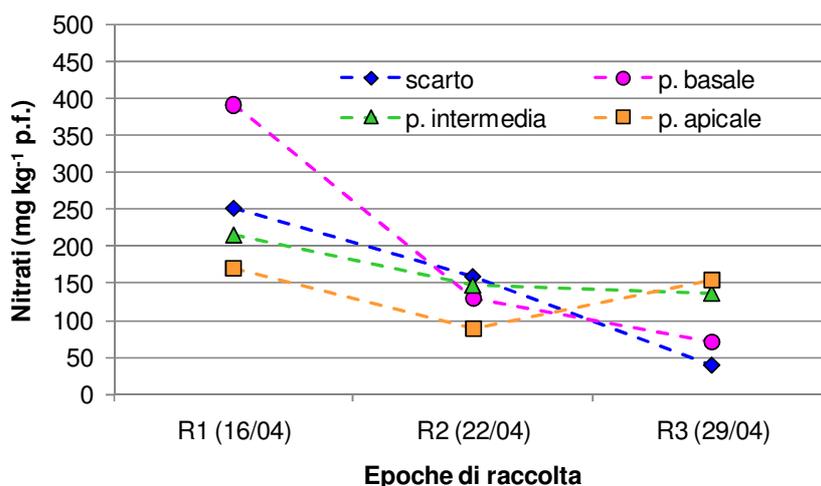


Figura 43 - Diversa influenza dell'epoca di raccolta sul contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.f.) nelle parti di turione.

Le interazioni riportate nelle figure 41-42-43 sono significative rispettivamente per $P \leq 0.01$, $P \leq 0.05$ e $P \leq 0.01$.

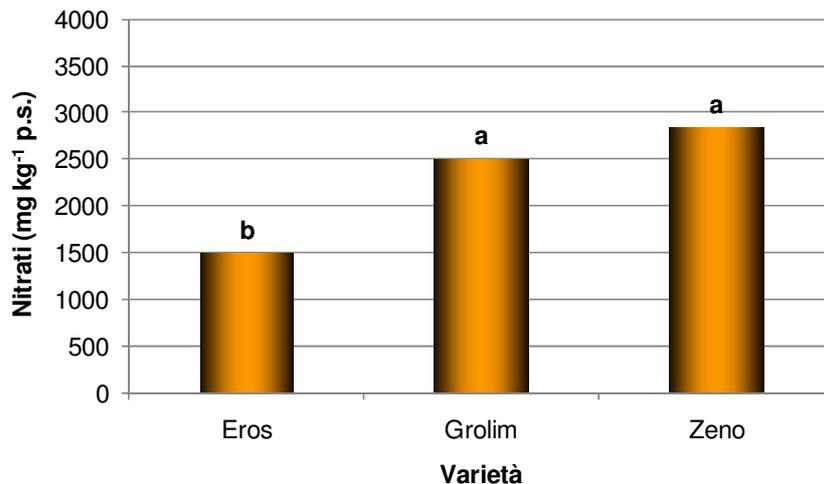


Figura 44 - Effetto delle varietà sul contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.s.) nel turione intero.

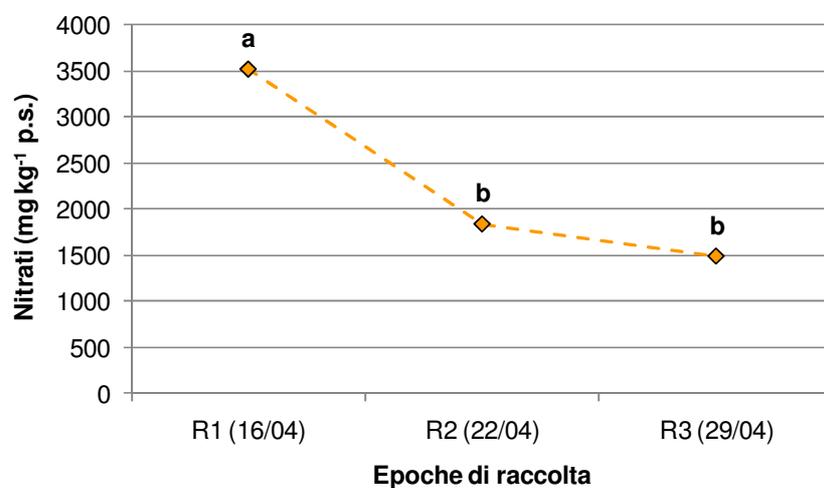


Figura 45 - Effetto dell'epoca di raccolta sul contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.s.) nel turione intero.

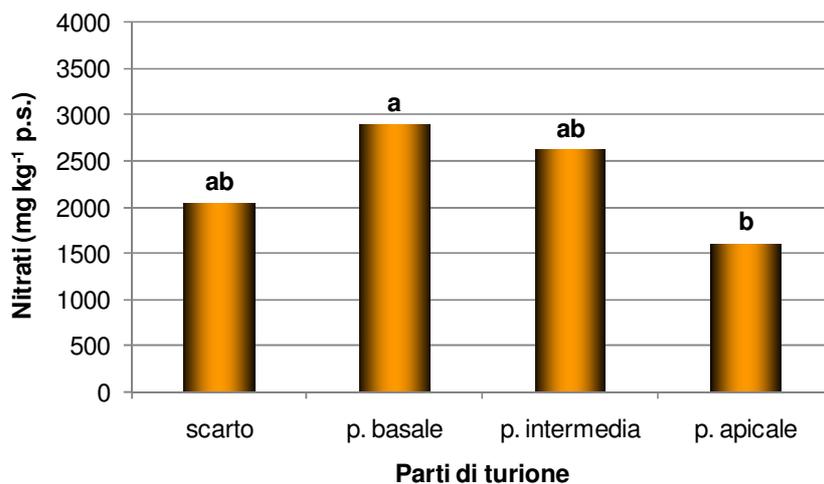


Figura 46 - Contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.s.) nelle diverse parti del turione.

I valori senza alcuna lettera in comune (Figg. 44-45-46) differiscono significativamente per $P \leq 0.01$ secondo il test HSD di Tukey.

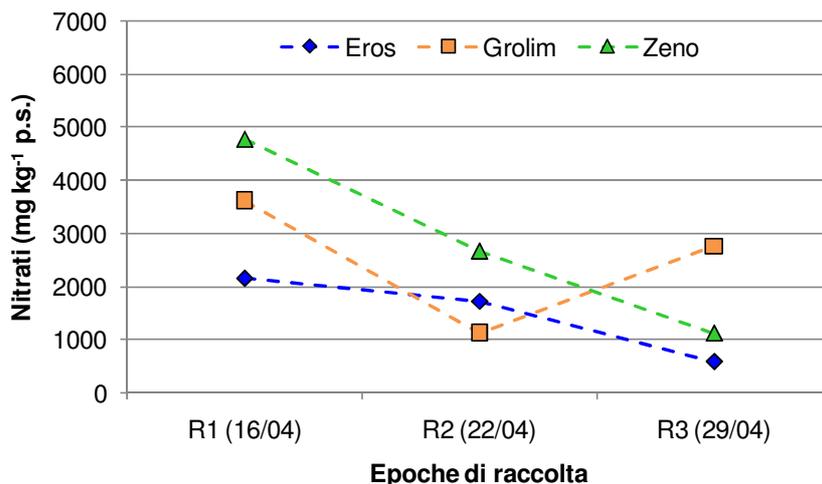


Figura 47 - Diversa influenza dell'epoca di raccolta sul contenuto di nitrati (mg kg^{-1} p.s.) nel turione intero in relazione alle varietà.

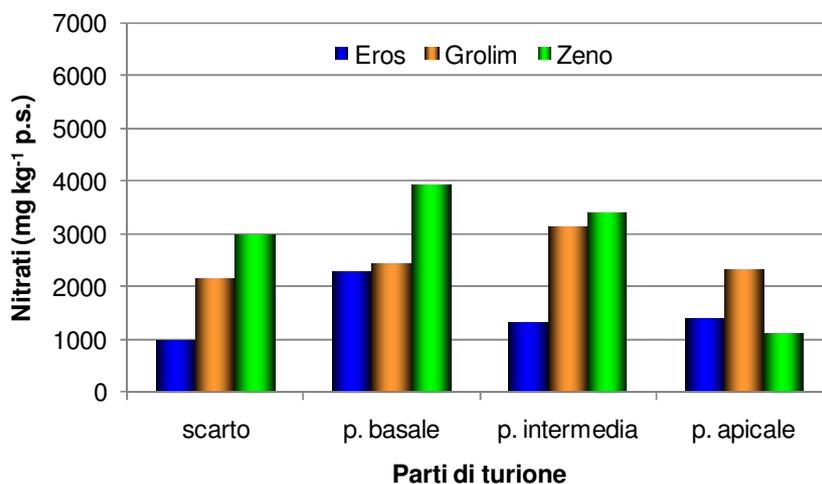


Figura 48 - Diversa influenza delle varietà sul contenuto di nitrati (mg kg^{-1} p.s.) nelle parti di turione.

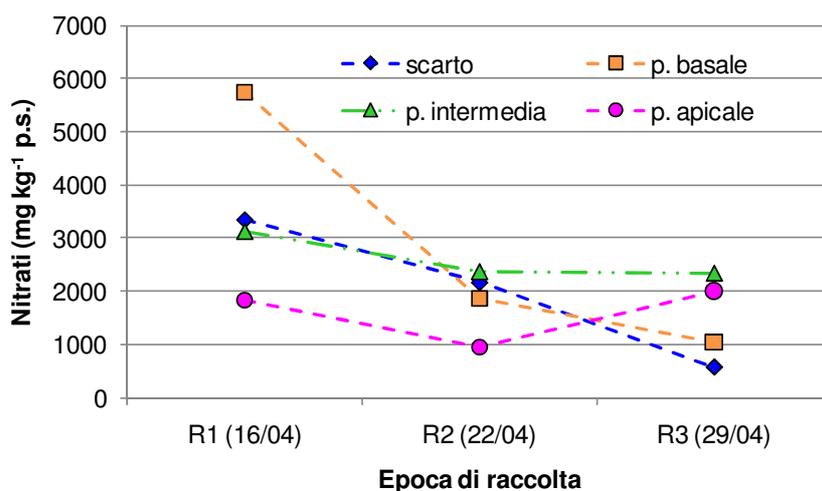


Figura 49 - Diversa influenza dell'epoca di raccolta sul contenuto di nitrati (mg kg^{-1} p.s.) nelle parti di turione.

Le interazioni riportate nelle figure 47-48-49 sono significative rispettivamente per $P \leq 0.01$, $P \leq 0.05$ e $P \leq 0.01$.

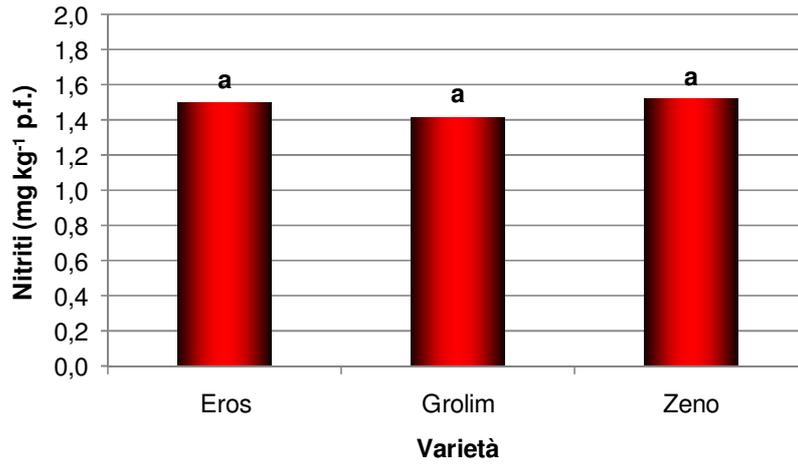


Figura 50 - Effetto delle varietà sul contenuto di nitriti (mg kg⁻¹ p.f.) nel turione intero.

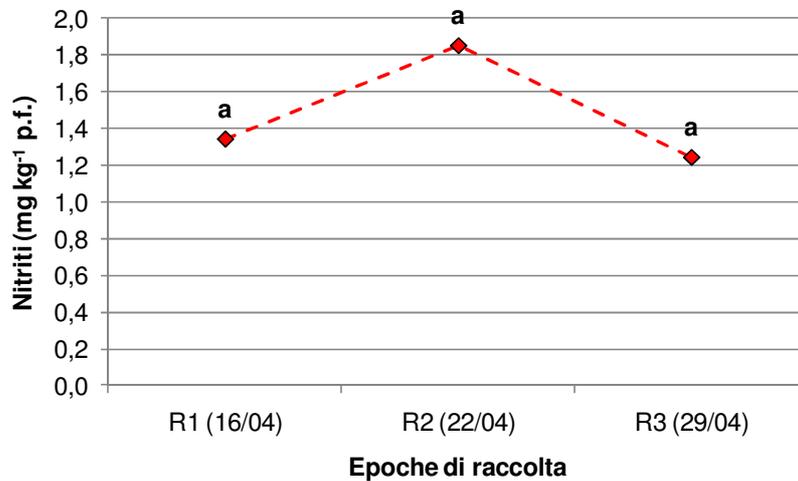


Figura 51 - Effetto delle epoche di raccolta sul contenuto di nitriti (mg kg⁻¹ p.f.) nel turione intero.

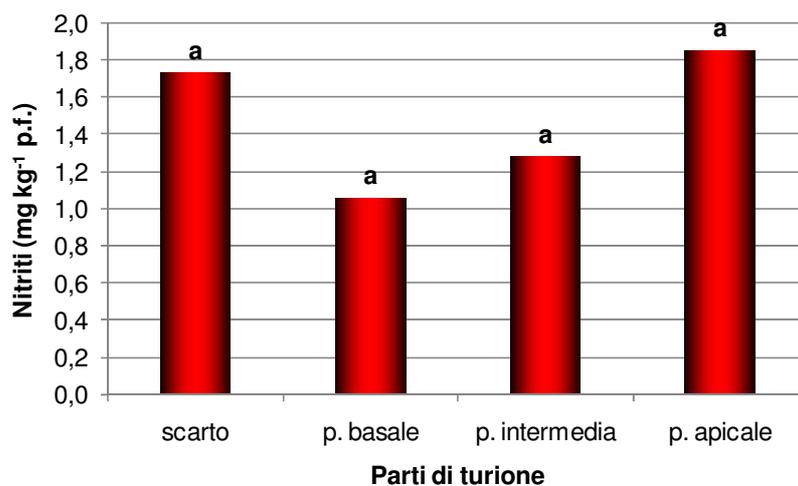


Figura 52 - Contenuto di nitriti (mg kg⁻¹ p.f.) nelle diverse parti del turione.

Le differenze tra le medie riportate nelle figure 50-51-52 non sono risultate significativamente diverse.

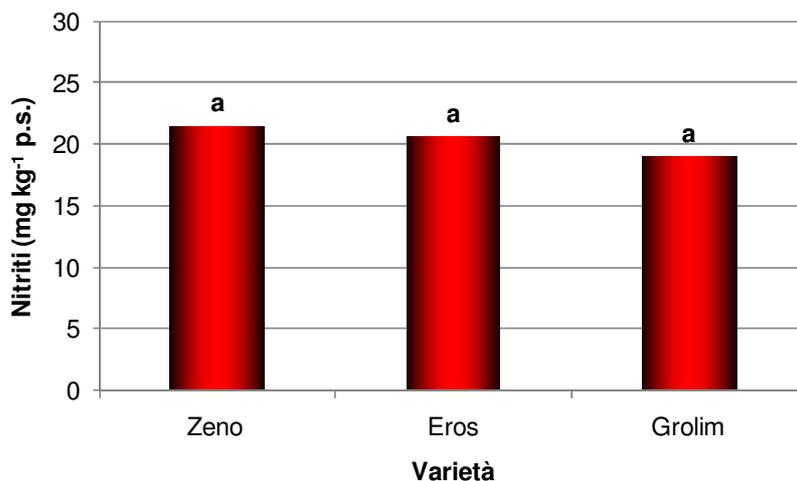


Figura 53 - Effetto delle varietà sul contenuto di nitriti (mg kg⁻¹ p.s.) nel turione intero.

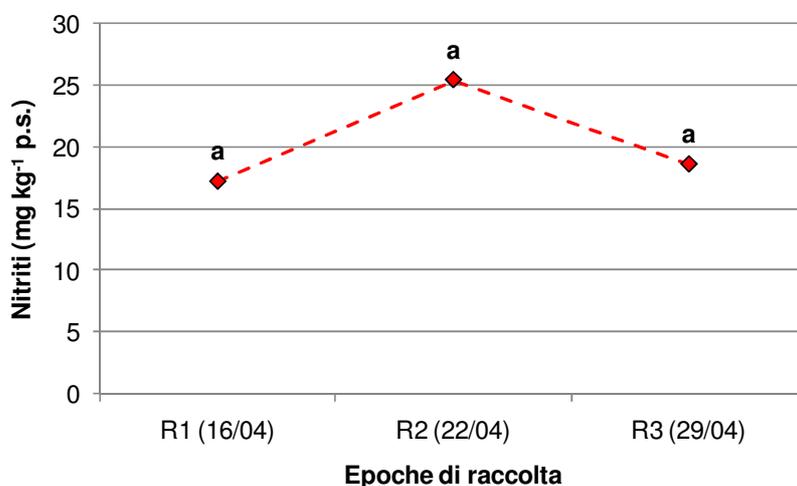


Figura 54 - Effetto delle epoche di raccolta sul contenuto di nitriti (mg kg⁻¹ p.s.) nel turione intero.

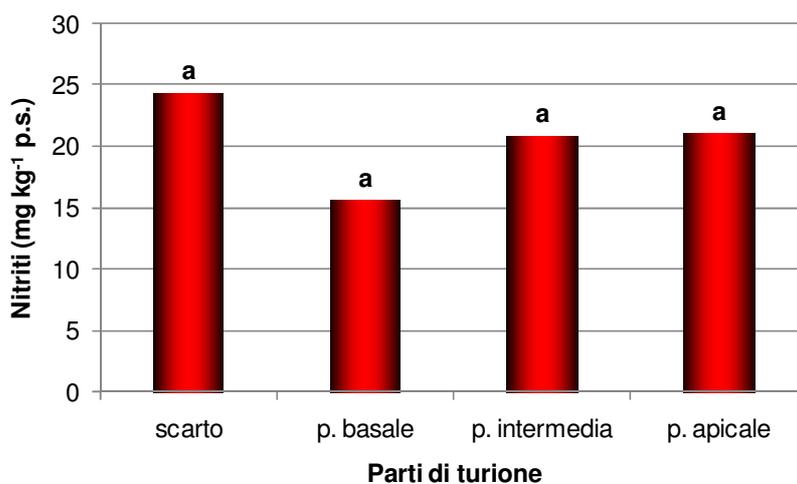


Figura 55 - Contenuto di nitriti (mg kg⁻¹ p.s.) nelle diverse parti del turione. Le differenze tra le medie non sono risultate significativamente diverse.

Le differenze tra le medie riportate nelle figure 53-54-55 non sono risultate significativamente diverse.



Figura 56 – Turioni della cultivar “Eros” emersi dal terreno.

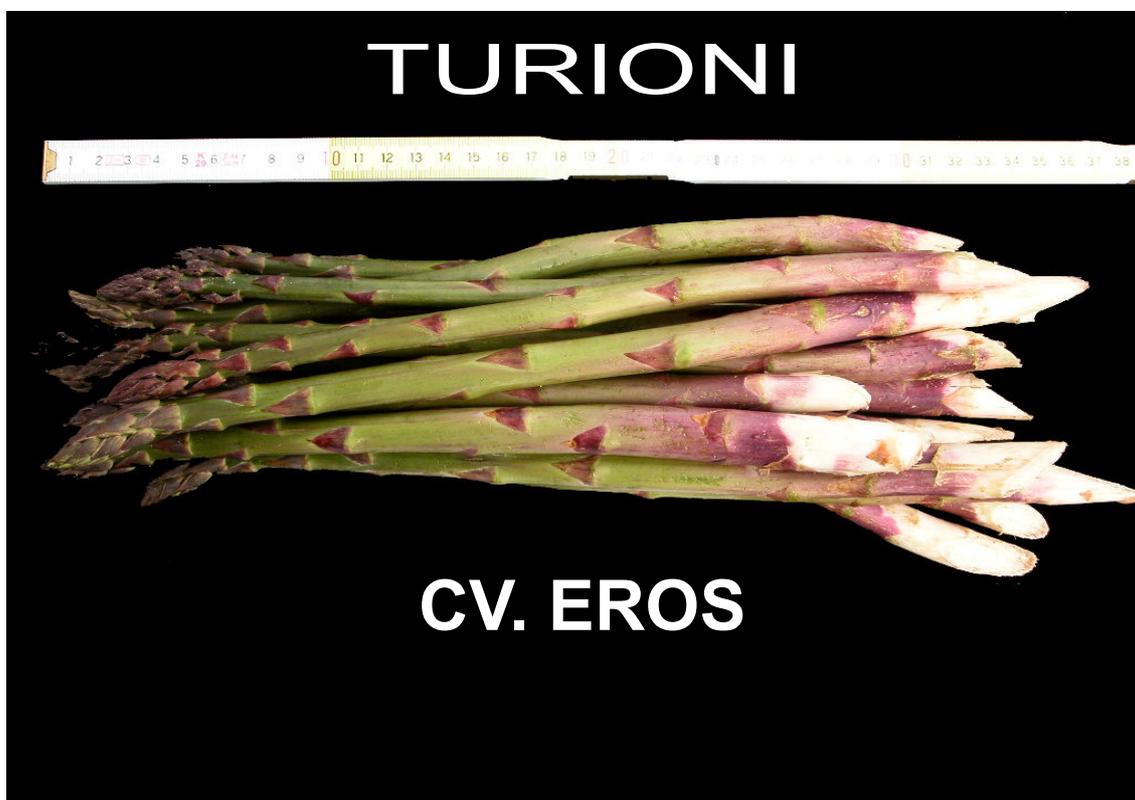


Figura 57 – Turioni di categoria extra ($\varnothing > 16$ mm) destinati alle analisi qualitative.

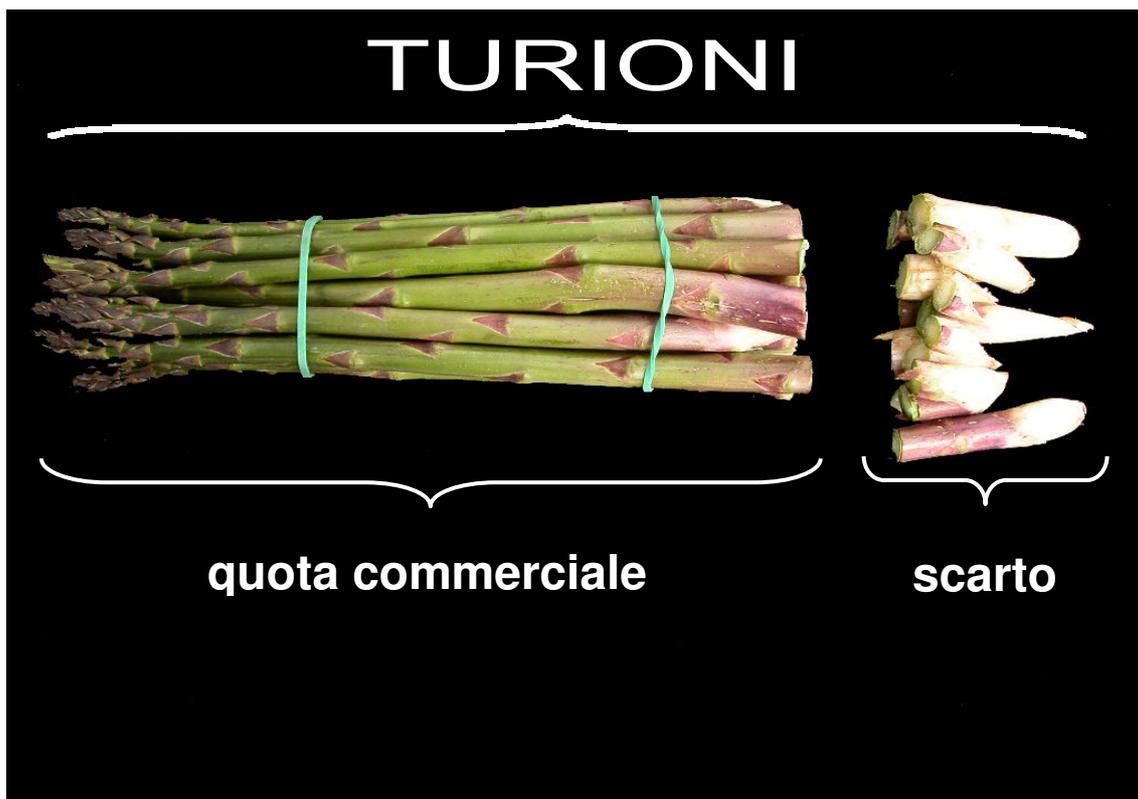


Figura 58 - Suddivisione dei turioni in quota commerciale e scarto.

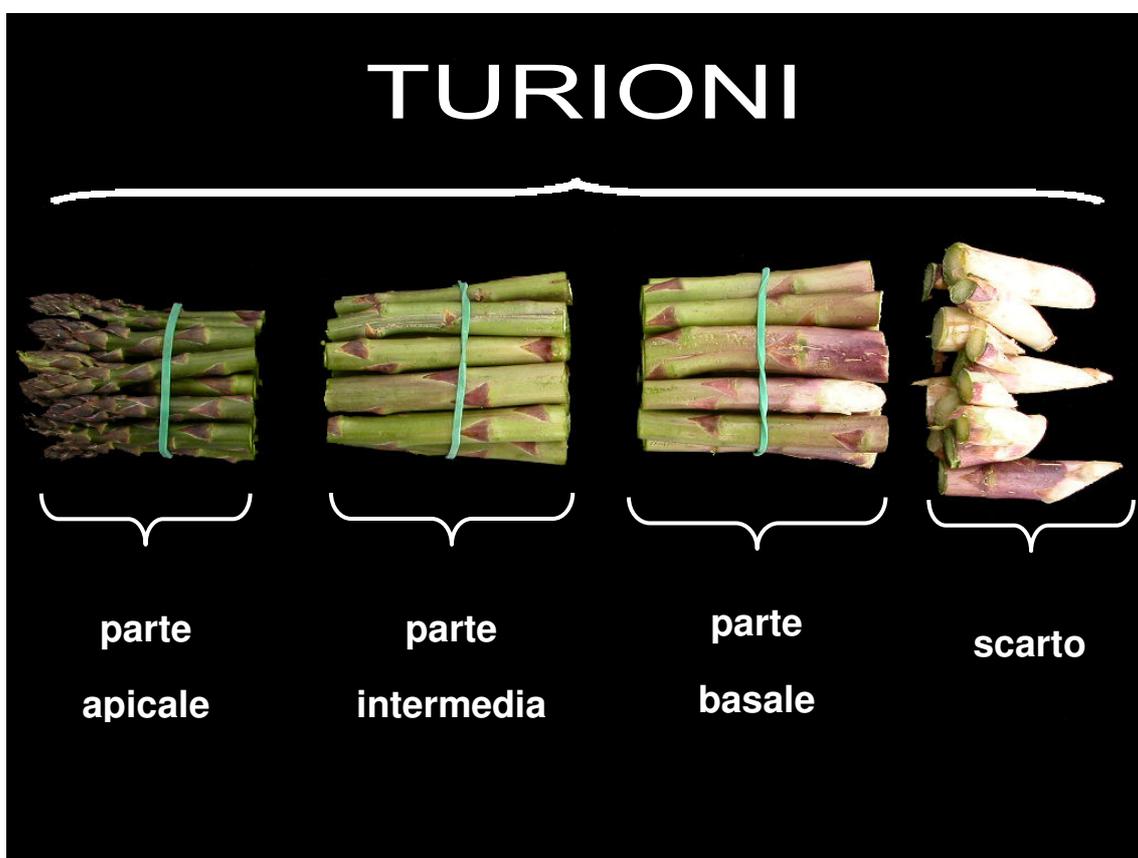


Figura 59 - Panoramica della suddivisione completa dei turioni nelle quattro parti: apicale, intermedia, basale e scarto.

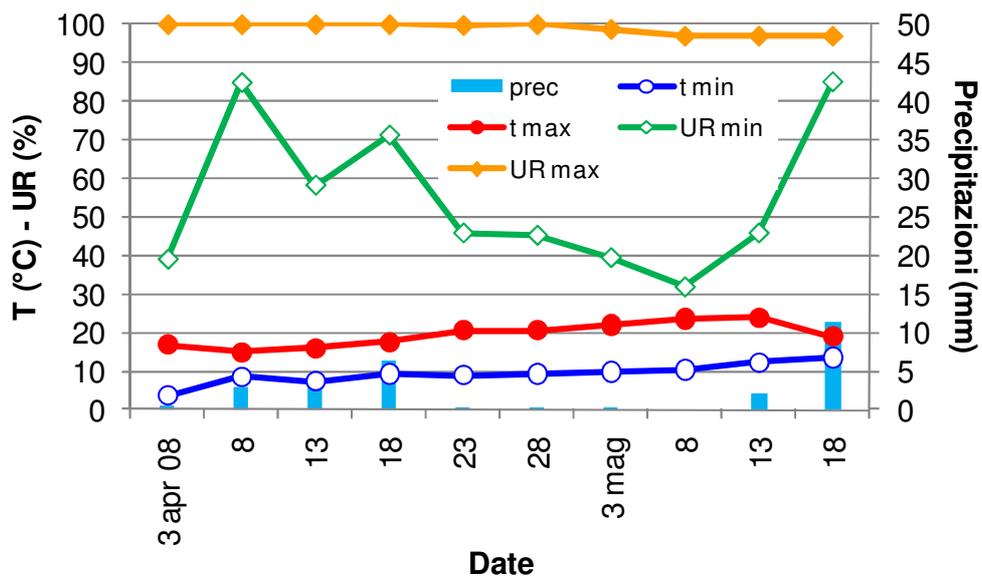


Figura 60 – (Barbona) Medie pentadiche di temperature massime e minime dell’aria (°C), UR massima e minima (%) e precipitazioni cumulate pentadiche (mm) relative al periodo di raccolta.

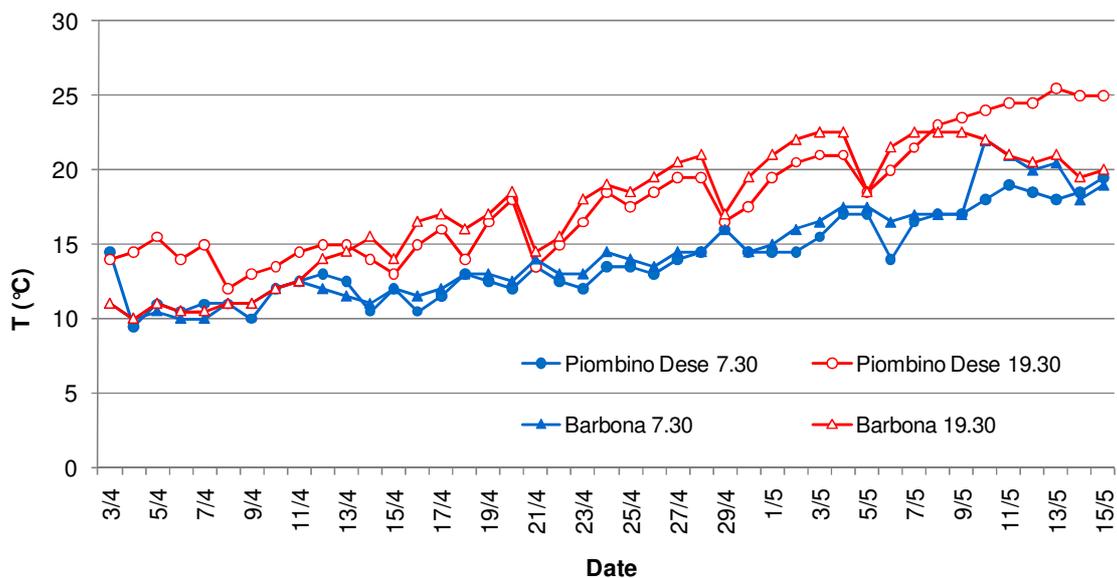


Figura 61 – Temperature del suolo (°C) registrate a -0.15 m in due ore del giorno (7.30 e 19.30) in entrambi gli ambienti di coltivazione durante il periodo di raccolta.

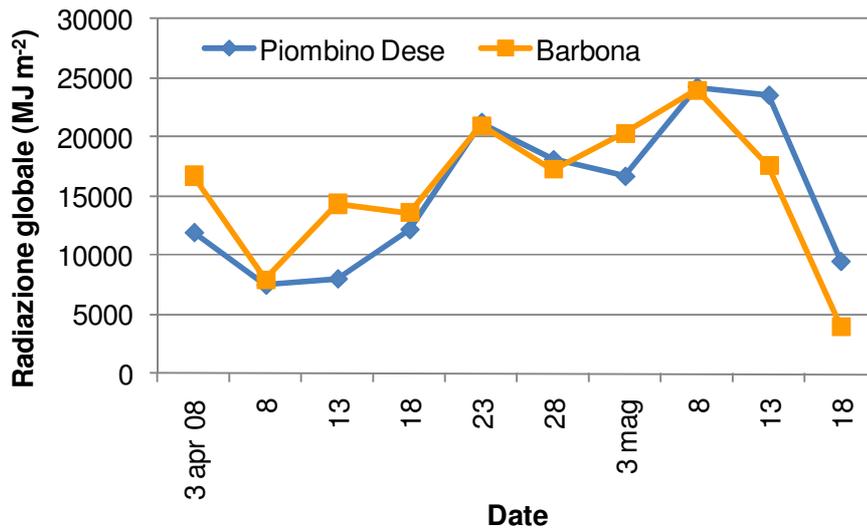


Figura 62 – Radiazione globale (MJ m^{-2}) registrata nei due ambienti di coltivazione durante il periodo di raccolta.

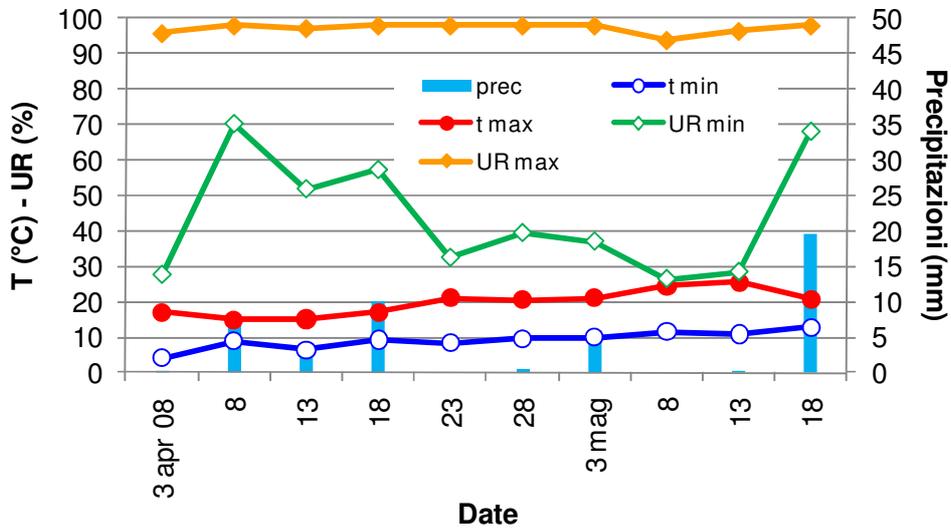


Figura 63 – (Piombino Dese) Medie pentadiche di temperature massime e minime dell'aria ($^{\circ}\text{C}$), UR massima e minima (%) e precipitazioni cumulate pentadiche (mm) relative al periodo di raccolta.

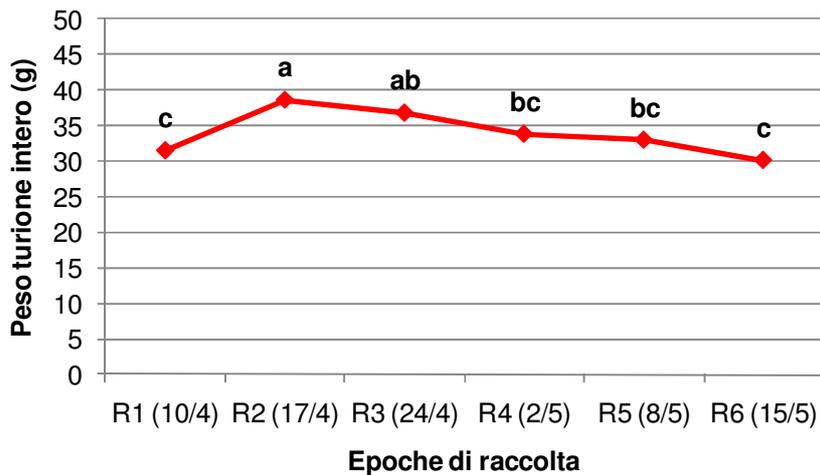


Figura 64 – Effetto dell’epoca di raccolta sul peso (g) del turione intero.

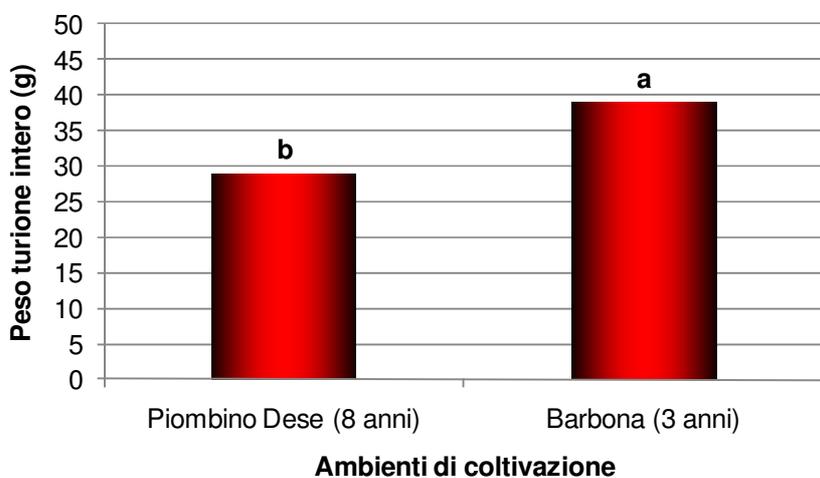


Figura 65 – Effetto degli ambienti di coltivazione sul peso (g) del turione intero.

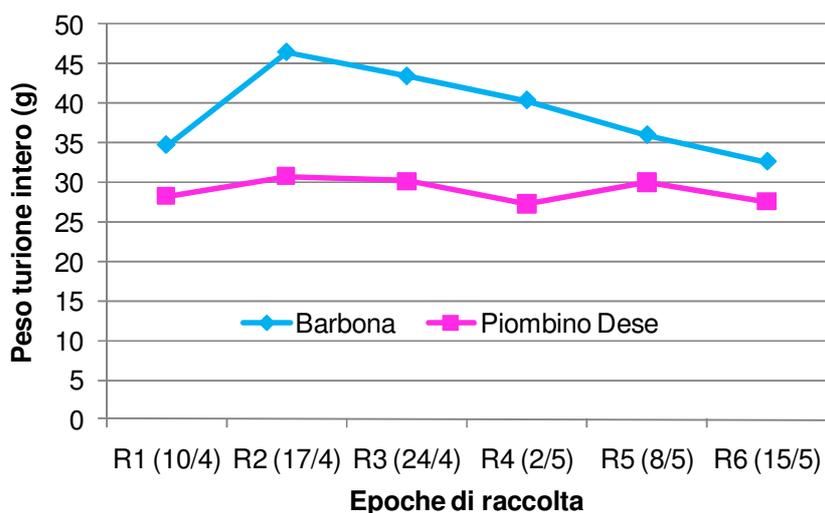


Figura 66 – Diversa influenza dell’epoca di raccolta sul peso (g) del turione intero in relazione all’ambiente di coltivazione.

I valori senza alcuna lettera in comune (Figg. 64-65-66) differiscono significativamente per $P \leq 0.05$ secondo il test HSD di Tukey. L’interazione riportata in figura 65 è significativa per $P \leq 0.05$.

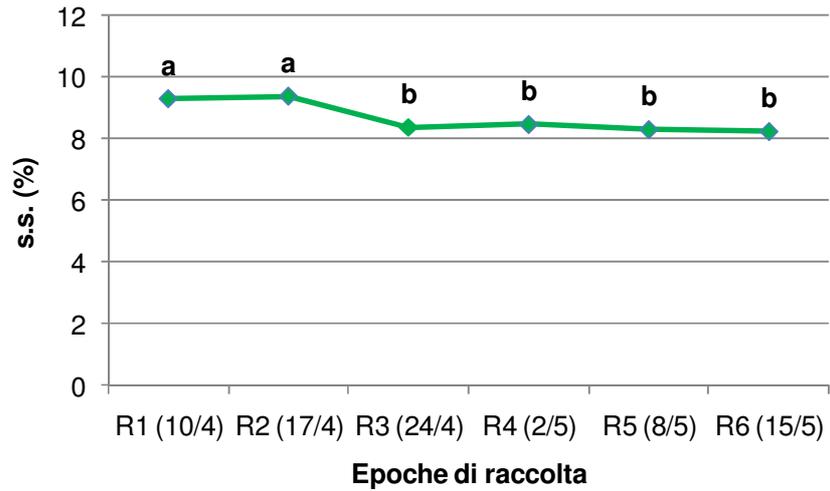


Figura 67 - Effetto delle epoche di raccolta sulla concentrazione di sostanza secca (%) nel turione intero.

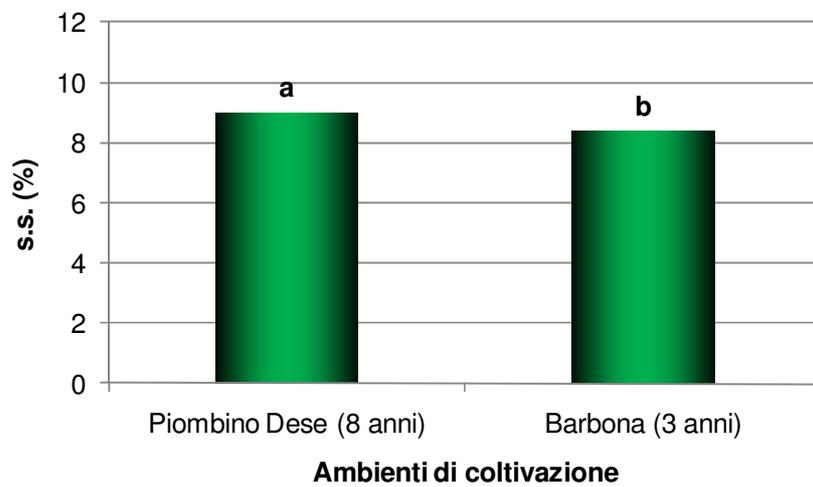


Figura 68 - Effetto degli ambienti di coltivazione sulla concentrazione di sostanza secca (%) nel turione intero.

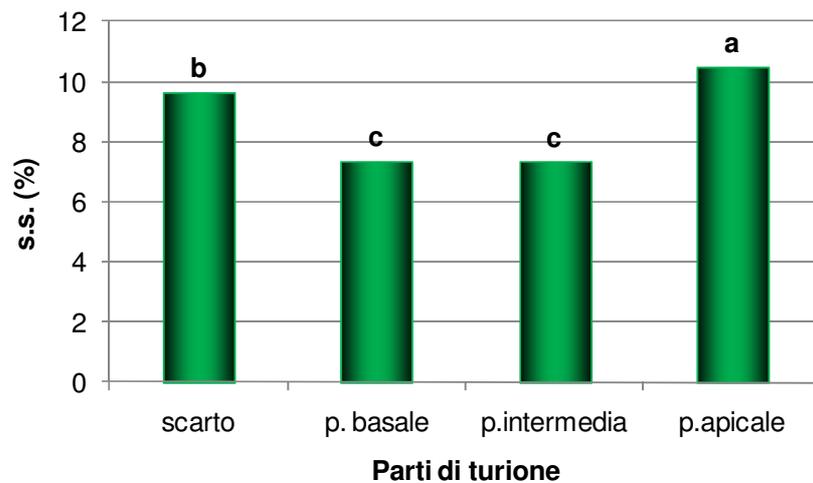


Figura 69 – Concentrazione di sostanza secca (%) nelle diverse parti del turione.

I valori senza alcuna lettera in comune (Figg. 67-68-69) differiscono significativamente per $P \leq 0.001$ secondo il test HSD di Tukey.

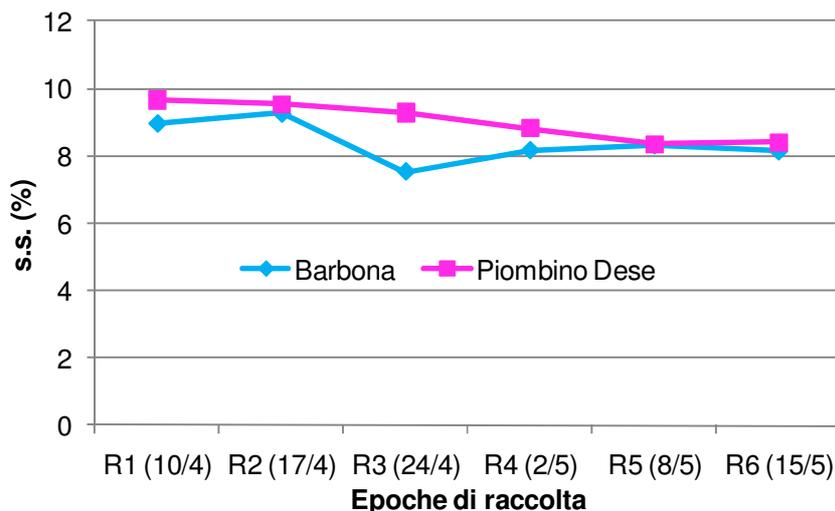


Figura 70 – Diversa influenza dell’epoca di raccolta sulla concentrazione di sostanza secca (%) nel turione intero in relazione all’ambiente di coltivazione.

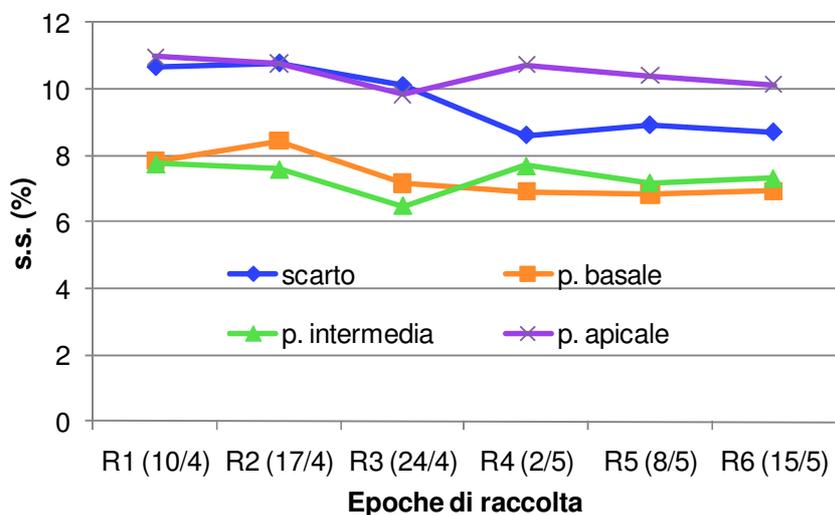


Figura 71 – Diversa influenza dell’epoca di raccolta sulla concentrazione di sostanza secca (%) nelle parti di turione.

Le interazioni riportate nelle figure 70-71 sono significative per $P \leq 0.05$.

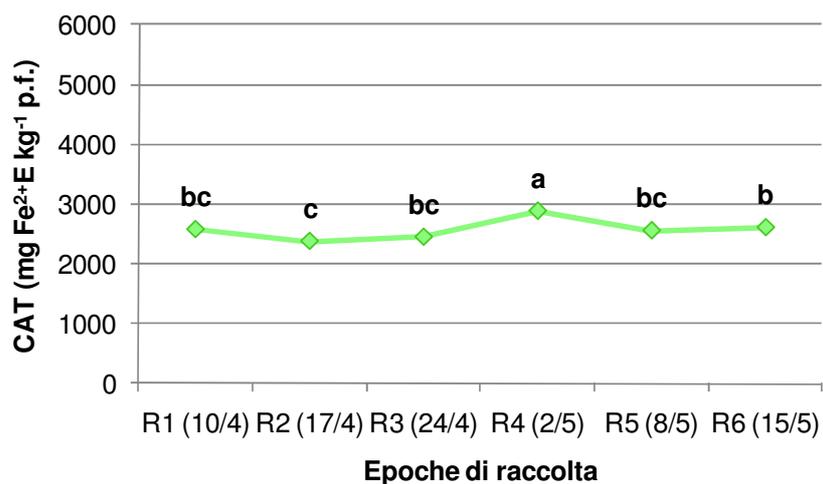


Figura 72 - Effetto delle epoche di raccolta sulla capacità antiossidativa totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nel turione intero.

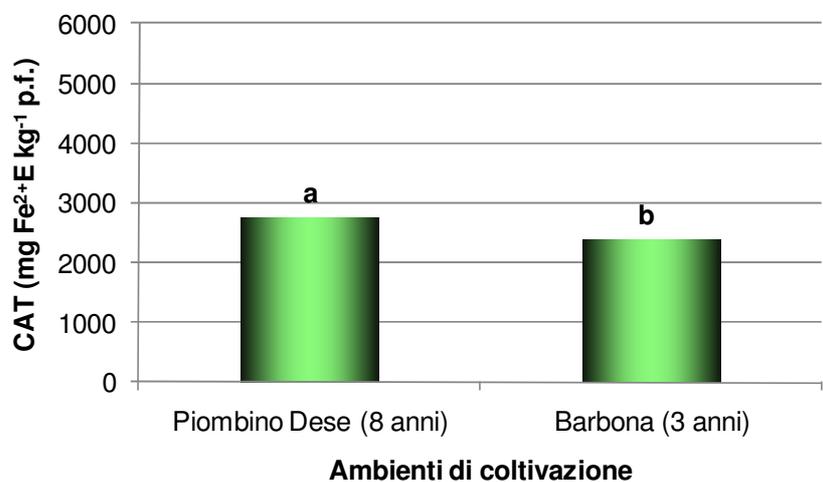


Figura 73 – Effetto degli ambienti di coltivazione sulla capacità antiossidativa totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nel turione intero.

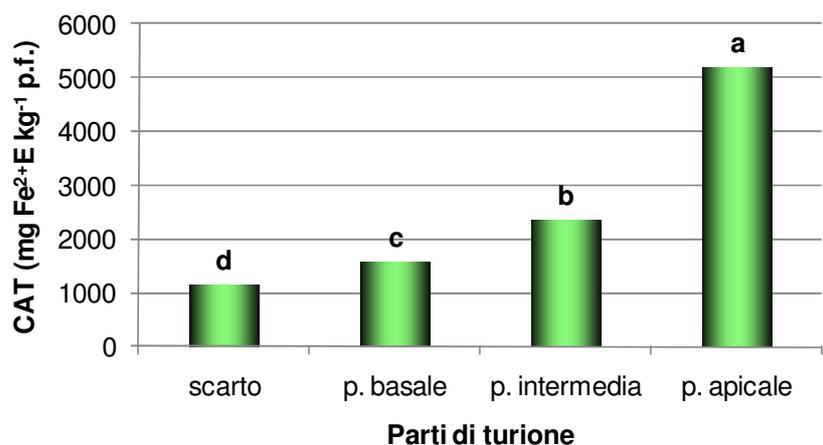


Figura 74 - Capacità antiossidativa totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nelle diverse parti del turione.

I valori senza alcuna lettera in comune (Figg. 72-73-74) differiscono significativamente per $P \leq 0.001$ secondo il test HSD di Tukey.

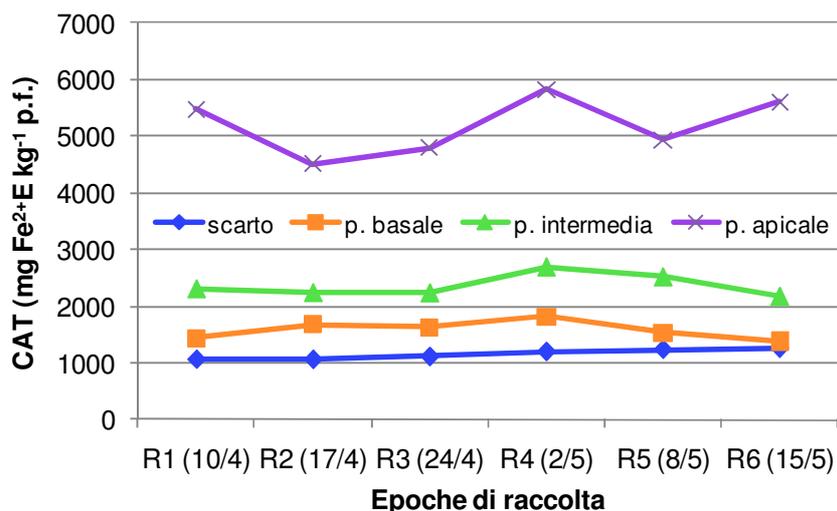


Figura 75 – Diversa influenza dell’epoca di raccolta sulla capacità antiossidativa totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nelle parti di turione.

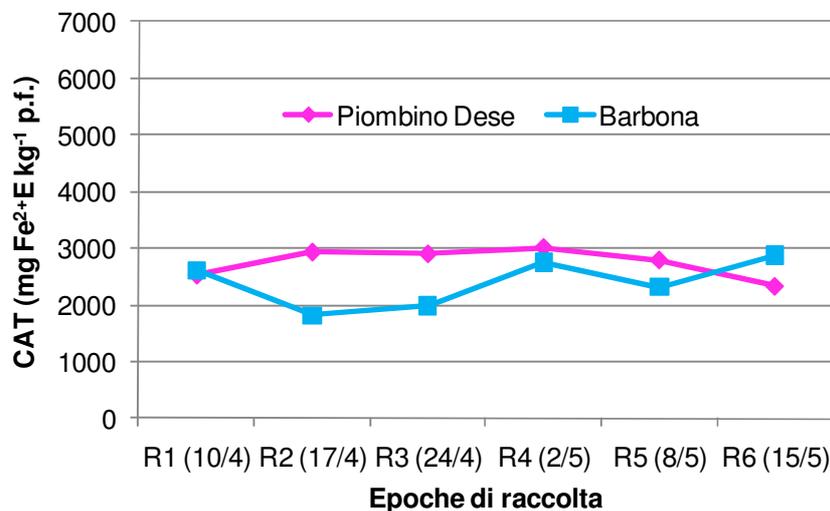


Figura 76 - Diversa influenza dell’epoca di raccolta sulla capacità antiossidativa totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nel turione intero in relazione all’ambiente di coltivazione.

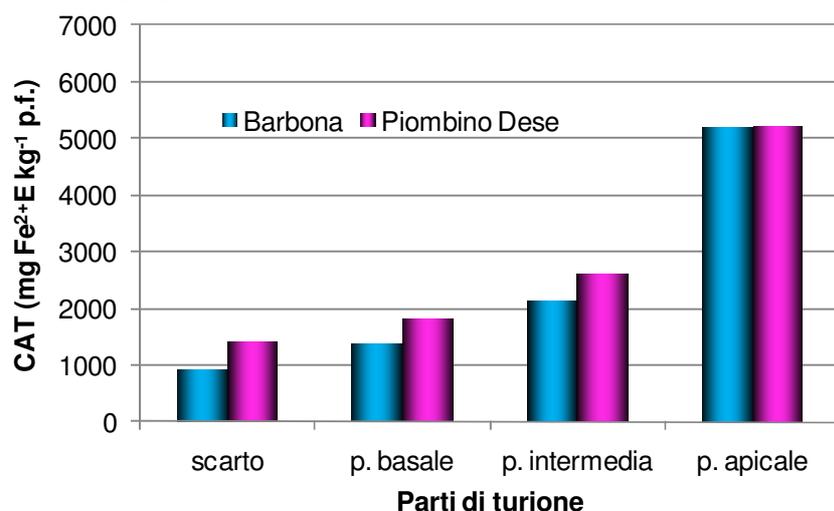


Figura 77 – Diversa influenza dell’ambiente di coltivazione sulla capacità antiossidativa totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nelle parti di turione.

Le interazioni riportate nelle figure 75-76-77 sono significative rispettivamente per $P \leq 0.001$, $P \leq 0.001$ e $P \leq 0.01$.

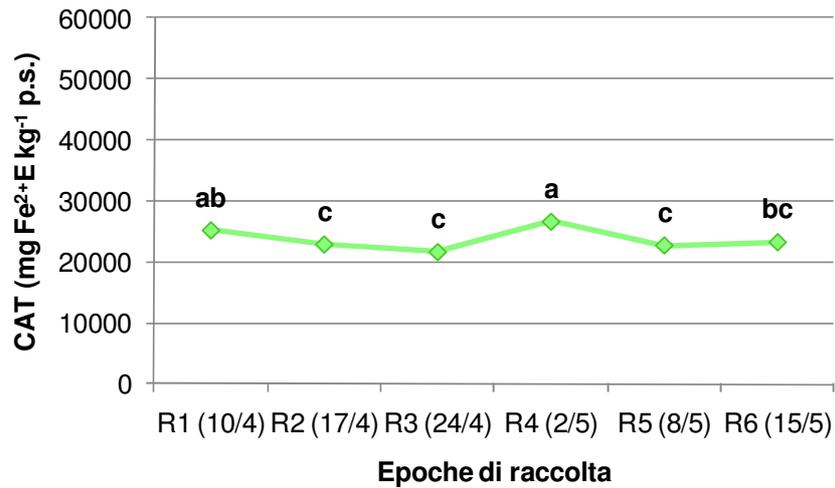


Figura 78 - Effetto delle epoche di raccolta sulla capacità antiossidativa totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.s.) nel turione intero.

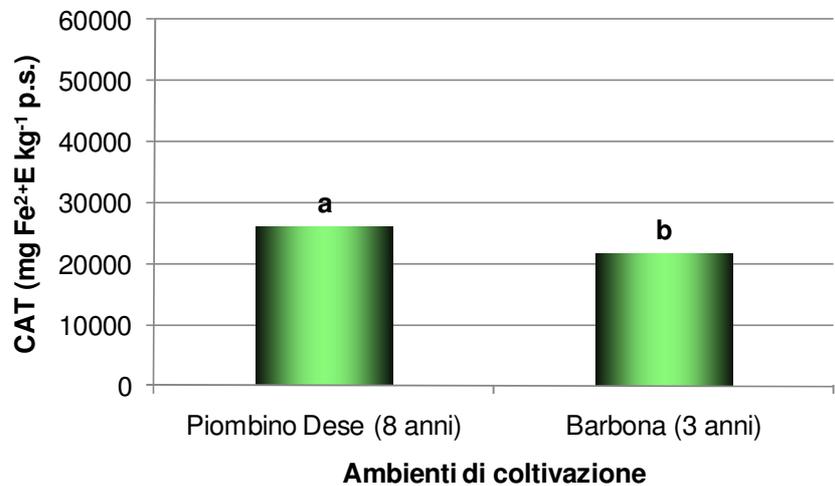


Figura 79 - Effetto degli ambienti di coltivazione sulla capacità antiossidativa totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.s.) nel turione intero.

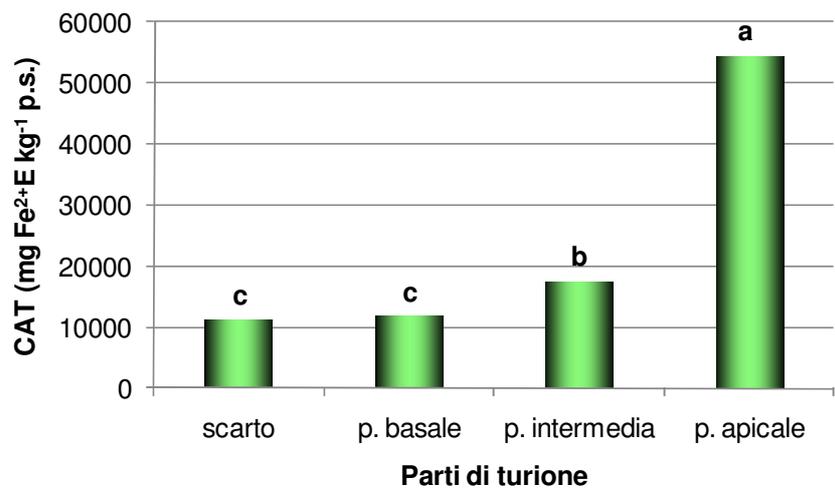


Figura 80 - Capacità antiossidativa totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.s.) nelle diverse parti del turione.

I valori senza alcuna lettera in comune (Figg. 78-79-80) differiscono significativamente per $P \leq 0.001$ secondo il test HSD di Tukey.

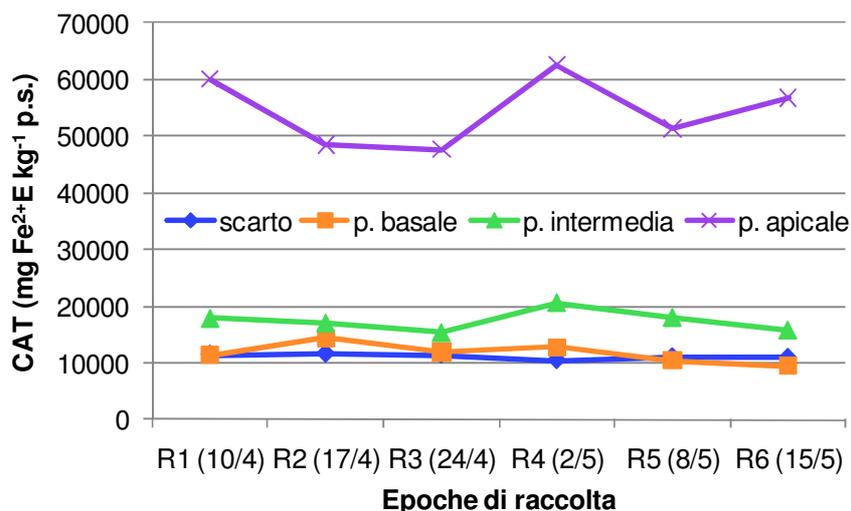


Figura 81 – Diversa influenza dell’epoca di raccolta sulla capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.s.) nelle parti di turione.

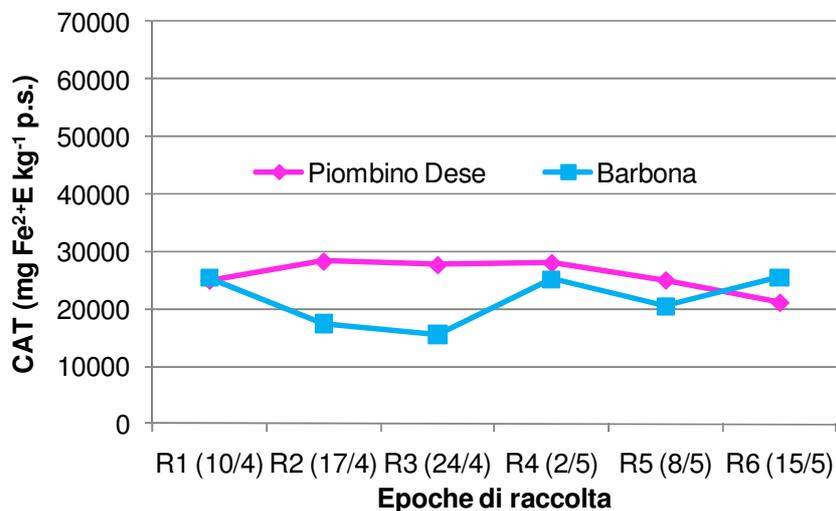


Figura 82 - Diversa influenza dell’epoca di raccolta sulla capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.s.) nel turione intero in relazione all’ambiente di coltivazione.

Le interazioni riportate nelle figure 81-82 sono significative per $P \leq 0.001$.

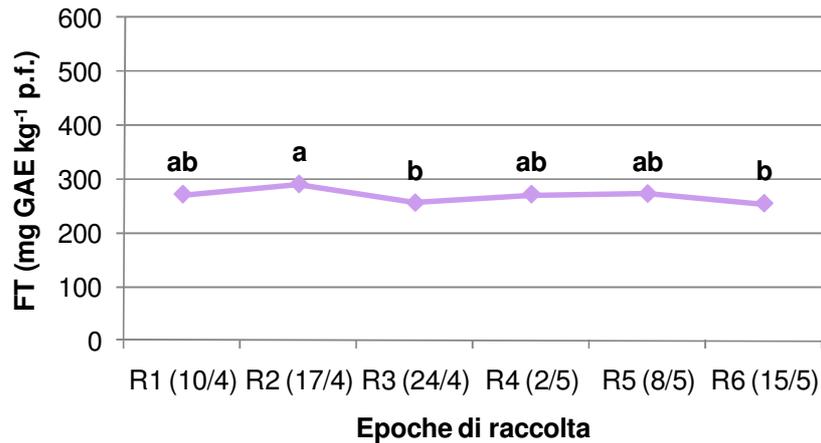


Figura 83 - Effetto delle epoche di raccolta sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.f.) nel turione intero.

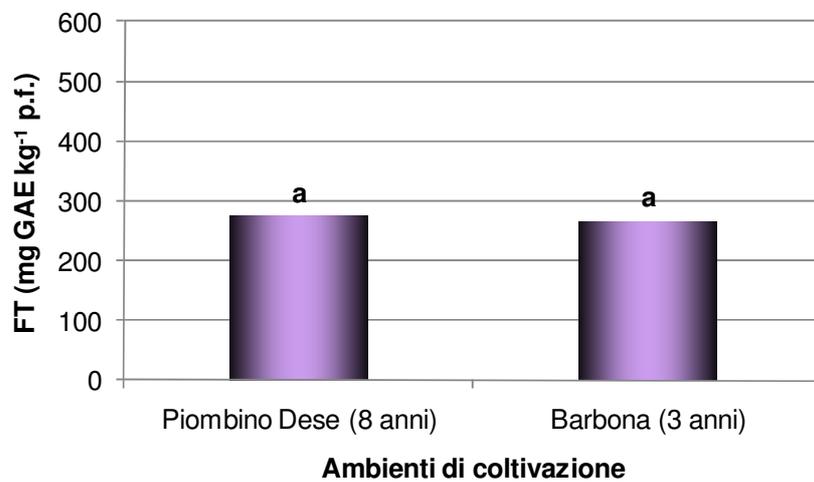


Figura 84 – Effetto degli ambienti di coltivazione sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.f.) nel turione intero.

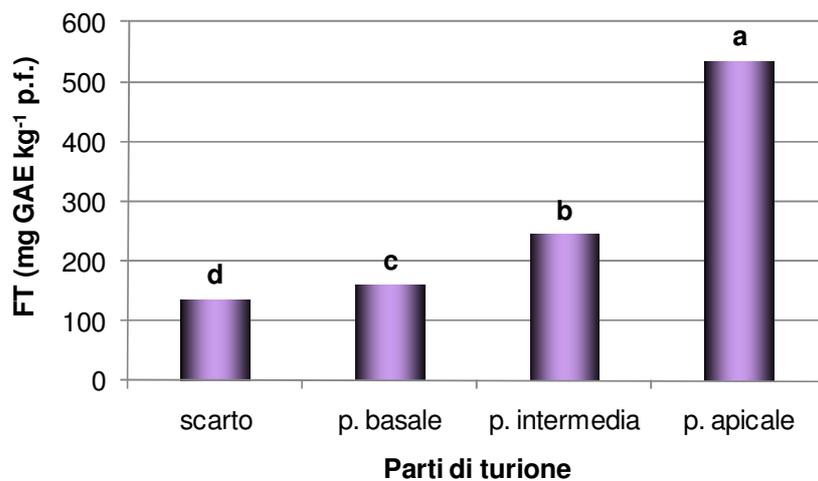


Figura 85 -Contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.f.) nelle diverse parti del turione.

I valori senza alcuna lettera in comune (Figg. 83-84-85) differiscono significativamente per $P \leq 0.01$ secondo il test HSD di Tukey.

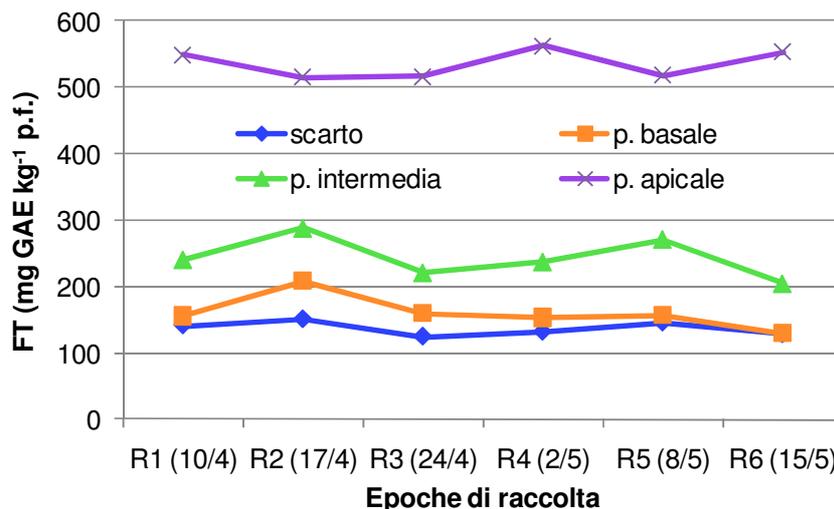


Figura 86 – Diversa influenza dell’epoca di raccolta sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.f.) nelle parti di turione.

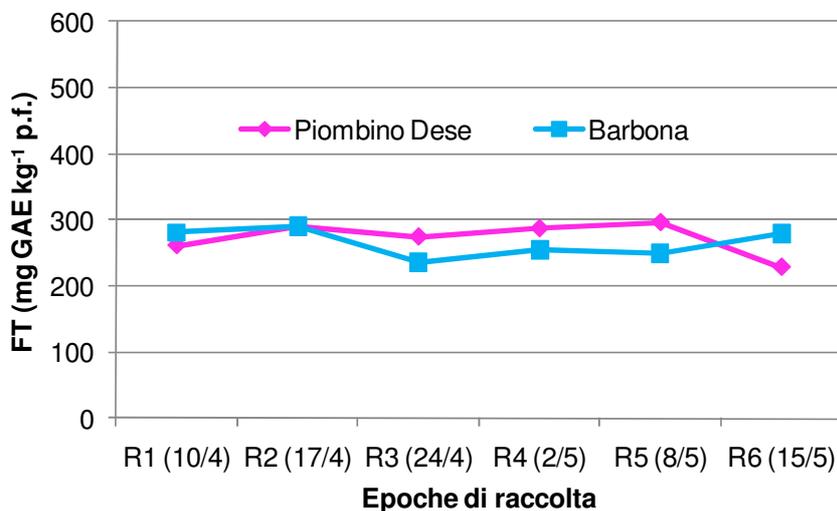


Figura 87 - Diversa influenza dell’epoca di raccolta sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.f.) nel turione intero in relazione all’ambiente di coltivazione.

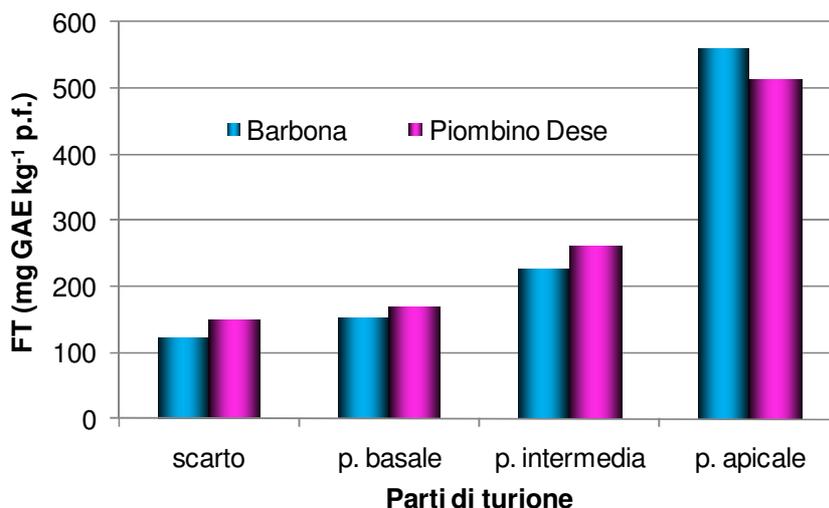


Figura 88 – Diversa influenza dell’ambiente di coltivazione sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.f.) nelle parti di turione.

Le interazioni riportate nelle figure 86-87-88 sono significative rispettivamente per $P \leq 0.001$, $P \leq 0.01$ e $P \leq 0.001$.

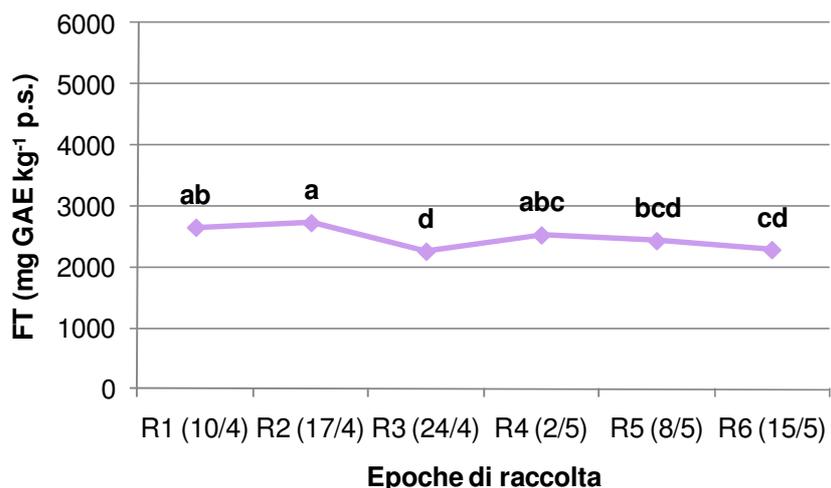


Figura 89 - Effetto delle epoche di raccolta sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.) nel turione intero.

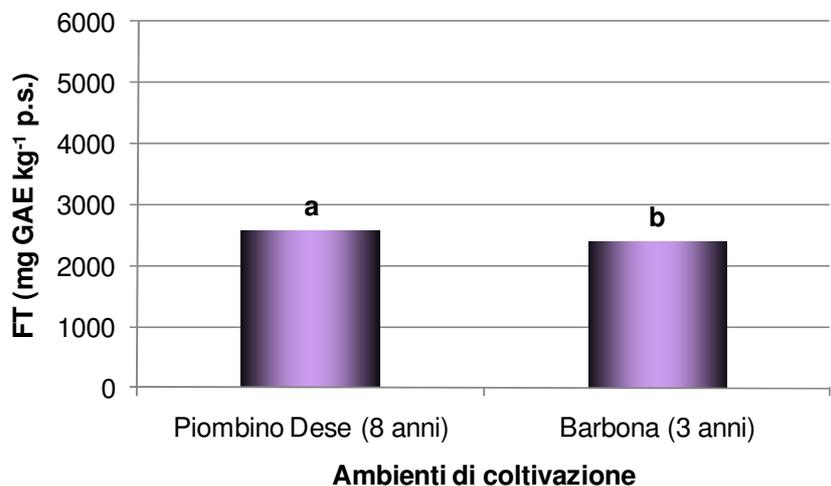


Figura 90 – Effetto degli ambienti di coltivazione sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.) nel turione intero.

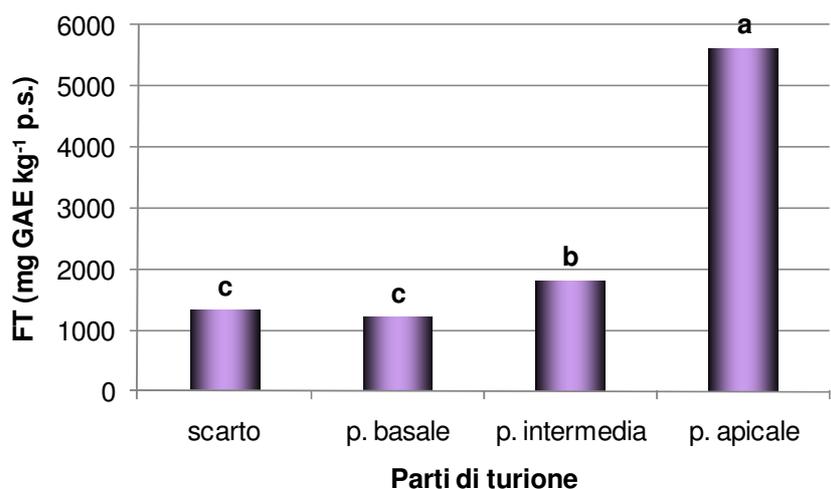


Figura 91 -Contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.) nelle diverse parti del turione.

I valori senza alcuna lettera in comune (Figg. 89-90-91) differiscono significativamente per $P \leq 0.001$ secondo il test HSD di Tukey.

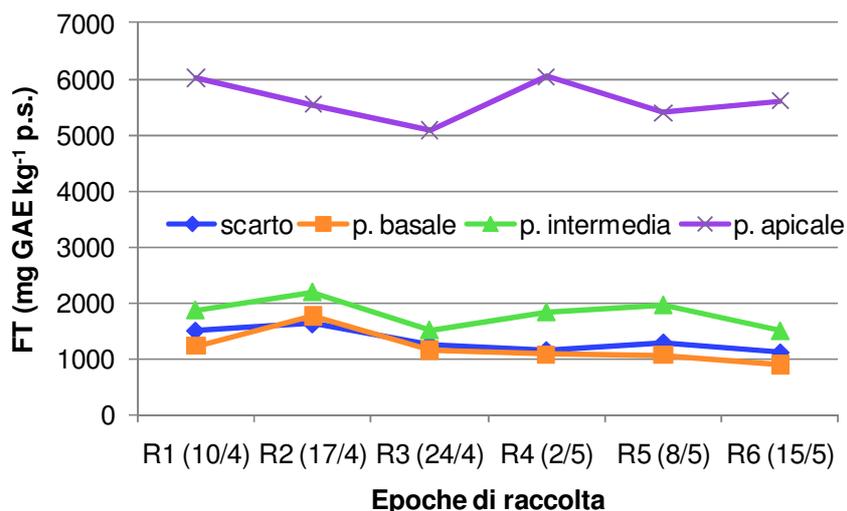


Figura 92 – Diversa influenza dell’epoca di raccolta sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.) nelle parti di turione.

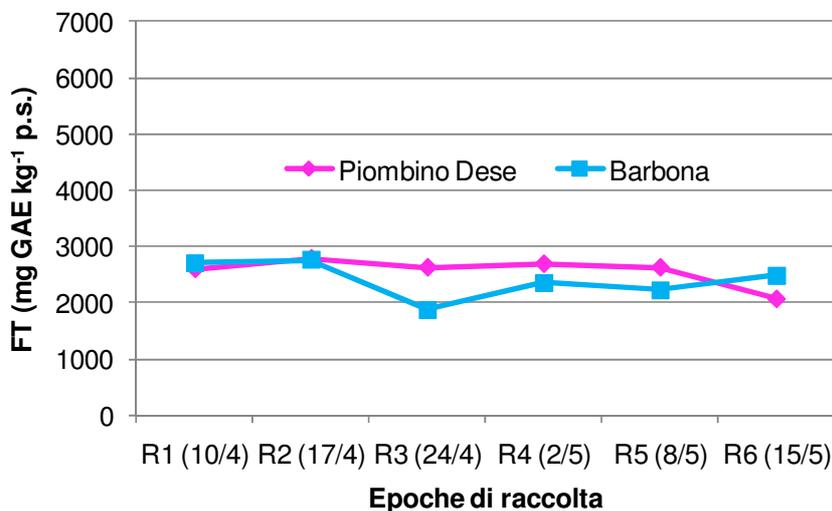


Figura 93 - Diversa influenza dell’epoca di raccolta sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.) nel turione intero in relazione all’ambiente di coltivazione.

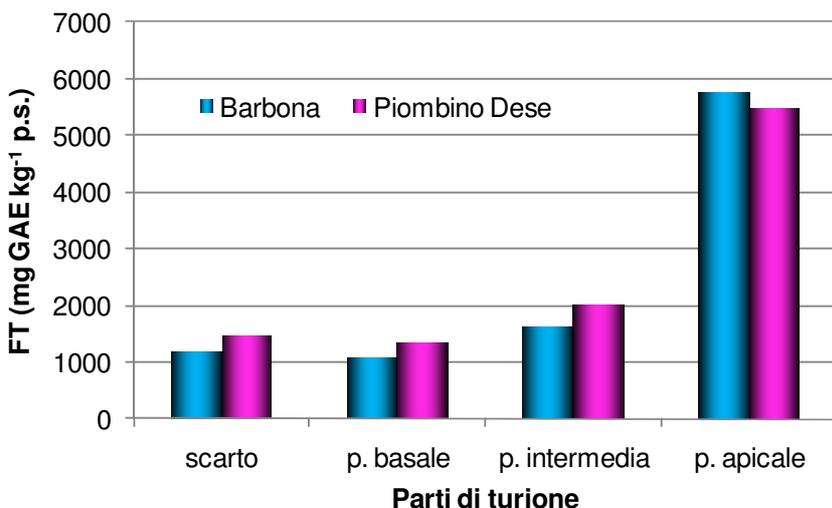


Figura 94 – Diversa influenza dell’ambiente di coltivazione sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.) nelle parti di turione.

Le interazioni riportate nelle figure 92-93-94 sono significative per $P \leq 0.001$.

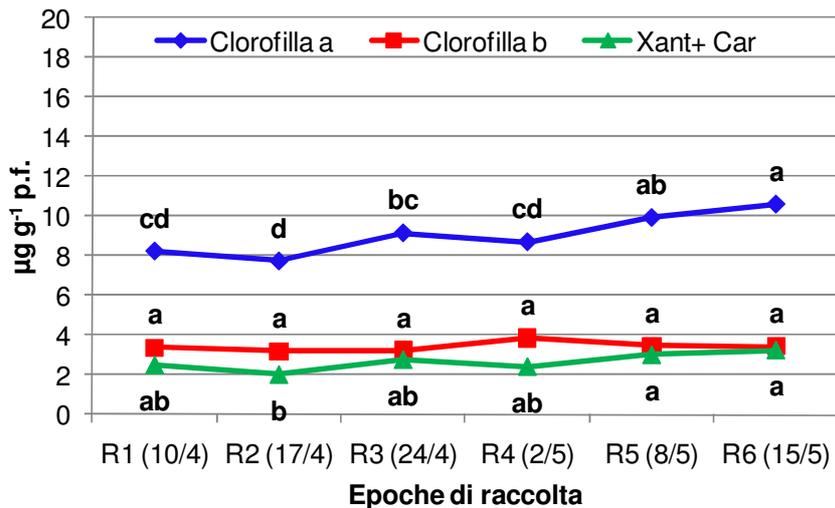


Figura 95 - Effetto dell'epoca di raccolta sul contenuto di pigmenti ($\mu\text{g g}^{-1}$ p.f.) nel turione intero.

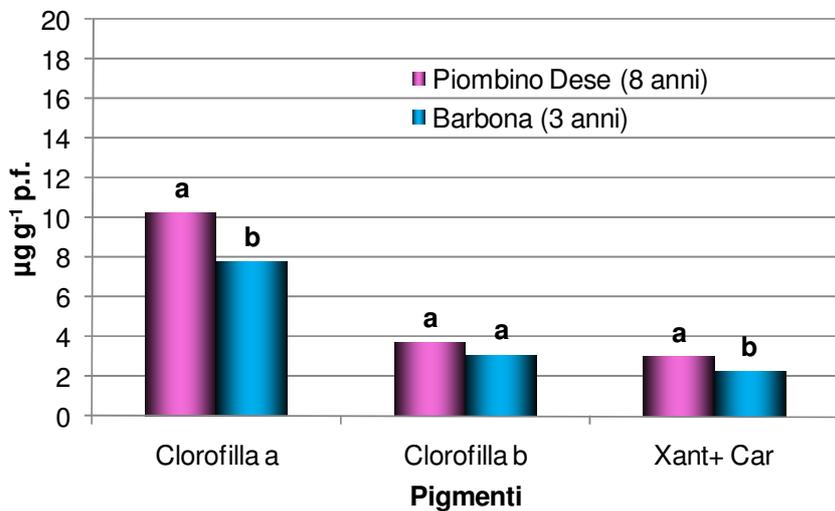


Figura 96 – Effetto dell'ambiente di coltivazione sul contenuto di pigmenti ($\mu\text{g g}^{-1}$ p.f.) nel turione intero.

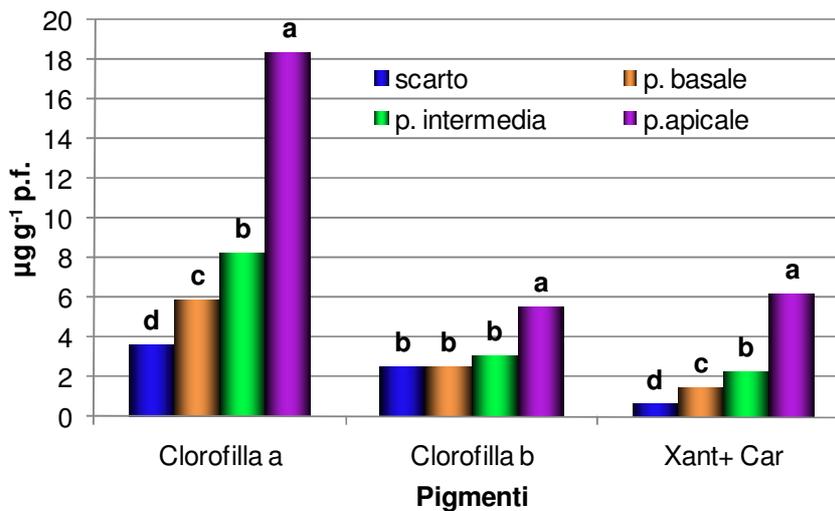


Figura 97 – Contenuto di pigmenti ($\mu\text{g g}^{-1}$ p.f.) delle diverse parti del turione.

I valori senza alcuna lettera in comune (Figg. 95-96-97) differiscono significativamente per $P \leq 0.01$ secondo il test HSD di Tukey.

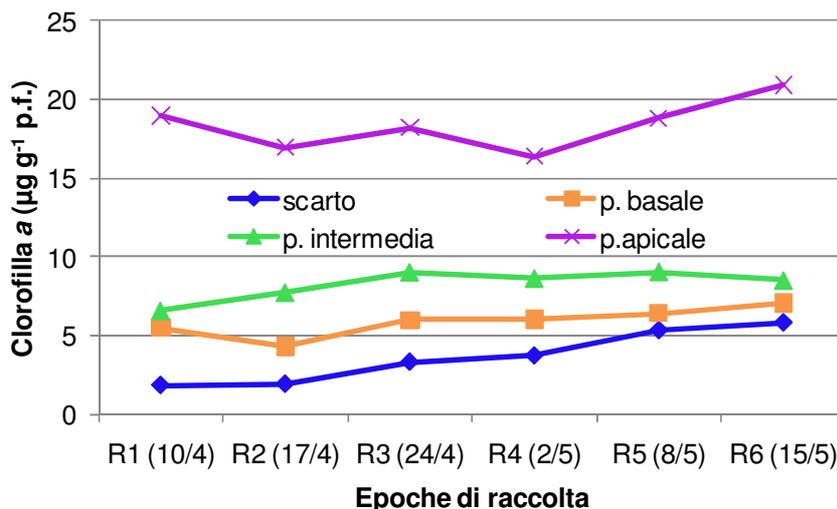


Figura 98 –Diversa influenza dell’epoca di raccolta sul contenuto di clorofilla *a* ($\mu\text{g g}^{-1}$ p.f.) nelle parti di turione.

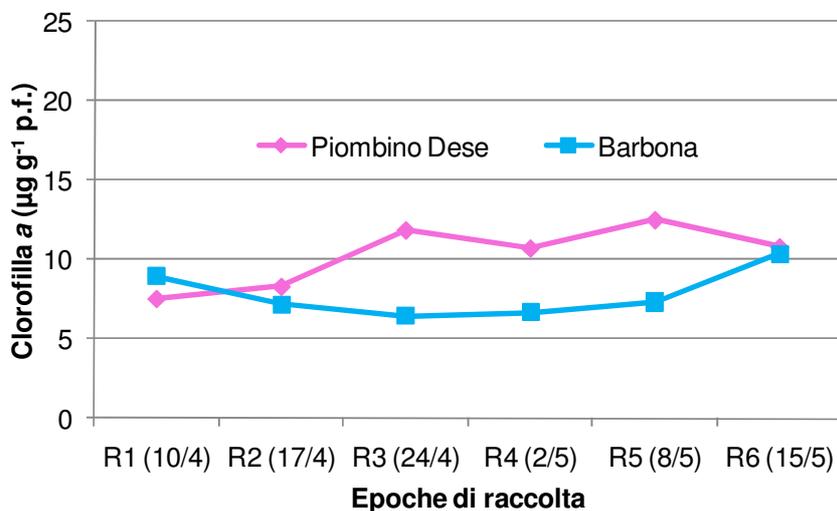


Figura 99 - Diversa influenza dell’epoca di raccolta sul contenuto di clorofilla *a* ($\mu\text{g g}^{-1}$ p.f.) nel turione intero in relazione all’ambiente di coltivazione.

Le interazioni riportate nelle figure 98-99 sono significative per $P \leq 0.001$.

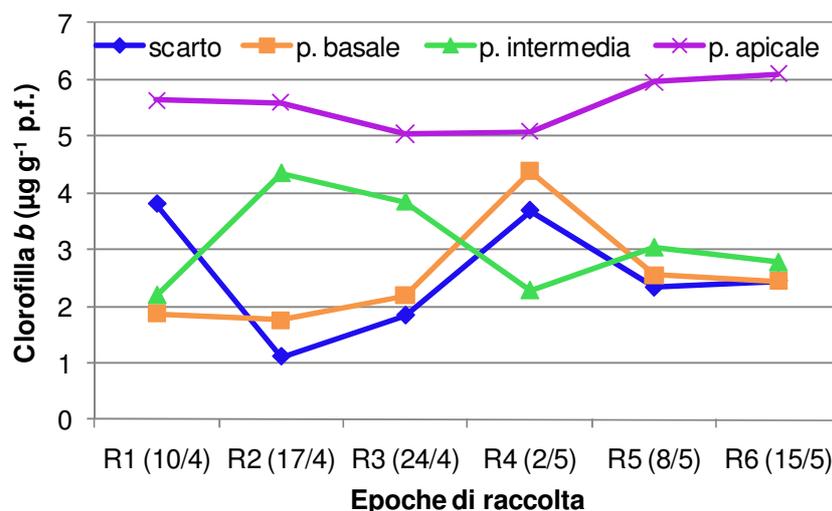


Figura 100 –Diversa influenza dell’epoca di raccolta sul contenuto di clorofilla *b* ($\mu\text{g g}^{-1}$ p.f.) nelle parti di turione.

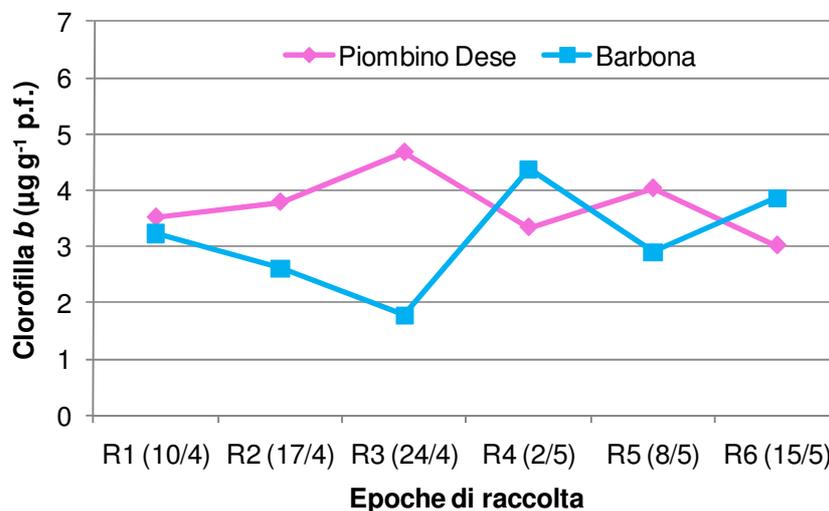


Figura 101 - Diversa influenza dell’epoca di raccolta sul contenuto di clorofilla *b* ($\mu\text{g g}^{-1}$ p.f.) nel turione intero in relazione all’ambiente di coltivazione.

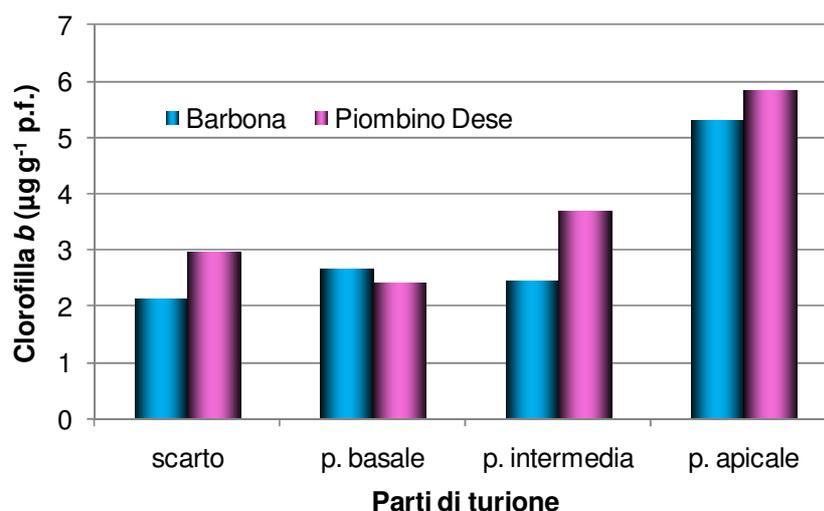


Figura 102 – Diversa influenza dell’ambiente di coltivazione sul contenuto di clorofilla *b* ($\mu\text{g g}^{-1}$ p.f.) nelle parti di turione.

Le interazioni riportate nelle figure 100-101-102 sono significative per $P \leq 0.01$.

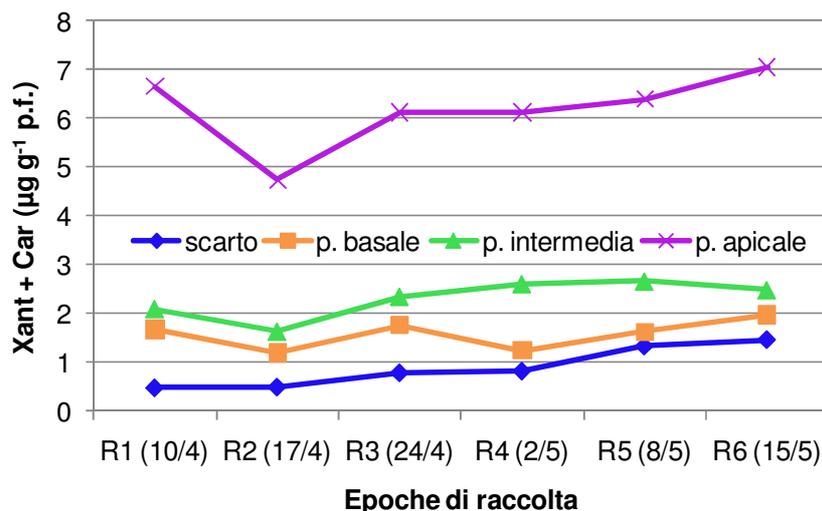


Figura 103 –Diversa influenza dell’epoca di raccolta sul contenuto di xantofille + carotenoidi ($\mu\text{g g}^{-1}$ p.f.) nelle parti di turione.

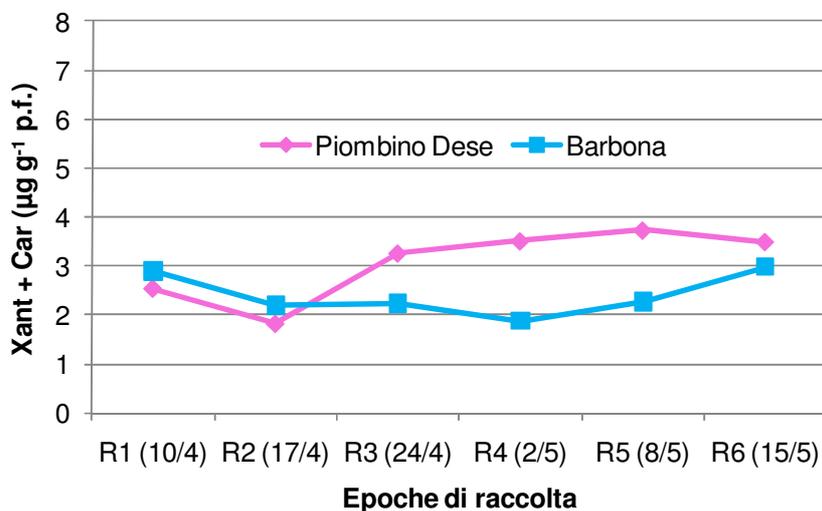


Figura 104 - Diversa influenza dell’epoca di raccolta sul contenuto di xantofille + carotenoidi ($\mu\text{g g}^{-1}$ p.f.) nel turione intero in relazione all’ambiente di coltivazione.

Le interazioni riportate nelle figure 103-104 sono significative rispettivamente per $P \leq 0.05$ e $P \leq 0.001$.

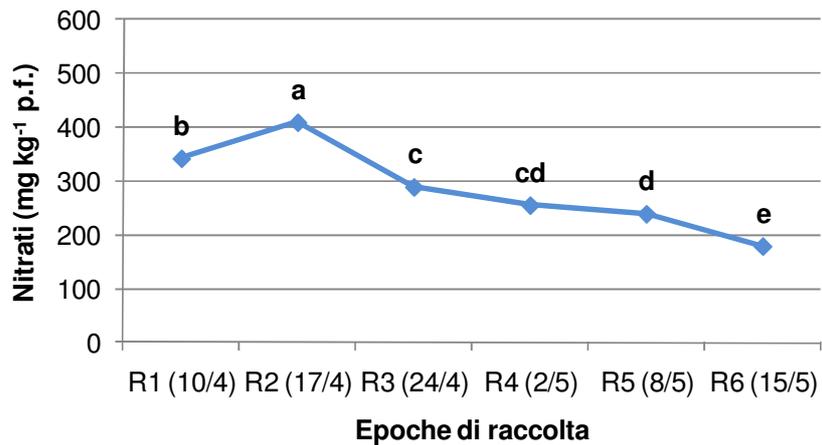


Figura 105 - Effetto delle epoche di raccolta sul contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.f.) nel turione intero.

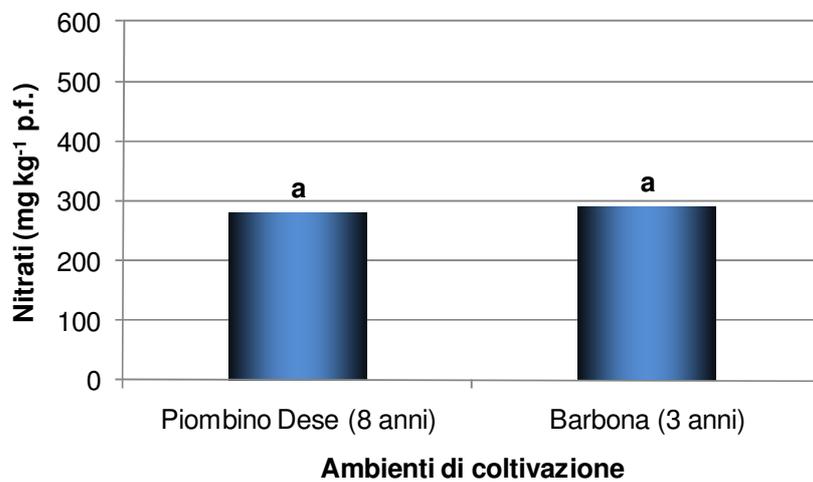


Figura 106 – Effetto degli ambienti di coltivazione sul contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.f.) nel turione intero.

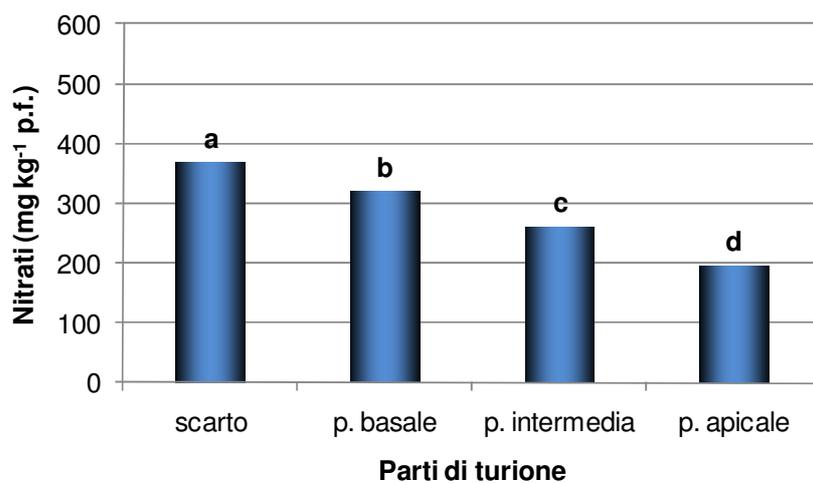


Figura 107 -Contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.f.) nelle diverse parti del turione.

I valori senza alcuna lettera in comune (Figg. 105-106-107) differiscono significativamente per $P \leq 0.001$ secondo il test HSD di Tukey.

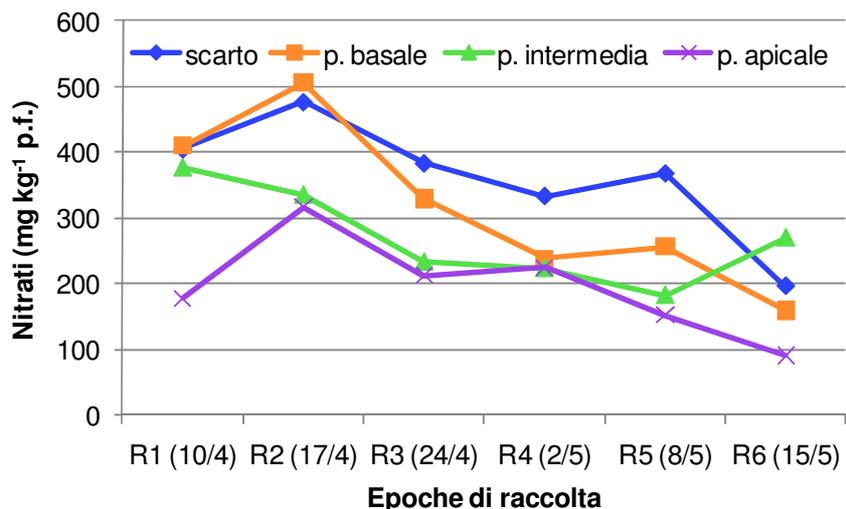


Figura 108 – Diversa influenza dell’epoca di raccolta sul contenuto di nitrati (mg kg^{-1} p.f.) nelle parti di turione.

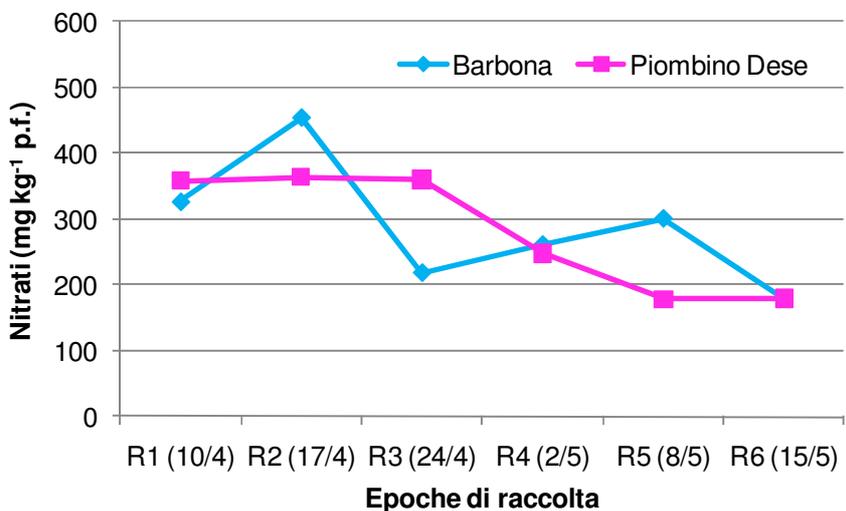


Figura 109 - Diversa influenza dell’epoca di raccolta sul contenuto di nitrati (mg kg^{-1} p.f.) nel turione intero in relazione all’ambiente di coltivazione.

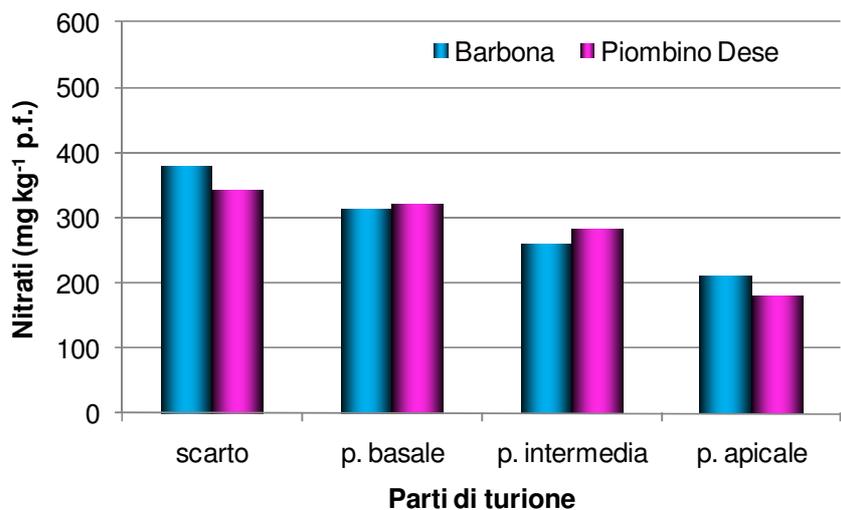


Figura 110 – Diversa influenza dell’ambiente di coltivazione sul contenuto di nitrati (mg kg^{-1} p.f.) nelle parti di turione.

Le interazioni riportate nelle figure 108-109-110 sono significative per $P \leq 0.001$.

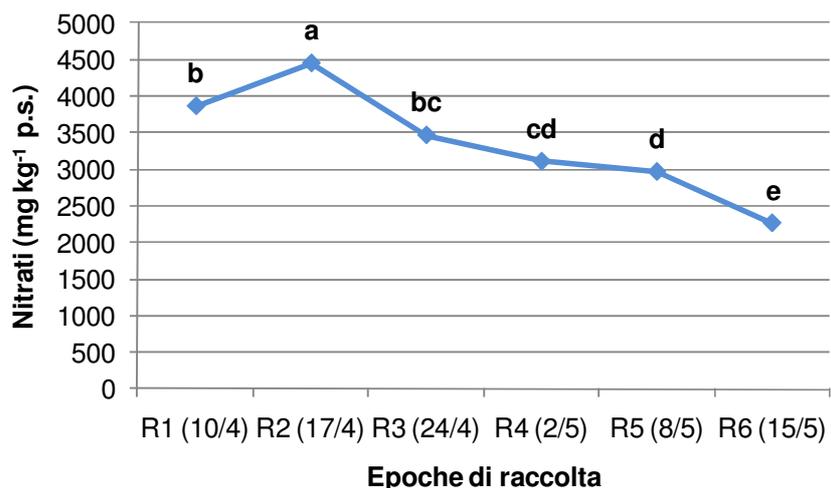


Figura 111 - Effetto delle epoche di raccolta sul contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.s.) nel turione intero.

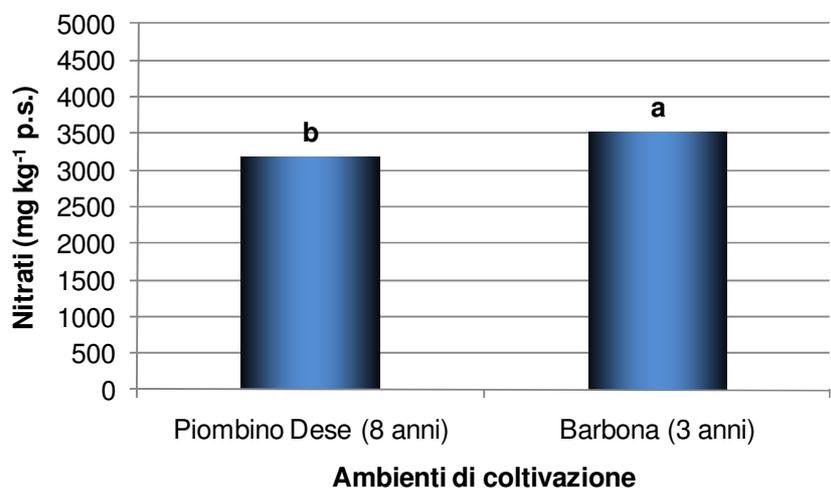


Figura 112 – Effetto degli ambienti di coltivazione sul contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.s.) nel turione intero.

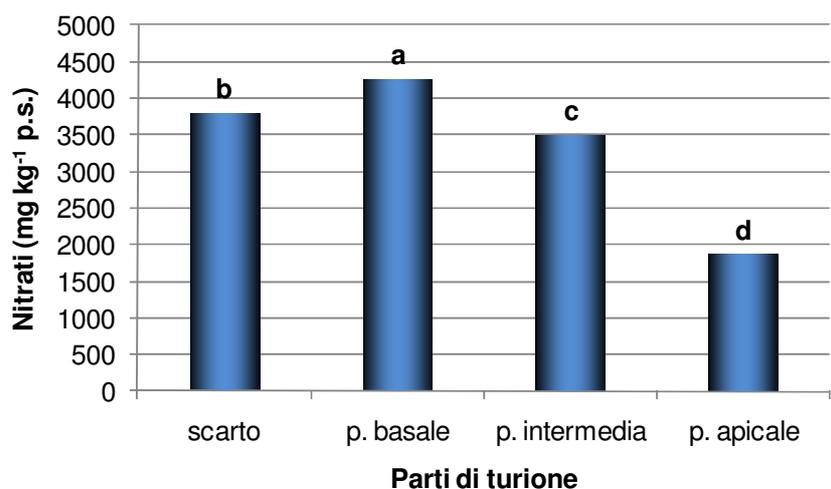


Figura 113 – Contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.s.) nelle diverse parti del turione.

I valori senza alcuna lettera in comune (Figg. 111-112-113) differiscono significativamente per $P \leq 0.001$ secondo il test HSD di Tukey.

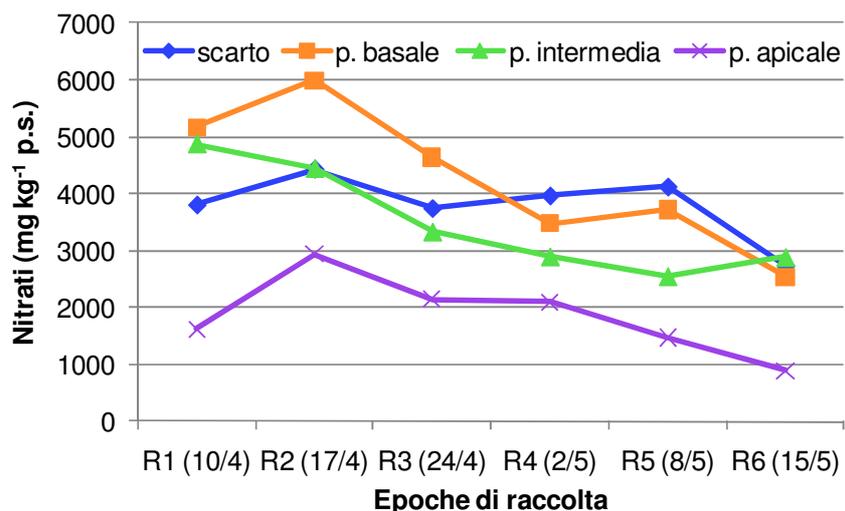


Figura 114 – Diversa influenza dell’epoca di raccolta sul contenuto di nitrati (mg kg^{-1} p.s.) nelle parti di turione.

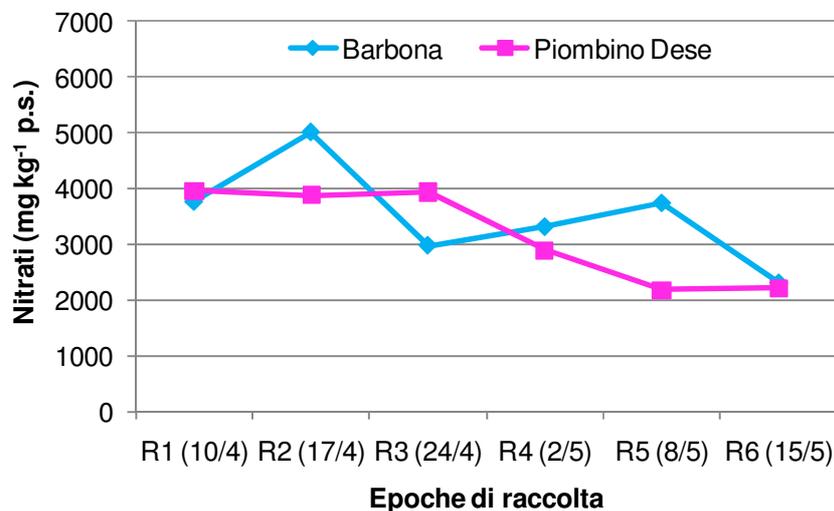


Figura 115 – Diversa influenza dell’epoca di raccolta sul contenuto di nitrati (mg kg^{-1} p.s.) nel turione intero in relazione all’ambiente di coltivazione.

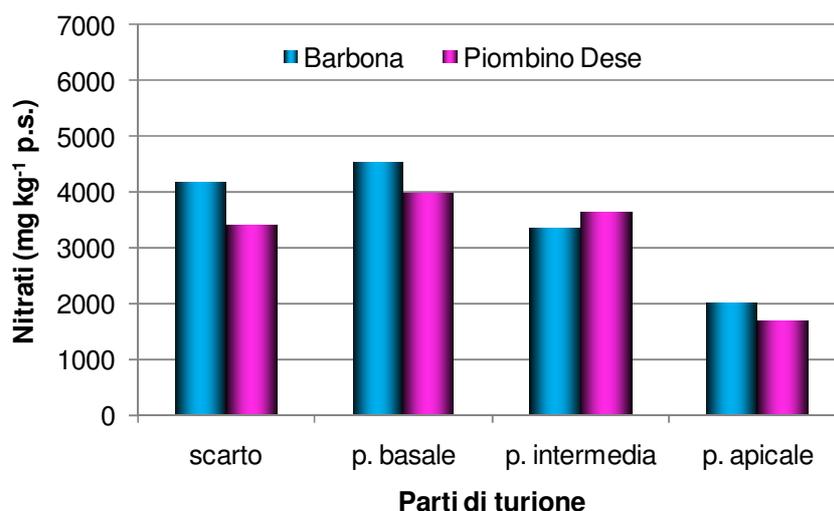


Figura 116 – Diversa influenza dell’ambiente di coltivazione sul contenuto di nitrati (mg kg^{-1} p.s.) nelle parti di turione.

Le interazioni riportate nelle figure 114-115-116 sono significative per $P \leq 0.001$.

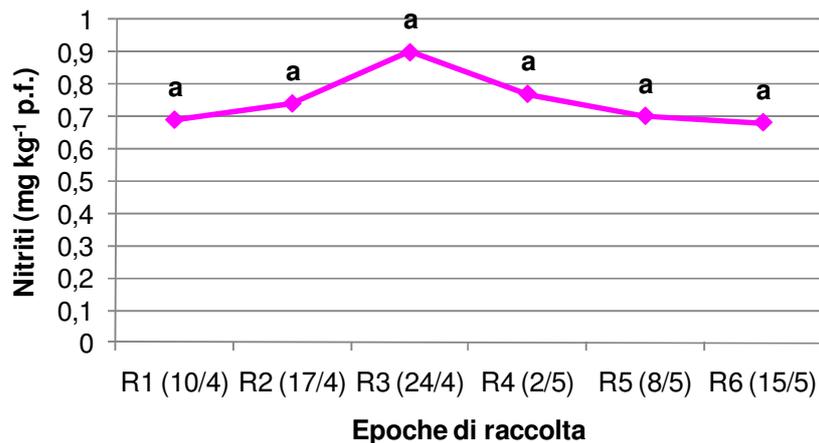


Figura 117 - Effetto delle epoche di raccolta sul contenuto di nitriti (mg kg^{-1} p.f.) nel turione intero.

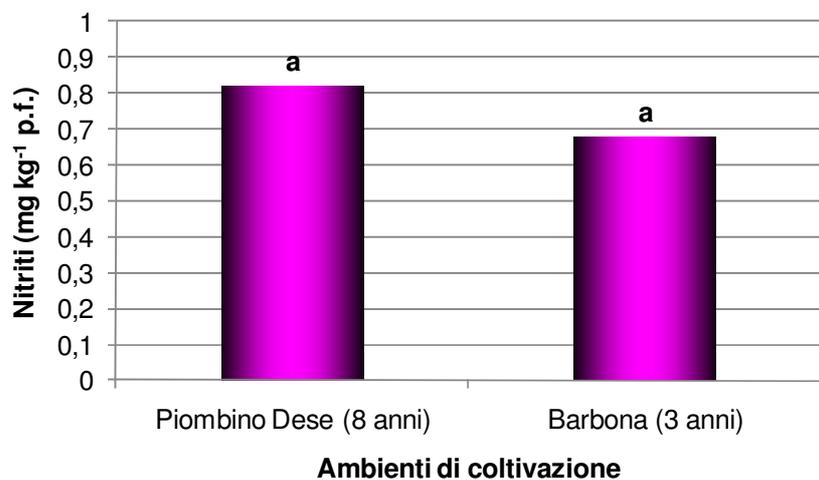


Figura 118 – Effetto degli ambienti di coltivazione sul contenuto di nitriti (mg kg^{-1} p.f.) nel turione intero.

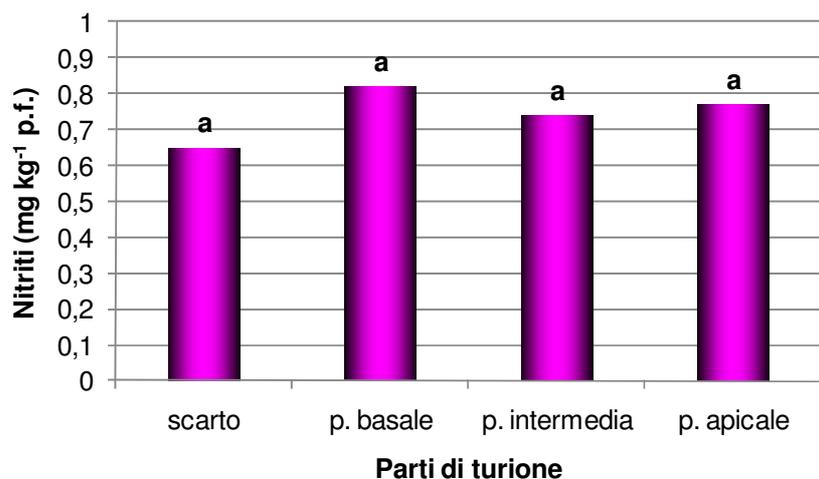


Figura 119 -Contenuto di nitriti (mg kg^{-1} p.f.) nelle diverse parti del turione.

Le differenze tra le medie riportate nelle figure 117-118-119 non sono risultate significativamente diverse.

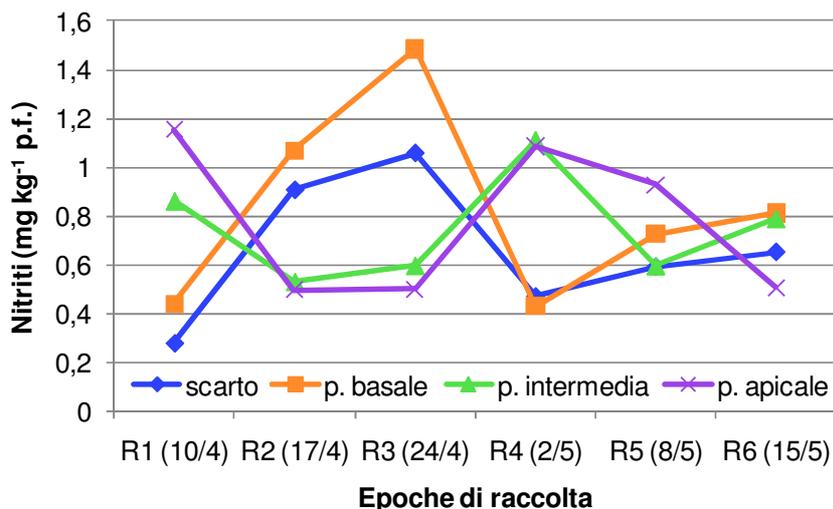


Figura 120 – Diversa influenza dell’epoca di raccolta sul contenuto di nitriti (mg kg^{-1} p.f.) nelle parti di turione.

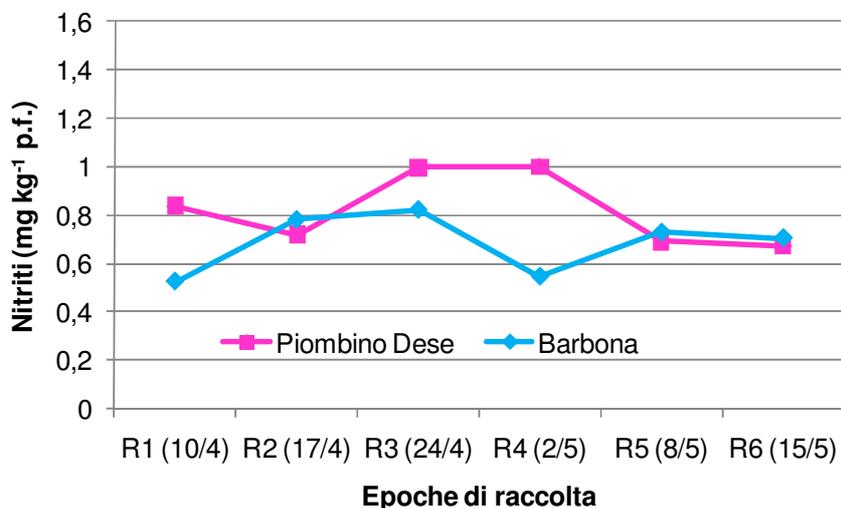


Figura 121 - Diversa influenza dell’epoca di raccolta sul contenuto di nitriti (mg kg^{-1} p.f.) nel turione intero in relazione all’ambiente di coltivazione.

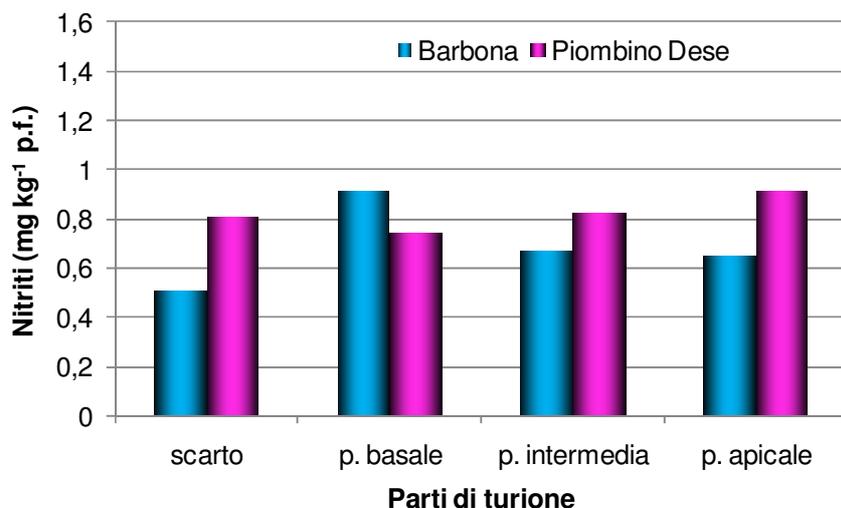


Figura 122 – Diversa influenza dell’ambiente di coltivazione sul contenuto di nitriti (mg kg^{-1} p.f.) nelle parti di turione.

Le interazioni riportate nelle figure 120-121-122 sono significative per $P \leq 0.05$.

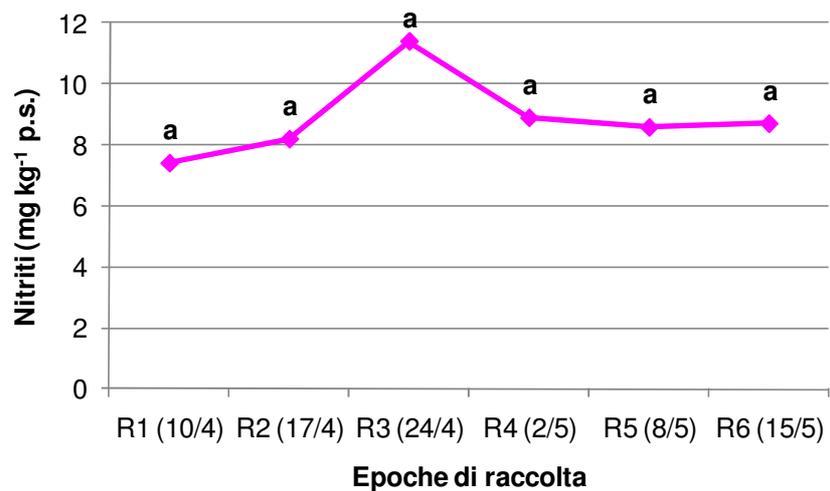


Figura 123 - Effetto delle epoche di raccolta sul contenuto di nitriti (mg kg^{-1} p.s.) nel turione intero.

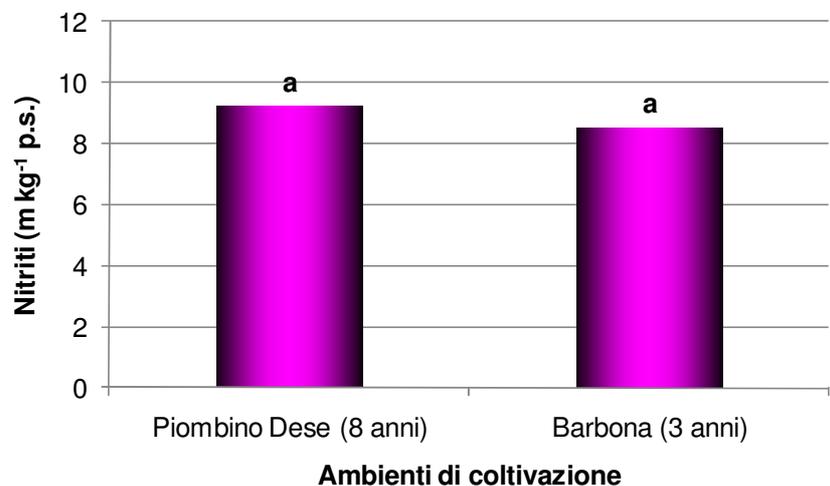


Figura 124 – Effetto degli ambienti di coltivazione sul contenuto di nitriti (mg kg^{-1} p.s.) nel turione intero.

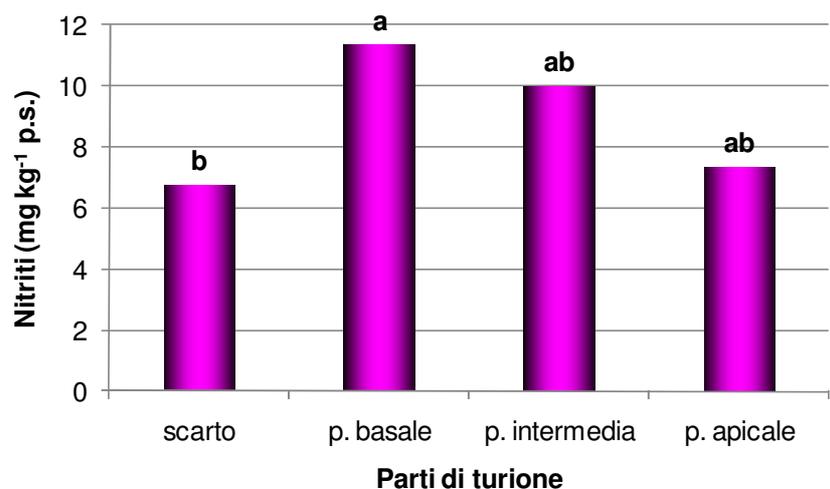


Figura 125 -Contenuto di nitriti (mg kg^{-1} p.s.) nelle diverse parti del turione.

Le colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 123-124-125) differiscono significativamente per $P \leq 0.01$ secondo il test HSD di Tukey.

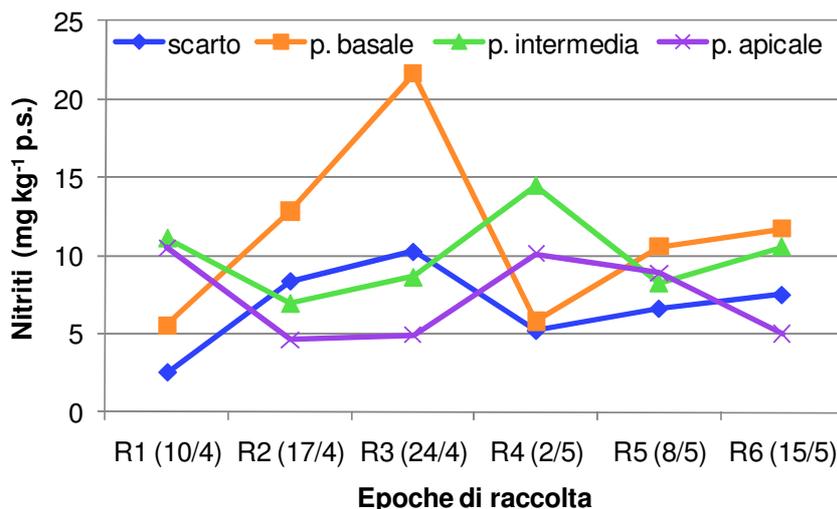


Figura 126 – Diversa influenza dell’epoca di raccolta sul contenuto di nitriti (mg kg^{-1} p.s.) nelle parti di turione.

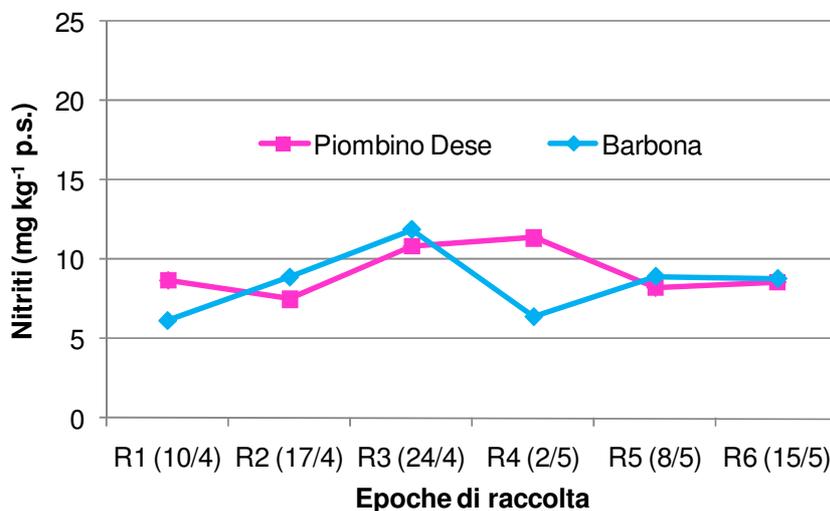


Figura 127 - Diversa influenza dell’epoca di raccolta sul contenuto di nitriti (mg kg^{-1} p.s.) nel turione intero in relazione all’ambiente di coltivazione.

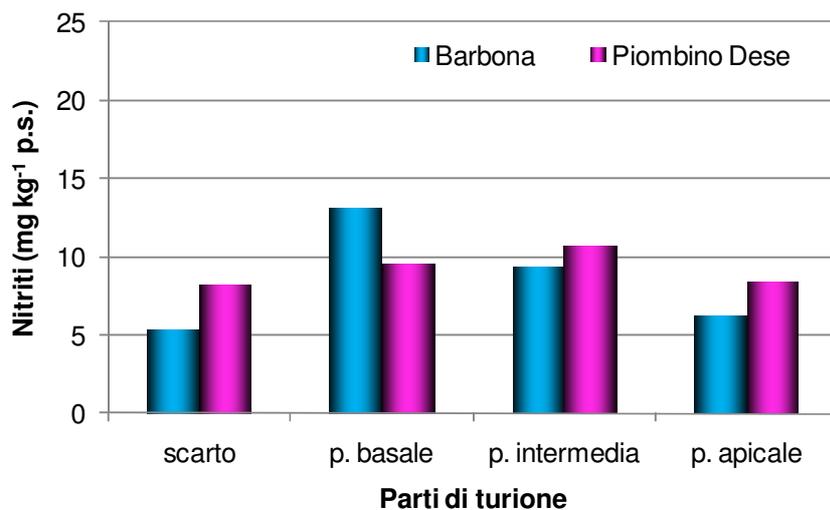


Figura 128 – Diversa influenza dell’ambiente di coltivazione sul contenuto di nitriti (mg kg^{-1} p.s.) nelle parti di turione.

Le interazioni riportate nelle figure 126-127-128 sono significative per $P \leq 0.05$.

PATATA DOLCE

INTRODUZIONE

La batata o patata dolce, conosciuta anche come patata americana, appartiene alla famiglia delle *Convolvulaceae*, genere *Ipomea*, specie *batatas*. Questa famiglia presenta circa 50 generi e quasi 1000 specie ma solamente *I. batatas* viene coltivata come alimento.

Cenni storici

L'areale di origine della patata dolce è probabilmente da identificare nel nord-ovest del Sud America (dov'è comunemente denominata batata, camote, boniato, batata dolce, apichu e kumara) o in Messico. Infatti in questi luoghi era conosciuta prima di Cristo, così come nella Polinesia dove non è ancora noto come sia giunta. In particolare sembra sia derivata dalla *I. trifida* (H.B.K.) Don. che vive spontanea in Messico o secondo altri da *I. tiliacea*, *I. fastigiata*, *I. littoralis* Blume, *I. leucantha* Jacq.. La prima domesticazione da parte dell'uomo e la selezione artificiale di questa coltura è avvenuta grazie alle naturali ibridazioni e mutazioni che hanno dato origine ad un elevato numero di cultivar (Bianco, 1990).

Questa specie fu introdotta in Spagna nel 1492 con la scoperta dell'America da parte di

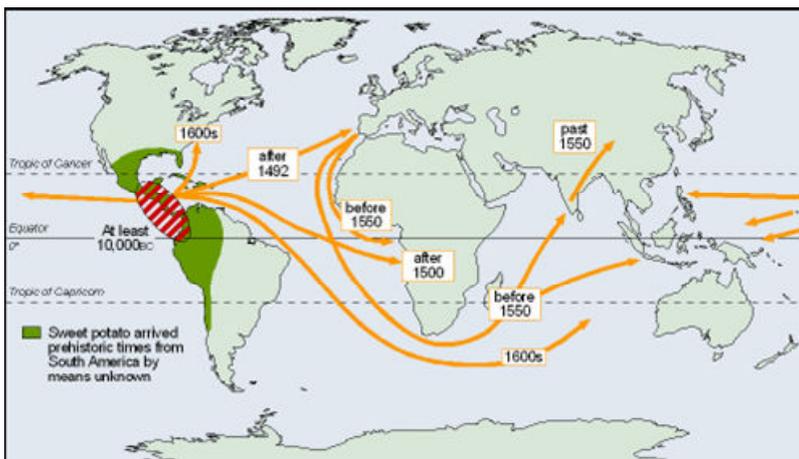


Figura 1 –Centro di origine e diffusione della batata nel tempo.

Cristoforo Colombo e da qui si diffuse in tutta Europa (Fig. 1). In questo Paese era inizialmente conosciuta come *batata* o *padada*, successivamente venne denominata “Patata spagnola” o “patata dolce” per evitare confusioni con la “Patata irlandese” (*Solanum tuberosum*

L.), che arrivò in Europa solo 80 anni dopo rispetto all’*I. batatas*. Ulteriore espansione della patata dolce nel tempo si è avuta tramite due filoni di diffusione: a) il filone “*batata*” che è iniziato dall’introduzione spagnola in Europa, cui ha fatto seguito il trasferimento nel sud-est asiatico cloni coltivati in Europa e, dopo il 1500, attraverso le esplorazioni portoghesi in Africa e India; b) il filone “*kamote*” attraverso il quale cloni messicani sono stati esportati nelle Filippine dai galeoni spagnoli (Yen, 1982).

Questa specie fu descritta per la prima volta da Linneo nel 1753 come *Convolvulus batatas*, successivamente nel 1791 Lamarck la classificò come appartenente al genere *Ipomea* in base alla forma dello stigma e della superficie dei granuli pollinici conseguentemente il nome fu modificato in *Ipomea batatas* (L.) Lam..(Huamán, 1991)

In Italia, dove sembra sia stata introdotta soltanto nel 1630 dal Granduca Ferdinando II di Toscana, la batata ha avuto scarsa fortuna e, secondo Filippo Re, sino a tutto il 1800 veniva coltivata quasi esclusivamente negli orti botanici. Soltanto verso il 1880 fu

introdotta nella grande tenuta del conte Antonio Donà dalle Rose a San Martino di Venezze in provincia di Rovigo. Da allora la coltivazione si estese in molte aziende del Polesine e in quelle dell'opposta sponda dell'Adige in territorio della provincia di Padova (Enciclopedia Agraria Italiana, 1952). All'infuori di queste zone dove la batata è entrata nel consumo popolare affermandosi notevolmente, in Italia, tale ortaggio è quasi sconosciuta.

Caratteristiche botaniche

Le radici avventizie si originano in prossimità della prima foglia vera, nella zona internodale e, a seconda delle caratteristiche fisico-chimiche del terreno, si possono approfondire anche per oltre 2 m. Il numero massimo di radici, viene raggiunto già una ventina di giorni dopo il trapianto mentre, per quelle di riserva, il numero definitivo si identifica dopo circa 30 giorni. Le radici possono essere classificate in quattro tipologie: non ingrossate o fibrose, leggermente ingrossate, a fittone e molto ingrossate o di riserva (Bianco, 1990). Quest'ultime rappresentano l'organo comunemente consumato che può arrivare a pesare più di 1000 g e il loro ingrossamento è dovuto all'elevata attività del cambio primario e alla scarsa lignificazione delle cellule del cilindro centrale (Bianco, 1990). La radice può anche essere classificata a seconda della consistenza (texture) quando viene cucinata, infatti, si possono trovare cultivar a polpa soda o asciutta, a polpa morbida o umida e molte varianti tra questi due estremi (Woolfe, 1992).

La superficie della radice può presentarsi sia liscia che con costolature irregolari e il tegumento esterno, come pure la polpa possono contenere carotenoidi ed antociani che ne determinano il colore. A seconda della combinazione e dell'intensità di questi due gruppi di composti si hanno varietà con tegumento o polpa bianca, gialla, arancione, rosa, o viola. Al taglio le radici producono generalmente un lattice di colore bianco tendenzialmente colloso e presente su tutta la polpa. I tralci, con portamento strisciante o rampicante, possono avere lunghezza variabile da 0.6 m fino a 5-6 m e presentano diverse ramificazioni. Le foglie, 15-25 per ogni stelo, sono portate da piccioli lunghi 50-300 mm e inserite a spirale sui tralci, senza stipole, erette od orizzontali. Le lamine fogliari più giovani presentano generalmente forma cordata mentre, con le successive fasi di accrescimento, possono assumere forma costata e più o meno profondamente lobata con colore che può variare dal viola al verde intenso a seconda della varietà (Bianco, 1990). La porzione apicale dei tralci viene inoltre impiegata in diversi Paesi, come ortaggio per l'alimentazione umana dopo bollitura e può essere utilizzata come fonte di estrazione per numerosi composti funzionali (Antia *et al.*, 2006; Yoshimoto *et al.*, 2006; Islam *et al.*, 2002a; Islam, 2006).

Nei confronti della fioritura, in condizioni climatiche adeguate, ovvero in presenza di fotoperiodo breve (8.0-11.5 ore di luce intensa) (Campbell *et al.*, 1963; Eguchi e Gonzalez, 1989; Lam *et al.*, 1959), temperature moderate (20-25°C) e umidità del 75% (Du Plooy, 1983; Srinivasan, 1977), tale specie presenta fiori ascellari campanulati di 30-40 mm di diametro, di colore rosa o azzurro (Fig. 2). Questi sono semplici o portati in racemi, con 5 petali, 5 sepali e 5 stami; i sepali persistono sull'asse florale dopo la caduta dei petali (Bianco, 1990).



Figura 2 – Particolare del fiore di batata.
science.howstuffworks.com

Il frutto consiste in una capsula biloculare glabra o tomentosa con 4 logge contenenti ciascuna 1 seme nero largo 3 mm, piatto da un lato e convesso dall'altro, oppure angoloso, triangolare con involucri esterno duro, tanto che per la germinazione si ricorre alla scarificazione meccanica o chimica con acido solforico (Bianco, 1990).

Diffusione ed importanza economica nel Mondo e in Italia

L'*I. batatas* è una specie molto importante nel Mondo essendo coltivata in più di 100 Paesi e risulta essere al settimo posto per produzione totale. In termini economici, è classificata al 13 posto per valore della produzione ed è quinta tra le colture più rilevanti per l'alimentazione nella lista dei Paesi in via di sviluppo (Woolfe, 1992).

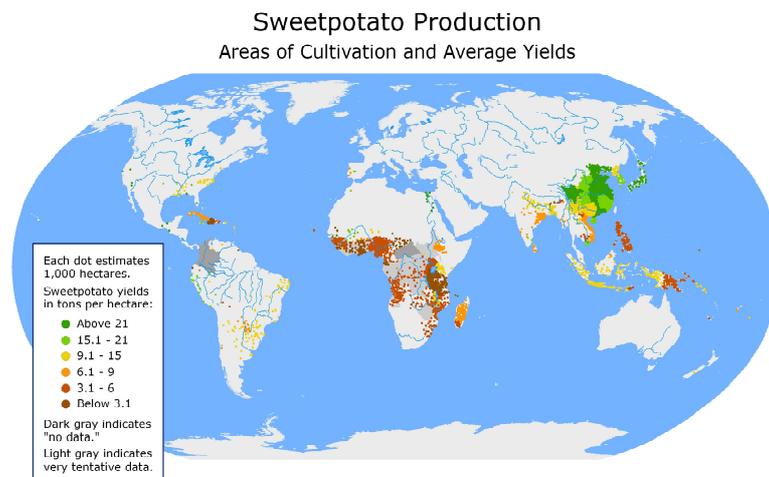


Figura 3 – Zone di coltivazione della batata nel Mondo.
(Faostat, 2006)

La patata dolce viene coltivata su circa 9 milioni di ettari con una produzione che si aggira sui 124 milioni di tonnellate (13.7 tonnellate ha⁻¹) (FAOSTAT, 2006). Questa convolvulacea è prevalentemente messa in coltura nei Paesi in via di sviluppo (Fig. 3), che forniscono quasi il 97% dell'intera produzione mondiale. La Cina si

presenta come il maggiore produttore con 4.7 milioni di ettari che corrispondono a circa il 52% dell'intera superficie coltivata nel mondo. I rimanenti Paesi asiatici contano per il 6%, l'Africa per il 5%, l'America Latina per 1.5% e gli USA per il 0.45%; a livello europeo, il più rilevante produttore risulta essere il Portogallo con 0.02% (Loebenstein e Thottappilly, 2009).

In Italia la patata dolce è considerata una coltura di nicchia con una superficie complessiva compresa tra 400 e 500 ha (Tab. 1) che rappresenta soltanto lo 0.005% del totale mondiale e il 5% a livello europeo e fornisce una produzione totale che negli ultimi 5 anni si è attestata intorno alle 8.500 tonnellate (Tab. 2). La regione maggiormente coinvolta da questa coltura risulta essere il Veneto con circa 300 ha (Tab.

1) ed una produzione che ultimamente raggiunge quasi le 6.000 tonnellate (Tab. 2). In questa Regione la coltivazione della batata interessa particolarmente la Provincia di Padova (Tab. 3) con una superficie superiore ai 200 ha e, dopo un vistoso calo produttivo registrato nel 2003 (Tab. 4) dovuto a condizioni climatiche avverse, ha presentato un significativo incremento esitando sul mercato quasi 4.000 tonnellate di radici.

Tabella 1 - Superficie coltivata a batata (ha) dal 2001 al 2008 in Italia. (Fonte ISTAT)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Veneto	296	289	293	307	321	307	312	293
Toscana	-	100	80	70	70	70	65	60
Lazio	40	35	32	40	35	38	45	50
Puglia	60	65	50	50	50	50	-	-
Sicilia	4	4	6	7	5	7	8	3
ITALIA	400	493	461	474	481	472	430	406

Tabella 2 - Produzione di batata (t) dal 2001 al 2008 in Italia. (Fonte ISTAT)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Veneto	5326	5223	4232	5711	5737	5228	5624	5782
Toscana	-	1920	960	910	910	910	845	780
Lazio	1350	1200	1020	1400	1230	1390	1700	1900
Puglia	930	957	635	612	625	650	-	-
Sicilia	54	58	102	105	70	101	158	60
ITALIA	7661	9359	6949	8738	8572	8280	8327	8522

Tabella 3 - Superficie coltivata a batata (ha) dal 2001 al 2008 nelle diverse provincie del Veneto. (Fonte ISTAT)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Verona	6	6	6	6	6	6	6	6
Vicenza	20	14	15	20	25	20	21	5
Treviso	16	14	14	16	18	15	15	15
Venezia	-	3	18	20	22	20	21	18
Padova	210	207	200	210	220	221	217	214
Rovigo	44	45	40	35	30	32	32	35

Tabella 4 - Produzione di batata (t) dal 2001 al 2008 nelle diverse provincie del Veneto. (Fonte ISTAT)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Verona	210	204	150	150	150	150	148	150
Vicenza	400	280	270	500	675	520	550	130
Treviso	480	420	378	440	432	375	395	375
Venezia	-	73,5	397	461	330	330	373,7	493
Padova	3150	3105	2100	3360	3520	3536	3472	3959
Rovigo	1086	1141	937	800	630	626	685	675

Caratteristiche agronomiche e interventi tecnico-colturali

Esigenze climatiche e adattamento ambientale

La patata dolce è presente dal 40° parallelo Nord al 32° a Sud dell'equatore e in quest'ultimo ambiente viene coltivata fino a 3000 m s.l.m.m.. Le condizioni ottimali per la crescita e la produzione sono state descritte da Onwueme nel 1978 e di seguito riassunte: la temperatura ottimale si aggira sui 24°C e, quando i valori termici scendono al di sotto dei 10°C, l'accrescimento della pianta risulta compromesso. La coltura è fortemente danneggiata dal freddo e tale caratteristica ne limita la coltivazione nelle regioni temperate. Infatti in questi ambienti le aree destinate alla batata devono presentare periodi privi di gelate per almeno 4-6 mesi e caratterizzati da elevate temperature. Un ulteriore parametro importante per questa specie è rappresentato dall'intensità luminosa poiché durante le fasi di accrescimento deve essere elevata, ma allo stesso tempo, il processo di fioritura e ingrossamento delle radici sono favoriti dal fotoperiodo breve. Per quanto riguarda le esigenze idriche, i valori ottimali si aggirano tra i 750-1000 mm all'anno con approssimativamente 500 mm durante il ciclo vegetativo. *L'I. batatas* preferisce terreni franco-sabbiosi con un alto contenuto di sostanza organica, pH compreso tra 5.6 e 6.6 e strati sottostanti permeabili poiché non sopporta il ristagno idrico. In ogni caso l'elevata adattabilità della coltura ad un'ampia gamma di condizioni ambientali, è dovuta alla notevole variabilità genetica e questa caratteristica ne consente la coltivazione con buoni risultati anche in ambienti sub-ottimali.

Tecnica colturale

La messa a dimora della coltura avviene tra aprile e giugno impiegando materiale propagativo costituito da talee erbacee ricavate dai germogli prodotti dalle radici della precedente annata. A tale proposito, nel mese di marzo, viene generalmente predisposto un letto caldo in cui vengono poste (70-90 radici m⁻²) per ottenere un quantitativo sufficiente di germogli per il trapianto. Questo è realizzato meccanicamente su terreno precedentemente sagomato ponendo le talee alla distanza di 0.25-0.30 m sulla fila e 0.70 m tra le file. La messa a dimora della talea deve prevedere una profondità di almeno 0.1 m al fine di garantire il completo interrimento di almeno 2 nodi e lasciando 2 o più foglie esposte.

Per quanto riguarda gli apporti di elementi nutritivi, questa specie risulta essere piuttosto rustica e poco esigente, infatti in Veneto la distribuzione di fertilizzanti è molto limitata. In bibliografia (Bianco, 1990), sono riportate le seguenti formule di concimazione: 60-100 kg ha⁻¹ di N, 80-120 kg ha⁻¹ di P₂O₅ e 100-200 kg ha⁻¹ di K₂O.

Il ciclo colturale si conclude in circa 90-120 giorni a seconda della specie e dell'andamento climatico. A questo punto, previa trinciatura della parte aerea, si procede alla raccolta che avviene mediante l'utilizzo di una macchina scalza patate oppure, in Veneto, viene normalmente impiegato un aratro modificato. Una volta portate in superficie le batate, vengono raccolte meccanicamente o manualmente e in seguito poste in cassoni e avviate allo stoccaggio.

Accrescimento e sviluppo della pianta

Durante il ciclo colturale, la crescita e lo sviluppo della pianta possono essere distinte in tre fasi principali. La prima è caratterizzata dal lento allungamento dei tralci e dal rapido accrescimento delle radici avventizie. La seconda prevede una rapida crescita della parte epigea al fine di incrementare la superficie fogliare e al contempo le radici di riserva iniziano a svilupparsi. Nel terzo e ultimo periodo l'accrescimento della biomassa aerea si esaurisce e si osserva un rapido ingrossamento delle radici di riserva. La durata delle tre fasi è variabile a seconda della cultivar e delle condizioni ambientali, ma

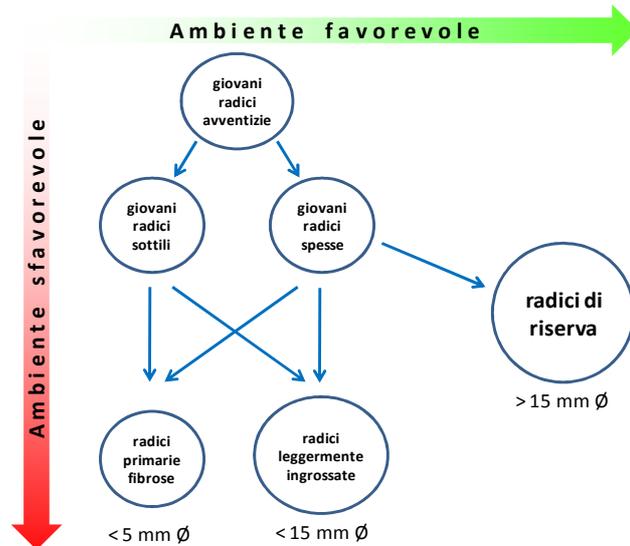


Figura 4 - Sviluppo delle radici avventizie nelle tre principali tipologie riscontrabili in batata.

indicativamente la prima può essere quantificata in 9.5 settimane a partire dal trapianto, la successiva può estendersi sino alla sedicesima settimana e, infine, l'ultima termina con la raccolta (Edmond e Ammerman, 1971). Nei confronti della parte ipogea, secondo Kays (1985) le radici avventizie formate nella porzione di tralcio interrata, possono essere distinte in 'sottili' o 'spesse' (Fig. 4). Le prime si formano nella zona internodale, mentre le seconde si originano dai nodi interrati. Inoltre lo sviluppo di queste giovani radici ('sottili' e 'spesse') dipende sia dall'ambiente

esterno che da quello sotterraneo. Infatti, a seconda delle condizioni in cui si trovano, possono evolversi in tre tipologie: fibrose primarie, leggermente ingrossate e di riserva (Fig. 5).

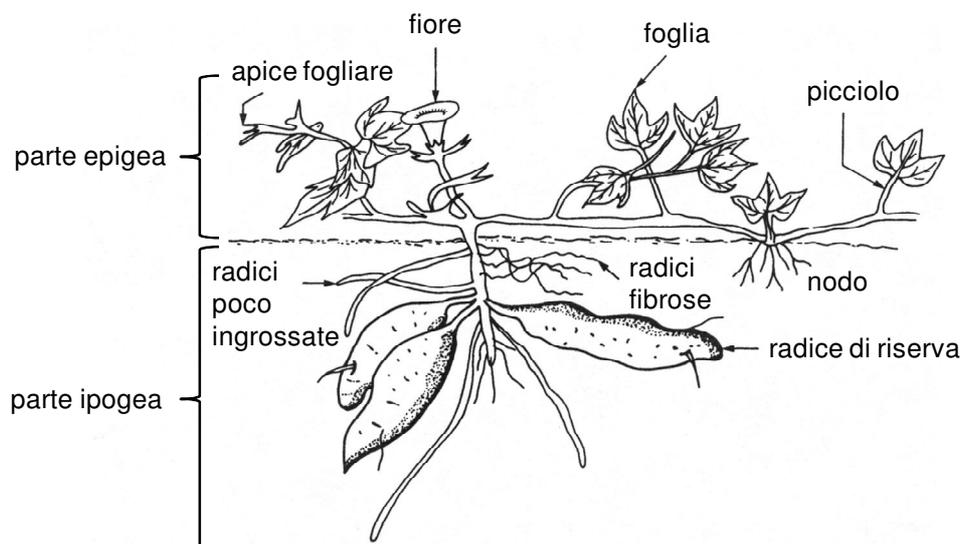


Figura 5 – Rappresentazione schematica della morfologia della pianta di batata.

Nel caso in cui i fattori ambientali siano favorevoli, le radici 'spesse' diventeranno organi di riserva, al contrario, daranno origine a radici fibrose primarie (Fig. 4). Per quanto riguarda le radici 'sottili', invece, diventeranno in ogni caso radici fibrose primarie e in alcuni casi si formeranno radici leggermente ingrossate (non commerciabili). La radice di riserva, alla

maturità, presenta diverse forme che variano dalla sferica all'affusolata e la struttura, come si osserva nella figura 6, è costituita dal periderma che rappresenta il tessuto principale e in questo, formato da sughero, fellogeno, e felloderma, sono situati i tessuti vascolari secondari; le tracheidi, i tubi cribrosi e i dotti lattiferi sono disseminati in elevata quantità nel tessuto parenchimatico di riserva tra lo xilema secondario del cilindro vascolare ed il centro della radice.

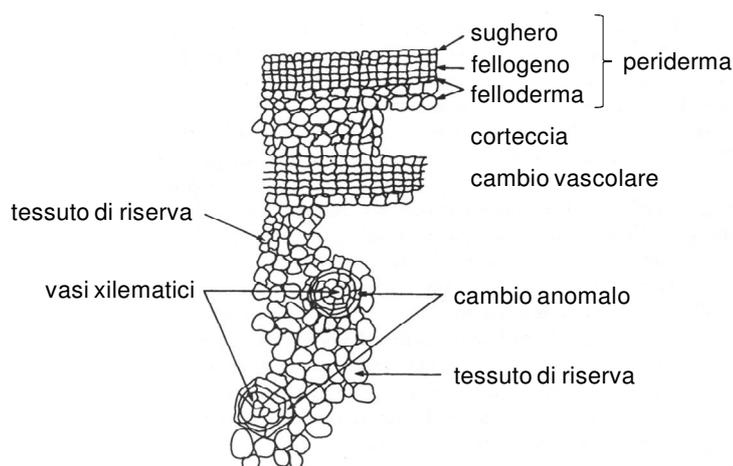


Figura 6 – Sezione trasversale di una radice all'inizio della fase di ingrossamento. (Edmond e Ammerman, 1971)

Aspetti qualitativi

Nei confronti dei principali aspetti qualitativi della patata dolce, Hayase e Kato (1984) hanno riscontrato elevati quantitativi di composti antiossidanti nelle radici di riserva come ad esempio fenoli, antocianine, tocoferolo e β -carotene (Teow *et al.*, 2007). Furuta *et al.* (1998) hanno dimostrato che l'attività antiossidativa è presente in tutte le varietà di patata dolce con polpa bianca, gialla, arancio e viola. In particolare, queste ultime, contengono antocianine nella parte edibile e manifestano notevole azione antiradicalica. Le radici della batata presentano alti livelli di derivati caffeici come l'acido clorogenico e isoclorogenico (Walter *et al.*, 1979; Shimozono *et al.*, 1996). Oltre alle antocianine e ai derivati caffeici, gli organi di riserva dell'*I. batatas* presentano concentrazioni elevate di vitamine come vitamina C e β -carotene. Quest'ultimo composto, come rilevato da Okuno *et al.* (1998), risulta essere quantitativamente maggiore nel prodotto edibile di alcune varietà di batata con polpa arancio (10-14 mg per 100 g⁻¹) rispetto alla carota (7-10 mg 100 g⁻¹). Inoltre Duvivier *et al.* (2008) hanno evidenziato che la capacità antiossidativa della radice è maggiore nel tegumento esterno rispetto alla polpa.

Anche nei confronti della parte aerea, interessanti proprietà nutrizionali sono state rilevate da Antia *et al.* (2006) che hanno riscontrato nelle foglie vitamina A e C, mentre, sempre nel 2006, Islam ha riferito sulla presenza di elevato contenuto di vitamina B e β -carotene.

Il contenuto di fenoli totali in radici di patata dolce coltivate negli USA può variare da 0.14 a 0.51 mg di acido clorogenico equivalenti per grammo di peso fresco (Walter *et al.*, 1979). Secondo quanto riportato da Reyes *et al.* (2007) la concentrazione di

polifenoli tende a diminuire con il procrastinarsi dell'epoca di raccolta. Le foglie di *I. batatas* presentano un quantitativo di polifenoli superiore a molti vegetali tra cui le radici della stessa e i tuberi di patata (*Solanum tuberosum* L.) con valori inclusi tra 17.1 e 1.42 g 100 g⁻¹ di peso secco (Yoshimoto *et al.*, 2006) e manifestano azione antibatterica e antimutagena (Yamakawa e Yoshimoto, 2002).

I composti più presenti nell'*I. batatas* sono i carboidrati che rappresentano l'80-90% della sostanza secca. I più significativi sono l'amido e gli zuccheri mediamente 70 e 10% rispettivamente mentre, meno presenti sono pectine, emicellulose e cellulose. La variazione di queste componenti non è dovuta solo alla cultivar (Woolfe, 1992) e alla maturità della radice ma anche al tempo di conservazione, alla cottura o ai processi di trasformazione subiti ed ha un effetto considerevole su fattori qualitativi come struttura (texture), consistenza, disidratazione, masticabilità e sapore. L'ambiente di coltivazione, inoltre, sembra essere un importante parametro che influisce sulla concentrazione totale di carboidrati (Hammett, 1974). L'amido è quantitativamente il più rappresentativo e deriva dai composti prodotti durante la fotosintesi i quali vengono traslocati nella polpa delle radici e stoccati sottoforma di amido. Esso si trova nei tessuti come granuli di forma e dimensioni caratteristiche per ogni specie botanica. Le qualità organolettiche della batata cotta, dipendono in parte dal contenuto di zuccheri (saccarosio, fruttosio e glucosio) nella radice cruda in quanto più dolci del maltosio (Moskowitz, 1970). Quest'ultimo, nonostante non sia presente nella radice cruda, si forma durante il processo di cottura a causa dell'idrolisi dell'amido e, normalmente, diventa il principale zucchero nelle patate cotte (Picha, 1986). Il saccarosio, il più abbondante disaccaride nella radice cruda, risulta circa tre volte più dolce del maltosio; il fruttosio e il glucosio sono rispettivamente 5 e 2 volte più dolci del maltosio (Moskowitz, 1970). In ogni caso, Koehler e Kays (1991), hanno riportato che nelle puree di patata dolce i pannelisti hanno classificato gli zuccheri nel seguente ordine di preferenza: maltosio > saccarosio > fruttosio.

Infine, per quanto riguarda il contenuto di nitrati, composti potenzialmente dannosi per la salute umana, è stato accertato che, nei confronti degli organi ipogei, come riscontrato da numerosi autori (Cieslik e Sikora, 1998; Santamaria *et al.*, 2002; Ierna, 2009) in patata (*S. tuberosum* L.), anche per la batata i contenuti espressi risultano piuttosto bassi (Corré e Breimer, 1979; Schuddeboom, 1993; Santamaria, 1997).

RIASSUNTO

In questo studio sono state valutate le caratteristiche salutistiche e qualitative della patata dolce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) coltivata in Veneto. Questa regione, infatti, risulta essere la più interessata a livello nazionale, dalla coltivazione di questa convolvulacea. Dal punto di vista produttivo la patata dolce è classificata al settimo posto nel Mondo con 9 milioni di ettari e 140 milioni di tonnellate. Viene coltivata prevalentemente nella fascia tropicale, ma la sua coltivazione si spinge anche in aree temperate.

Negli ultimi anni, a livello regionale, si è osservato un crescente interesse da parte del consumatore e di conseguenza si è resa necessaria una maggiore e approfondita conoscenza di questo ortaggio al fine di soddisfare le esigenze del mercato. Al fine di caratterizzare questa orticola sono stati presi in esame durante il ciclo colturale e in diverse parti della pianta alcuni dei principali aspetti qualitativi quali capacità antiossidativa totale (CAT), fenoli totali (FT), acido ascorbico (AA), zuccheri, nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e azoto organico.

La prova è stata condotta nel 2008 presso un'azienda situata ad Anguillara Veneta (45°13' N – 11°88' E) in provincia di Padova. Nelle prime fasi del ciclo colturale sono stati effettuati dei rilievi volti ad identificare i fenotipi presenti in coltura, successivamente per ciascun fenotipo sono stati condotti 4 rilievi distruttivi che hanno previsto l'estirpamento di 10 piante e la loro successiva suddivisione in lamine fogliari, tralci + piccioli e radici. Inoltre negli ultimi 3 rilievi si è considerato anche il fusto e le radici sono state distinte in non ingrossate (fibrose), poco ingrossate e ingrossate (riserva). Ciascuna delle distinte parti è stata mescolata al fine di ricavare un campione omogeneo, ritenuto rappresentativo della coltivazione, in seguito destinato alle analisi qualitative. Alla raccolta le radici ingrossate sono state suddivise in 4 classi di peso (<99, 100-199, 200-399 e >400 g) e anche per queste sono state eseguiti i rilievi di laboratorio. Inoltre ciascuna radice è stata sezionata in 3 porzioni (prossimale, intermedia e distale) e ulteriormente analizzata.

I risultati ottenuti hanno consentito di mettere in evidenza le interessanti caratteristiche qualitative che contraddistinguono la batata coltivata nell'ambiente veneto. A livello produttivo gli ecotipi maggiormente coltivati in questa Regione, contraddistinti da foglia a cuore e foglia lobata, non hanno espresso valori elevati. Per quanto riguarda le caratteristiche organolettiche, si è osservata la notevole capacità antiossidativa, il contenuto di fenoli totali e di acido ascorbico presenti nelle lamine fogliari e, in genere, nella parte aerea. Queste risposte, una volta approfondite ulteriormente, rendono interessante la biomassa aerea per un eventuale impiego come ortaggio fresco creando in questo modo un nuovo ed innovativo prodotto per il Veneto e l'Italia. In alternativa le parti epigee, rappresentando uno scarto di produzione, potrebbero essere sfruttate per l'estrazione di composti funzionali da parte dell'industria da impiegare per uso cosmetico, medicinale e per l'arricchimento di alcuni cibi.

Nei confronti delle radici, che, in Italia, fino al momento attuale rappresentano la parte edibile di questa coltura, il contenuto di inibitori dell'ossidazione è stato sufficientemente elevato, considerando che gli ecotipi presi in esame sono caratterizzati da polpa bianca e, conseguentemente, priva di carotenoidi e antociani. In relazione alla

presenza di carboidrati a livello radicale, il quantitativo di zuccheri totali è stato più elevato nella classe di peso 200-399 g che, di conseguenza, sotto il profilo qualitativo potrebbe essere ritenuta l'intervallo ponderale ottimale per il mercato.

SUMMARY

This work was aimed to evaluate qualitative and healthy properties of sweet potato cultivated in Veneto region. Sweet potato belongs to the family of *Convolvulaceae* and its scientific name is *Ipomoea batatas* (L.) Lam.. This family presents over 50 genera and more than 1000 species, but only *I. batatas* is commonly cultivated. This plant is an herbaceous perennial plant with edible tuberous roots. From an economical point of view, sweet potato is the seventh most important food crop in terms of production with 9 million hectares and 140 million tons. It's cultivated throughout the tropics and warm temperate regions of the world. It's cultivated especially in developing Countries from which comes out the 95% of world output. Nowadays the largest producer of sweet potato is China with more the 80% of the world supply. In Italy, instead, this crop is considered a niche crop, mainly cultivated in the northern east of Italy in about 400 ha and with 8500 tons. In the last years an increasing interest by the consumer was observed so we need to know Italian sweet potato health properties as a further tool of promotion.

The research object of our work, that is only the first step of our sweet potato characterization, is to determine antioxidant activity (AOA), total phenols (TF), ascorbic acid (AA), sugars, nitrate, nitrite and organic nitrogen. This experiment was conducted in 2008 in the north-east of Italy. The harvesting area was characterized by clay-loamy soil, with average temperature between 15°C and 30°C and 450 mm of rainfall during growing cycle. To better characterize this crop we considered both the whole plant and only storage roots. About plant we considered plants with lobed (LL) and triangular (TL) leaves; 4 sampling moments during growing cycle and 5 plant parts (leaf blades, stem, vines, fibrous roots, enlarged roots and storage roots) were taken in account. About roots 4 weight classes and 3 roots portion (proximal, intermediate and distal) were considered.

The results obtained showed that the higher dry matter content was observed in the 2nd sampling and roots had the higher dry matter percentage, no differences were found between plants with triangular and lobed leaves. The AOA was lower than other varieties cultivated in the world. Anyway the AOA didn't change during growing cycle and, in whole plant was higher in TL and in general in leaf blades. Exactly the same situation was found for total phenols. About AA we found an increasing trend in the plant during growing cycle and this result was probably due to enlarged roots that are the best source of AA. The content of nitrate and nitrite was, on the whole, very low and the higher concentration of nitrate was observed, as expected, in veins. Concerning the qualitative analysis on storage roots, slight differences for dry matter were found among weight classes and the same we can say for different portions. AOA was independent of the weight of the root, but was higher in proximal and distal portions. For AA Italian sweet potato had lower content than literature values and they are concentrated in the intermediate portion. Anyway it has to be considered that this is a white fleshed sweet potato, without pigments and carotenoids. Also for roots nitrate and nitrite content was very low and the higher sugar content was found in the weight class between 200 and 400 g. This can be useful to say that this is the sweeter weight class to send to the market.

MATERIALI E METODI

La prova è stata condotta nel 2008 presso un'azienda situata ad Anguillara Veneta (45°13' N – 11°88' E) in provincia di Padova (Fig. 7). Per quanto riguarda la preparazione del materiale vegetativo da impiegare nella prova ci si è affidati alle modalità operative del produttore dell'azienda. Alla fine di marzo le radici conservate dall'annata precedente sono state poste in letti caldi (circa 100 radici m⁻²) protetti da un tunnel coperto con film plastico incolore (Fig. 8) al fine di favorire il germogliamento. Quando i germogli hanno raggiunto un'altezza di 0.40 m si è provveduto a reciderli in prossimità del terreno ottenendo, previa eliminazione delle foglie basali, il materiale propagativo (talee) idoneo per il trapianto (Fig. 9) realizzato meccanicamente il 2 maggio su terreno franco-argilloso precedentemente assolcato con distanza di 0.70 m tra i solchi (Fig. 10).

Le talee sono state interrate nella parte alta del solco (Fig. 11) con distanza sulla fila di 0.27 m e nello stesso tempo si è provveduto alla distribuzione di circa 100 mL di acqua localizzata per ognuna di esse. Successivamente, visto l'andamento delle precipitazioni piovose, non sono state eseguite ulteriori irrigazioni.

Nell'ambito dell'appezzamento sono state identificate a caso tre parcelle della superficie di 25m² ciascuna (5m x 5m) sulle piante delle quali, nelle prime fasi del ciclo colturale, sono stati effettuati dei rilievi volti alla identificazione degli ecotipi presenti in coltura seguendo le chiavi descrittive suggerite da Huamán (1991). Inoltre, con 4 rilievi distruttivi effettuati il 11/7, 11/8, 26/8 e 22/9 estirpando 10 piante da ciascuna parcella e per ogni ecotipo precedentemente individuato, sono stati monitorati l'accrescimento e lo sviluppo delle stesse. Successivamente si è provveduto a separare le diverse parti ricavando tre porzioni da lamine fogliari, tralci + piccioli e radici (Fig. 12). Inoltre negli ultimi 3 rilievi si è considerato anche il fusto e, le radici, sono state distinte in non ingrossate (fibrose), poco ingrossate e ingrossate (riserva) (Fig. 5). Ciascuna delle distinte parti, ricavate dalle 10 piante è stata mescolata al fine di ricavare un campione omogeneo, ritenuto rappresentativo della coltivazione in seguito destinato alle analisi qualitative.

In questa prima fase si sono poste a confronto 24 tesi derivate da 3 parti di pianta x 4 epoche di prelievo x 2 ecotipi aumentate successivamente a 36 (6 parti di pianta x 3 epoche di prelievo x 2 ecotipi).

La raccolta, avvenuta in data 22/9, ha previsto la trinciatura della parte aerea a 50 mm dal terreno per agevolare la scalzatura delle radici ingrossate tramite un aratro modificato (Fig. 13). In questa fase gli organi ipogei sono stati raccolti dalle piante presenti in 2 m di fila in 5 punti dell'appezzamento interessato. Si è quindi provveduto a pesare le singole radici di ciascuna raccolta al fine di suddividerle in 4 classi di peso (< 99 g, 100-199 g, 200-399 g e > 400 g) come appare in figura 14. Per ciascuna classe le radici sono state inoltre suddivise in tre porzioni (prossimale, intermedia e distale) (Fig. 15) per valutare eventuali variazioni delle caratteristiche qualitative nell'ambito delle diverse parti oltre ad un campione della radice intera. Nell'ambito di ciascuna frazione il materiale è stato tagliato a rondelle spesse 5 mm e in seguito mescolato al fine di ottenere un campione omogeneo.

In questa seconda fase si sono poste a confronto 4 classi di peso della radice (< 99 g, 100-199 g, 200-399 g e > 400 g) x 3 parti della stessa (prossimale, intermedia e distale) oltre al testimone rappresentato dalla radice intera.

Tutti i campioni considerati nella prova sono stati in parte destinati all'ottenimento della sostanza secca in stufa ventilata a 65°C e, la rimanente quota, è stata surgelata in freezer a -80°C per essere destinata in un secondo momento alle analisi qualitative relative al prodotto fresco.

Complessivamente la prova ha previsto la determinazione del contenuto di:

- sostanza secca;
- capacità antiossidativa totale (CAT);
- fenoli totali (FT);
- acido ascorbico (AA);
- zuccheri totali, ad alto e basso peso molecolare;
- nitrati (NO₃);
- nitriti (NO₂);
- azoto proteico

Tutti i campioni sono stati analizzati presso il laboratorio del Dipartimento di Agronomia ambientale e Produzioni vegetali della Facoltà di Agraria dell'Università di Padova.

La determinazione dell'acido ascorbico (vitamina C) è stata eseguita secondo il metodo B dell'ISO 6557 per l'analisi di frutta e ortaggi. Riassumendo 10 g di campione sono stati omogeneizzati con ultra turrax in 20 mL di soluzione estraente (costituita da ac. meta fosforico in soluzione acetica). Come colorante è stata impiegata una soluzione di 2,6-diclorofenolindofenolo. I campioni preparati sono stati letti allo spettrofotometro ad una lunghezza d'onda di 500 nm.

Il metodo di estrazione degli zuccheri si basa sulla diversa solubilità dimostrata dai carboidrati (WSC: Water Solubile Carbohydrate) nei confronti di alcool o acqua in relazione al grado di polimerizzazione delle molecole e quindi del loro diverso peso molecolare (Pontis, 1990).

I WSC sono stati estratti secondo le due metodologie di seguito riportate:

a) estrazione in etanolo 80% per WSC a basso peso molecolare

100 mg di s.s. del campione liofilizzato sono stati posti in un palloncino con 20 mL di solvente e portati ad ebollizione per 6 minuti per tre volte alla temperatura di circa 90°C. Allo scadere del tempo venivano aggiunti ogni volta 20 mL di etanolo 80%;

b) estrazione in acqua e metanolo 80% per WSC totali

in questo caso sempre la medesima quantità di s.s. ha subito un trattamento costituito da quattro fasi di bollitura della durata di 6 minuti ciascuna. Le prime due in etanolo 80% e le ultime due in acqua demineralizzata ottenendo complessivamente 80 mL.

Per entrambe le procedure, terminata la fase di bollitura, si è provveduto a filtrare il campione, in seguito il filtrato è stato trasferito in un cilindro graduato

e portato a 80 mL con acqua demineralizzata. Dopo una breve agitazione si è versato parte del filtrato in una provetta ed è stato conservato in frigo in attesa di eseguire la colorazione.

Il contenuto di carboidrati è stato quantificato seguendo il metodo dell'Anthrone ($C_{14}H_{10}O$). Questa metodica colorimetrica sfrutta la proprietà di una soluzione allo 0.1% di anthrone (9-10-dihydro-9-oxoanthracene) in acido solforico al 76%, di colorarsi in presenza di carboidrati (Pollock, 1986). La procedura di determinazione dei WSC è stata effettuata con auto analizzatore (linea "Carlo Erba" per analisi in continuo). Un volume di campione pari a 4 mL è stato caricato nello strumento dove un campionatore azionato da una pompa peristaltica provvedeva a prelevare il quantitativo necessario. Questo, passando attraverso delle spirali di vetro, si mescolava con la soluzione di anthrone e il tutto transitava in un bagno di acqua alla temperatura di 98-100°C per circa 20 minuti. In seguito tramite colorimetro "Carlo Erba" è stata misurata l'intensità luminosa a 620 nm. Periodicamente si è proceduto alla costruzione di una curva di taratura mediante l'uso di soluzioni di fruttosio a concentrazione nota.

Nei confronti delle rimanenti analisi qualitative si fa riferimento alle metodiche riportate in precedenza (Pagg. 54-55-78)

L'elaborazione statistica dei dati ottenuti è stata effettuata con ANOVA e la separazione delle medie è stata realizzata mediante il Test HSD di Tukey.

Andamento meteorologico

Per la caratterizzazione meteorologica dell'ambiente di prova, sono stati impiegati i dati relativi a temperatura, pluviometria e umidità relativa registrati dalla stazione agrometeorologica ARPAV più vicina (Agnà – PD).

Per quanto riguarda le temperature minime (Fig. 16), ad eccezione di alcuni periodi (inizio maggio, metà giugno, seconda decade di luglio, 25 agosto e ultimi 20 giorni di settembre) sono risultate superiori ai valori pluriennali (1992-2008). I livelli termici massimi, analogamente a quanto riscontrato per quelli minimi, si sono attestati per gran parte del ciclo colturale al di sopra dei dati storici con scostamenti fino a quasi 6 e 7 °C in corrispondenza del 20 giugno e 10 settembre rispettivamente. Nella fase conclusiva della prova (seconda e terza decade di settembre), invece i valori delle max e min si sono sempre dimostrati inferiori a quelli pluriennali.

In relazione alle precipitazioni piovose, sempre la stessa figura evidenzia che, durante il periodo di prova, si sono registrati complessivamente 495.4 mm rispetto a 327.9 mm ricavati dai dati pluriennali. I principali eventi piovosi si sono verificati prevalentemente in tre periodi (10/05 – 15/05, 30/05 – 15/06 e 15/09) con 109.4, 224.8 e 91 mm rispettivamente. La frequenza e l'intensità delle precipitazioni ha ovviamente influito sull'andamento dell'umidità relativa (Fig. 17). L'UR min ha evidenziato un forte incremento (59%) il 15 maggio, successivamente i valori sono oscillati tra il 30 e il 55% contrariamente all'UR max che ha, invece, presentato percentuali comprese nell'intervallo 85-100%.

RISULTATI

Risultati relativi alla pianta intera

Rilievi morfologici

La caratterizzazione morfologica del materiale vegetale con cui si è operato ha consentito di identificarne i principali elementi distintivi come riportato in tabella 5. Complessivamente sono stati identificati due ecotipi: il primo (A) è contraddistinto da foglie di forma triangolare o a cuore che di seguito verrà identificato con la sigla EFC, mentre il secondo (B) da foglie lobate (EFL). Tali ecotipi, oltre che per la macroscopica differenza a livello fogliare (Fig. 18), hanno presentato altre diversità che riguardano la forma dei lobi fogliari e quella del lobo centrale (Tab. 5). Le rimanenti chiavi descrittive considerate, non hanno invece riscontrato difformità rilevanti.

Aspetti ponderali delle diverse parti di pianta e superficie fogliare

Durante il ciclo colturale il peso fresco della pianta intera ha presentato un notevole incremento tra il primo ed il secondo rilievo (Fig. 19) per poi rimanere su valori non diversi sotto il profilo statistico raggiungendo il risultato apparentemente più elevato (1200 g) alla raccolta. Nell'ambito dei due ecotipi (Fig. 20) le piante di quello a foglie cuoriformi (EFC) hanno manifestato valori ponderali della biomassa epigea ed ipogea più elevati (940 g) rispetto a EFL (702 g). Per quanto riguarda la ripartizione ponderale media dell'intera pianta (Fig. 21), tralci + piccioli hanno rappresentato la frazione più importante seguiti dalle lamine fogliari e radici totali. Per quanto riguarda il fusto (Figg. 22 e 23), che, per motivi di consistenza, è stato possibile considerare solo successivamente a partire dal secondo rilievo (11/8), il peso fresco non ha subito variazioni significative né durante il ciclo colturale, né nell'ambito dei due ecotipi e, mediamente, è risultato pari a circa 14 g.

Nei confronti della percentuale di sostanza secca (Fig. 24), dal primo al terzo rilievo (26/8) si è osservato un incremento del 35.2%, in seguito i valori hanno subito una contrazione pari al 21.8%. I due ecotipi non si sono differenziati presentando concentrazioni intorno al 18% (dati non riportati). Nell'ambito delle principali parti di pianta (Fig. 25) le radici hanno fornito le maggiori risposte con percentuali medie di sostanza secca superiori al 27%. Inoltre queste ultime hanno manifestato un andamento crescente nel corso del ciclo colturale (Fig. 26) raggiungendo il 32.2 % di s.s., contrariamente a quanto verificato per le lamine fogliari e tralci + piccioli che hanno presentato concentrazioni non molto variabili nel tempo e pari rispettivamente a circa il 17 e 13%. Per quanto riguarda il fusto (Fig. 27), la maggiore percentuale di s.s. (26.8%) è stata registrata al rilievo del 26/8 (terzo) per poi diminuire leggermente fino al termine della prova. Anche per questo parametro i due ecotipi non si sono differenziati esibendo percentuali intorno al 25% (dati non riportati).

La superficie fogliare e il LAI (Fig. 28) hanno manifestato un marcato incremento nel primo periodo (11/7-11/8) raggiungendo rispettivamente 1.16 m² e 6. In seguito si è

registrata una contrazione dei valori nella parte centrale del ciclo colturale ed un nuovo aumento nelle fasi conclusive attestandosi su livelli di 1.05 m² e 5.4.

Di seguito si espongono i risultati relativi alle analisi qualitative eseguite durante il corso del ciclo colturale iniziando dal secondo rilievo (11/8), momento in cui è stata possibile l'individuazione delle le 3 tipologie di radici da considerare (non ingrossate o fibrose, poco ingrossate e ingrossate o di riserva).

Considerando ora in dettaglio alcuni aspetti dell'apparato radicale dalla tabella 6 appare che nessuna delle caratteristiche considerate ha evidenziato i valori tra i 2 ecotipi, anche se le risposte di EFC sono risultate apparentemente più consistenti. Nell'ambito dei 3 tipi di radice (Tab. 7), quelle non ingrossate (fibrose) hanno manifestato i valori più elevati nei confronti di numero per pianta e lunghezza; quelle ingrossate si sono ovviamente distinte per il peso unitario (177.5 g) oltre che per il diametro. Valori non diversi si sono ottenuti per la concentrazione di sostanza secca, variata dal 24.4% delle radici poco ingrossate al 29.6% per quelle non ingrossate.

Aspetti qualitativi della pianta intera e delle parti epigee e ipogee

Capacità antiossidasica totale

Capacità antiossidasica totale sul peso fresco

La capacità antiossidasica totale (CAT) rilevata nelle tre epoche di rilievo (Fig. 29), non ha evidenziato differenze significative e la loro concentrazione si è mantenuta costante durante tutto il ciclo con quantità inferiori ai 10000 mg Fe²⁺E kg⁻¹. Significativamente diversi sono invece risultati gli effetti principali dei due ecotipi (Fig. 30) nell'ambito dei quali EFC ha manifestato valori più elevati (10623 mg Fe²⁺E kg⁻¹) rispetto a EFL (8220 mg Fe²⁺E kg⁻¹). Per quanto riguarda le parti di pianta (Fig. 31), le lamine fogliari sono state le più dotate di inibitori dell'ossidazione con valori superiori ai 23000 mg FeE kg⁻¹, seguite da fusto e tralci + piccioli. In relazione alla parte ipogea, le radici fibrose hanno apparentemente espresso la concentrazione maggiore (6825 mg Fe²⁺E kg⁻¹), mentre quelle poco ingrossate e ingrossate hanno presentato i contenuti minori, inferiori a 5000 mg Fe²⁺E kg⁻¹.

Sempre a proposito della CAT, si è potuto riscontrare che le risposte nell'ambito delle parti di pianta non sono risultate sempre analoghe (interazione "ecotipi x parti di pianta"). Infatti (Fig. 32), la dotazione più elevata si è riscontrata nelle lamine e in tralci + piccioli di EFC, ma, ad eccezione delle radici non ingrossate, che non hanno presentato differenze tra i due ecotipi, le rimanenti parti sono state più dotate di composti ad attività antiossidasica in EFL.

Si è inoltre osservato (Fig. 33) il marcato incremento (31.8%) della CAT a carico delle lamine fogliari avvenuto dal terzo al quarto rilievo. Tale risposta, diversa nei confronti delle altre parti di pianta considerate, giustifica la significativa interazione "epoche di rilievo x parti di pianta".

Capacità antiossidasica totale sul peso secco

Il contenuto di antiossidanti sul peso secco ha presentato andamenti analoghi a quelli osservati per il peso fresco. La concentrazione di queste molecole, nei confronti della pianta intera, si è mantenuta costante durante il ciclo colturale con valori attorno ai 200000 mg Fe²⁺E kg⁻¹ (Fig. 34) mentre i due ecotipi hanno esibito valori significativamente diversi tra loro (Fig. 35) e pari a circa 217000 e 181000 mg Fe²⁺E kg⁻¹ rispettivamente per EFC ed EFL.

Le parti più ricche di sostanze antiradicali (Fig. 36) sono risultate le lamine fogliari (405320 mg Fe²⁺E kg⁻¹) ed il fusto (304398 mg Fe²⁺E kg⁻¹) seguite dalle radici non ingrossate. Valori inferiori a 150000 mg Fe²⁺E kg⁻¹ si sono registrati nelle radici poco ingrossate, tralci + piccioli oltre alle radici ingrossate. EFC, contrariamente a EFL (Fig. 37), ha presentato un incremento della CAT dal terzo al quarto rilievo. Inoltre, sempre EFC (Fig. 38), ha manifestato incrementi della CAT nelle lamine fogliari e in tralci + piccioli pari al 91.0% e 125% rispettivamente nei confronti di EFL. Quest'ultimo ecotipo, tuttavia, ha espresso valori più elevati relativamente al fusto e agli organi ipogei ingrossati giustificando la significatività dell'interazione "ecotipi x parti di pianta".

Durante il ciclo colturale (Fig. 39) le varie parti di pianta hanno evidenziato andamenti diversificati: dal secondo al terzo rilievo, ad eccezione delle lamine fogliari e dei tralci + piccioli, si è osservato un incremento della CAT; tra il terzo e il quarto, ad esclusione delle lamine fogliari, per le quali si è registrato un aumento percentuale del 23.0%, la maggioranza delle porzioni di pianta ha manifestato un decremento più o meno intenso degli inibitori dell'ossidazione.

Fenoli totali

Contenuto di fenoli totali sul peso fresco

Anche in questo caso le epoche di rilievo hanno presentato valori non diversi e compresi tra 800 e 1000 mg GAE kg⁻¹ (Fig. 40). Nei confronti dell'effetto principale dei due ecotipi (Fig. 41), invece, la differenza del contenuto di fenoli totali (FT), 977 e 811 mg GAE kg⁻¹ rispettivamente per EFC e EFL, è risultata statisticamente significativo.

Nelle parti di pianta (Fig. 42), analogamente a quanto riscontrato per gli antiossidanti, le lamine fogliari hanno evidenziato la dotazione maggiore di FT (1866 mg GAE kg⁻¹), seguite da fusto e tralci + piccioli. Le radici hanno manifestato un andamento decrescente passando da quelle fibrose (756 mg GAE kg⁻¹) a quelle ingrossate (258 mg GAE kg⁻¹). L'epoca di rilievo non ha influito sul contenuto di FT nei due ecotipi (dati non riportati) mentre, considerando le varie parti della pianta (Fig. 43), EFC e EFL hanno esibito un diverso comportamento. Infatti le lamine fogliari del primo hanno presentato valori superiori del 42.2% rispetto al secondo; tale risposta si è manifestata anche a livello di tralci + piccioli mentre, andamento opposto si è osservato a livello radicale. Marcato è stato l'incremento del contenuto di FT nelle lamine fogliari tra il terzo e quarto rilievo (Fig. 44), al contrario di fusto e radici ingrossate che hanno, invece, evidenziato decrementi più o meno consistenti e delle altre porzioni di pianta che non hanno mostrato scostamenti rilevanti nell'ambito dei tre rilievi.

Contenuto di fenoli totali sul peso secco

Nei confronti dell'effetto principale dell'epoca di raccolta (Fig. 45), non si sono osservate differenze con valori che si sono attestati attorno ai 20000 mg GAE kg⁻¹. Scostamenti significativi sono stati invece osservati tra i due ecotipi (Fig. 46), in particolare EFC ha presentato il contenuto maggiore (21000 mg GAE kg⁻¹) rispetto a EFL (18485 mg GAE kg⁻¹). Dalla figura 47 è evidente la maggiore concentrazione di FT nelle lamine fogliari e fusto, seguite dalle radici non ingrossate, da quelle poco ingrossate e ingrossate che non si sono differenziate e da tralci + piccioli. In particolare i valori apparentemente più modesti sono stati riscontrati nelle radici ingrossate e in tralci + piccioli entrambi al di sotto di 10000 mg GAE kg⁻¹.

L'epoca di rilievo (Fig. 48) non ha determinato scostamenti nell'ecotipo EFC, mentre in EFL si sono evidenziati leggeri decrementi in corrispondenza del secondo e quarto rilievo, mentre per il terzo i valori non si sono discostati da quanto verificato per EFC. Prendendo in considerazione le parti di pianta (Fig. 49), EFC ha evidenziato un maggiore contenuto di FT per quanto riguarda foglie e tralci + piccioli, mentre per le rimanenti porzioni di pianta, EFL è stato nettamente superiore. Infine nella figura 50, dove sono rappresentate le diversificate risposte delle parti di pianta in relazione all'epoca di rilievo, è possibile osservare che, ad eccezione delle lamine fogliari, dal secondo al terzo rilievo si è verificato un più o meno marcato incremento dei FT. Nella fase successiva invece, compresa tra il 26/8 e il 22/9, le risposte si sono invertite.

Acido ascorbico

Contenuto di acido ascorbico sul peso fresco

Durante il ciclo colturale è stato riscontrato un significativo aumento del contenuto di acido ascorbico (AA) (Fig. 51) che, dalla prima alla terza epoca di rilievo, è risultato pari al 25%. L'ecotipo che ha presentato il maggior contenuto di AA (Fig. 52) è stato EFC (131.5 mg kg⁻¹) differenziandosi significativamente da EFL (118 mg kg⁻¹). Nei confronti dell'effetto principale delle diverse porzioni di pianta (Fig. 53), le radici ingrossate, poco ingrossate e lamine fogliari hanno presentato i valori maggiori pari a 170.5, 149.9 e 137.6 mg kg⁻¹ rispettivamente. Fusto, tralci + piccioli e radici fibrose hanno presentato valori non diversi e compresi tra 101.4 e 94.7 mg kg⁻¹ di prodotto.

L'epoca di rilievo non ha influito significativamente sul contenuto di AA nei due ecotipi (dati non riportati), mentre questi ultimi hanno evidenziato risposte diverse ("Parti di pianta x ecotipi") nei confronti delle parti di pianta (Fig. 54). In particolare, ad eccezione del fusto dove EFL è stato superiore a EFC e delle radici ingrossate dove i due ecotipi non hanno diversificato le concentrazioni in modo evidente, nelle rimanenti parti di pianta EFC ha manifestato quantitativi di AA maggiori fino al 23.7% nelle foglie.

Per quanto riguarda l'effetto delle epoche di rilievo nei confronti delle parti di pianta (Fig. 55), dall'11/8 al 26/8, ad eccezione delle radici poco ingrossate, le rimanenti porzioni hanno presentato nel complesso un incremento di AA. Dal secondo al terzo rilievo entrambi gli organi di riserva (radici poco ingrossate e ingrossate) hanno invece

sortito un lieve decremento pari al 2.7 e 8.0% rispettivamente, mentre le altre parti di pianta hanno continuato con intensità diversa il loro aumento.

Contenuto di acido ascorbico sul peso secco

Per quanto riguarda l'effetto delle epoche di rilievo (Fig. 56), i maggiori quantitativi di AA nella pianta intera si sono riscontrati in corrispondenza del terzo e quarto rilievo superiori del 24% rispetto al secondo. Come osservato per il peso fresco, i due ecotipi hanno presentato una differenza delle concentrazioni significativamente diversa (Fig. 57), in particolare EFC ha manifestato valori superiori del 10% rispetto a EFL. Nell'ambito della parti di pianta (Fig. 58), i maggiori contenuti in AA sono stati riscontrati nelle radici ingrossate (5384 mg kg^{-1}) seguiti da quelli delle poco ingrossate (4565 mg kg^{-1}) e, ad un livello inferiore da quelle fibrose, lamine fogliari e fusto, con concentrazioni comprese tra 2000 e 3000 mg kg^{-1} , i tralci + piccioli hanno espresso valori più bassi con 1174 mg kg^{-1} .

Nell'ambito delle epoche di rilievo, gli ecotipi non hanno manifestato risposte diverse e di conseguenza, come in tutti gli altri casi, l'interazione non significativa non viene riportata. Anche in questo caso i due ecotipi hanno fornito, invece, risposte diversificate in relazione alle parti di pianta (interazione "ecotipi x parti di pianta") (Fig. 59). In particolare il fusto e le radici ingrossate sono risultati più dotati di AA in EFL, contrariamente a quanto verificatosi per lamine fogliari, tralci + piccioli, radici non ingrossate e poco ingrossate. Ad eccezione delle radici poco ingrossate (Fig. 60), le rimanenti parti di pianta hanno mostrato un incremento del contenuto di AA nell'intervallo temporale tra l'11/8 e il 26/8. Successivamente tale andamento crescente è proseguito solo per lamine fogliari, fusto e radici non ingrossate.

Zuccheri

Contenuto di zuccheri sul peso fresco

Zuccheri totali (Z-T)

Durate il ciclo colturale (Fig. 61) il contenuto di Z-T non ha presentato differenze significative con quantità comprese tra 3.5 e 4.0 g kg^{-1} di prodotto. Anche per quanto riguarda i due ecotipi (Fig. 62), non si sono registrati scostamenti di rilievo ed i valori si sono attestati intorno a 3.8 g kg^{-1} . Nell'ambito delle parti di pianta (Fig. 63) si sono distinti i tralci + piccioli che hanno presentato il maggiore contenuto di Z-T (6.9 g kg^{-1}), seguiti dalle lamine fogliari (4.7 g kg^{-1}), fusto (3.1 g kg^{-1}) e dagli organi ipogei che non hanno superato i 3 g kg^{-1} . Durante il ciclo colturale (Fig. 64), i valori sono stati sostanzialmente costanti per tutte le parti di pianta dal secondo (11/08) al terzo periodo (26/08), nel quarto (22/09), invece, le risposte si sono diversificate soprattutto per tralci + piccioli e le lamine fogliari. I primi hanno subito un incremento del 33.4%, mentre le seconde hanno manifestato un lieve decremento pari al 8.5%.

Zuccheri a Basso Peso Molecolare (Z-BPM)

Gli Z-BPM (Fig. 61) hanno manifestato un decremento del 12.1% dalla seconda alla terza epoca di rilievo per poi aumentare nuovamente alla raccolta portandosi ai livelli di inizio ciclo colturale. EFC ha presentato un valore maggiore rispetto a EFL come appare dalla figura 62. Per quanto riguarda le parti di pianta (Fig. 63), esse hanno presentato andamento non diverso a quello riscontrato per gli Z-T. Infatti, tralci + piccioli hanno mostrato la dotazione maggiore con 7.3 g kg^{-1} , seguiti dalle lamine fogliari con 3.2 g kg^{-1} e dal fusto (2.5 g kg^{-1}). Anche in questo caso l'apparato radicale ha presentato i valori minori attestandosi al di sotto di 2.5 g kg^{-1} .

Nei confronti dell'interazione "ecotipi x parti di pianta", dalla figura 65 emerge che, ad eccezione delle radici non ingrossate, EFC ha mostrato un maggiore contenuto di zuccheri rispetto a EFL. Durante il ciclo colturale (Fig. 66), inoltre, i tralci + piccioli sono stati gli organi maggiormente dotati con un andamento decrescente fino al 26 agosto e crescente in seguito fino a raggiungere 7.7 g kg^{-1} il 22 settembre. Le altre porzioni di pianta hanno invece mantenuto il contenuto di Z-BPM invariato nel secondo periodo, mentre nel terzo si è registrato un aumento percentuale del 31.0% e del 9.8% per lamine fogliari e radici non ingrossate ed un lieve decremento nelle restanti parti.

Zuccheri ad Alto Peso Molecolare (Z-APM)

Nel corso del ciclo colturale (Fig. 61), l'ultimo rilievo relativo alla pianta intera si è statisticamente differenziato evidenziando un incremento degli Z-APM pari al 74% nei confronti dei precedenti. La figura 62 mette in evidenza che EFL ha presentato un maggiore contenuto (0.59 g kg^{-1}) rispetto a EFC (0.47 g kg^{-1}).

Le parti più dotate (Fig. 63) sono state le radici ingrossate seguite da quelle poco ingrossate e dai tralci + piccioli, questi ultimi non si sono statisticamente differenziati dal fusto e dalle radici non ingrossate, il minor contenuto (0.35 g kg^{-1}) è stato espresso dalle lamine fogliari. Considerando i due ecotipi (Fig. 67), EFL, ad eccezione dei tralci + piccioli, ha sempre presentato valori superiori a EFC in tutte le porzioni di pianta. Le epoche di rilievo hanno influito in modo marcato sulle risposte delle parti di pianta (Fig. 68). Fino al 26/8 infatti solo le radici ingrossate, poco ingrossate ed il fusto hanno presentato un incremento del contenuto di Z-APM. Nel terzo periodo (26/8 – 22/9), invece, tale comportamento si è esteso a tutte le porzioni della pianta con notevoli aumenti percentuali che, nel caso delle radici poco ingrossate, hanno raggiunto il 102%.

Contenuto di zuccheri sul peso secco

Zuccheri totali (Z-T)

Il contenuto di zuccheri totali sul peso secco ha mostrato tra il secondo ed il terzo rilievo (Fig. 69) una sostanziale stabilità dei valori, mentre nella fase successiva del ciclo colturale si è osservato un significativo incremento dell'11.8%. I due ecotipi (Fig. 70) non hanno evidenziato differenze rilevanti.

Le diverse parti di pianta (Fig. 71), invece, si possono classificare in 4 sezioni: alla prima appartengono i tralci + piccioli con i valori più alti (oltre 90 g kg^{-1}), al secondo le radici non ingrossate ed ingrossate con valori intorno a 80 g kg^{-1} , al terzo il fusto e le

radici poco ingrossate (circa 70 g kg^{-1}) e, infine, al quarto le lamine fogliari con i valori più modesti di poco superiori a 60 g kg^{-1} . Le diverse porzioni di pianta hanno fornito risposte diverse in relazione all'ecotipo (interazione "ecotipi x parti di pianta") (Fig. 72). Si è infatti messo in evidenza l'elevato contenuto di Z-T nella parte ipogea di EFL, mentre la biomassa aerea è stata caratterizzata da un maggiore contenuto di Z-T in EFC con lo scostamento più marcato in corrispondenza di tralci + piccioli. Durante le epoche di rilievo (Fig. 73), nel secondo periodo (11/8 – 26/8), i tralci + piccioli, analogamente alle radici non ingrossate e alle foglie, hanno manifestato un andamento decrescente per poi aumentare nel terzo. Le radici ingrossate, invece, hanno presentato andamento crescente nella prima fase raggiungendo valori prossimi a 90 g kg^{-1} e, in seguito, si sono sostanzialmente mantenute sullo stesso livello fino al 22/9.

Zuccheri a Basso Peso Molecolare (Z-BPM)

Durante le varie epoche di rilievo non si sono osservate differenze significative nel contenuto di Z-BPM (Fig. 69) i cui valori si sono assestati intorno a 65 g kg^{-1} nel corso di tutto il ciclo colturale. Per quanto riguarda gli ecotipi, come appare in figura 70, EFC ha manifestato valori statisticamente superiori (66.9 g kg^{-1}) rispetto a EFL (62.8 g kg^{-1}). L'effetto principale delle parti di pianta (Fig. 71) ha messo in luce che quelle più dotate di Z-BPM sono rappresentate da tralci + piccioli con circa 90 g kg^{-1} , a seguire radici non ingrossate e fusto con poco più di 60 g kg^{-1} e le restanti porzioni di pianta nelle quali i quantitativi sono parsi inferiori a 60 g kg^{-1} .

Nell'ambito degli ecotipi (Fig. 74), EFC ha presentato valori superiori nelle parti epigee e nelle radici poco ingrossate mentre EFL ha manifestato valori superiori solo nelle radici non ingrossate. L'influenza delle epoche di raccolta nei confronti delle parti di pianta (Fig. 75) ha comportato risposte diversificate e contrastanti. Fino al 26 agosto, ad eccezione di tralci + piccioli che hanno evidenziato un decremento della concentrazione di Z-BPM pari al 12% circa, le altre porzioni hanno manifestato valori sostanzialmente costanti nel tempo. Successivamente, le uniche variazioni di rilievo sono state registrate a carico del fusto e delle lamine fogliari: il primo ha subito un decremento del 14.1%, mentre le seconde hanno presentato un incremento superiore al 15%.

Zuccheri ad Alto Peso Molecolare (Z-APM)

Durante il ciclo colturale (Fig. 69) il quantitativo di Z-APM ha presentato un notevole aumento percentuale pari al 55% passando dall'11/8 al 22/9. Inversamente a quanto visto per gli zuccheri a basso peso molecolare, l'ecotipo che ha presentato il maggior contenuto di Z-APM (Fig. 70) è stato EFL con 15.5 g kg^{-1} . Per quanto riguarda le parti di pianta (Fig. 71), la dotazione maggiore si è osservata nelle radici ingrossate (24.7 g kg^{-1}), seguite da quelle poco ingrossate (19.4 g kg^{-1}), non ingrossate (14.2 g kg^{-1}) e fusto (11.5 g kg^{-1}). Tralci + piccioli e lamine fogliari sono risultate le meno dotate di queste molecole con valori di circa 6 g kg^{-1} .

Considerando le parti di pianta nei due ecotipi (Fig. 76), EFL ha espresso quantitativo di Z-APM rispetto a EFC soltanto nei tralci + piccioli con uno scostamento pari al 53.1%. Nel corso del ciclo colturale (Fig. 77) le porzioni di pianta hanno evidenziato nel secondo periodo (11/8- 26/8) risposte eterogenee che hanno visto l'aumento degli Z-

APM solo nelle radici ingrossate, in quelle poco ingrossate e nel fusto. In seguito, invece, fino al 22/9 tutte le porzioni di pianta, seppur con diversa intensità, hanno presentato andamento crescente.

Nitrati

Contenuto di nitrati sul peso fresco

Le epoche di rilievo (Fig. 78) hanno presentato quantitativi decrescenti di nitrati (NO_3) passando dal secondo (1128 mg kg^{-1}) all'ultimo rilievo (495 mg kg^{-1}). L'effetto principale degli ecotipi (Fig. 79) ha evidenziato valori significativamente diversi tra i due con concentrazioni di 837 mg e 830 mg rispettivamente per EFC e EFL. Per quanto riguarda le parti di pianta (Fig. 80), i maggiori contenuti di nitrati sono stati osservati prevalentemente nella parte epigea, soprattutto in tralci + piccioli con valori di 1930 mg kg^{-1} . Le radici non ingrossate hanno presentato valori non diversi dal fusto con 672 mg kg^{-1} , mentre le concentrazioni minori si sono osservate nelle radici poco ingrossate e non ingrossate con valori rispettivamente di 522 e 448 mg kg^{-1} .

L'influenza delle epoche di rilievo nei confronti dei due ecotipi (Fig. 81), ha messo in luce un generale decremento del contenuto di NO_3 con l'aumentare dell'età delle piante, tuttavia la diversa intensità delle risposte ha giustificato la significatività dell'interazione. Per quanto riguarda il contenuto di nitrati nelle parti di pianta dei due ecotipi (Fig. 82), si osserva che EFC ha presentato concentrazioni superiori nelle lamine fogliari, fusto e radici poco ingrossate mentre nelle restanti porzioni i valori sono stati maggiori in EFL. Infine dalla figura 83 che evidenzia l'interazione tra "epoca di rilievo x parti di pianta", si evince che le varie parti hanno manifestato un generale decremento dal secondo al quarto rilievo che è risultato drasticamente marcato nei tralci + piccioli quando la contrazione dei valori dal 26/8 al 22/9 è stata pari al 55.3%.

Contenuto di nitrati sul peso secco

Il contenuto di NO_3 sul peso secco (Fig. 84) ha messo in evidenza, analogamente a quanto verificato per il peso fresco, un consistente decremento durante il ciclo colturale pari al 57.1%. EFC ha presentato un quantitativo inferiore rispetto a EFL (Fig. 85) anche se con uno scostamento piuttosto modesto (3.6%). Osservando le parti di pianta (Fig. 86), il maggiore contenuto è stato rilevato nei tralci + piccioli dove si sono raggiunti i 15400 mg kg^{-1} , le lamine fogliari hanno presentato valori nettamente inferiori attorno ai 4400 mg e le restanti porzioni hanno espresso quantitativi al di sotto di 3000 mg kg^{-1} con le concentrazioni minori riscontrate nelle radici ingrossate (1449 mg kg^{-1}). Inoltre, durante il ciclo colturale (Fig. 87), i due ecotipi hanno presentato andamento analogo, ma di diversa intensità. Infatti EFL ha esibito nel secondo periodo (11/8) valori superiori del 33% a EFC, in seguito, invece, nel terzo non si sono differenziati, mentre alla raccolta (22/9) sono risultati inferiori.

L'analisi delle parti di pianta per i due ecotipi (Fig. 88) ha evidenziato che EFC ha presentato quantità superiori di NO_3 solo nel fusto, per le lamine fogliari e le radici poco ingrossate i due ecotipi non si sono differenziati mentre, nelle rimanenti porzioni, la concentrazione è stata maggiore in EFL. Durante le varie epoche di rilievo (Fig. 89)

sono state ribadite le risposte sul fresco con un decremento in tutte le porzioni di pianta notevolmente più marcato (60.1%) per i tralci + piccioli.

Azoto proteico

Contenuto di azoto proteico sul peso secco

La percentuale di azoto proteico nella pianta intera (Fig. 90) ha espresso un decremento durante il ciclo colturale passando dal 10.5 al 8.6%. Gli ecotipi hanno presentato valori significativamente diversi (Fig. 91) con percentuali di 9.3 per EFC e 9.5 per EFL. Nella figura 92 appare che la distribuzione dell'azoto nella pianta è stata maggiormente concentrata nelle lamine fogliari (22.6%), seguite da tralci + piccioli con 10.7%. Infine le rimanenti parti, seppur statisticamente diverse tra loro, hanno presentato lievi scostamenti attestandosi al di sotto dell'6%.

Considerando le diverse parti di pianta dei due ecotipi (Fig. 93), nei confronti di EFC, EFL ha presentato valori di azoto maggiori nella parte epigea, contrariamente a quanto verificato per gli organi ipogei. La quantità di azoto nelle porzioni di pianta durante la seconda fase del ciclo colturale (11/8-26/8) ha mostrato (Fig. 94) una contrazione dei valori solo nelle lamine fogliari e nei tralci + piccioli. In seguito questi ultimi, unitamente alle radici non ingrossate hanno esibito andamento decrescente, mentre per le rimanenti parti non si sono osservate variazioni di rilievo.

Nitriti

Contenuto di nitriti sul peso fresco

Il contenuto di NO₂ durante il ciclo colturale (Fig. 95) è rimasto costante fino al terzo rilievo (26/8) con valori intorno a 1 mg kg⁻¹, in seguito si è assistito ad un lieve decremento del 2% fino al 22/9. Per quanto riguarda i due ecotipi (Fig. 96), EFC ha manifestato quantitativi di NO₂ significativamente superiori a EFL con uno scostamento pari all'11.1%.

Le diverse parti di pianta (Fig. 97) hanno presentato risposte diversificate mettendo in luce una netta differenza tra la parte ipogea e quella epigea. Gli organi sotterranei, infatti, hanno espresso i valori più elevati e superiori a 1.2 mg kg⁻¹, mentre nell'ambito della biomassa aerea si è distinto il fusto, seguito dalle lamine fogliari e da tralci + piccioli. In relazione all'effetto delle epoche di rilievo, nei confronti degli ecotipi (Fig. 98), EFL ha evidenziato concentrazioni minori di NO₂ rispetto a EFC in corrispondenza del secondo e terzo rilievo, all'ultima raccolta (22/9), invece, i valori non si sono differenziati. L'influenza dei due ecotipi si è invece chiaramente manifestata in corrispondenza delle parti di pianta come riportato in figura 99. Da quest'ultima appare che, ad eccezione delle lamine fogliari e tralci + piccioli, EFC è prevalso su EFL con i maggiori scostamenti riscontrati in fusto e radici poco ingrossate (23.8 e 27.7% rispettivamente).

Quanto sopra esposto a proposito dell'effetto principale delle diverse parti di pianta è stato ribadito anche nel corso della prova, quando le porzioni di pianta afferenti alla parte epigea hanno sempre espresso valori inferiori rispetto a quelle ipogee. Per queste

ultime però, si è osservato un diverso comportamento nell'ambito delle epoche di rilievo (Fig. 100): dal secondo al terzo prelievo, infatti, mentre le radici ingrossate hanno presentato un aumento (6.7%) del contenuto di NO_2 che è poi diminuito nel quarto, quelle non ingrossate e poco ingrossate hanno evidenziato una continua contrazione dei valori che al quarto rilievo si sono assestati intorno a 1.2 mg kg^{-1} unitamente alle radici ingrossate.

Contenuto di nitriti sul peso secco

Analogamente al peso fresco, anche per il peso secco si è osservata una netta contrazione (17.1%) dei NO_2 passando dal secondo all'ultimo rilievo distruttivo (Fig. 101), mentre i due ecotipi, come riportato in figura 102, non si sono differenziati presentando valori intorno a 3.7 mg kg^{-1} . Anche in questo caso i maggiori quantitativi di NO_2 di poco superiori a 4.0 mg kg^{-1} di s.s. (Fig. 103), sono stati riscontrati nelle radici seguite dal fusto con 3.7 mg kg^{-1} e dalle lamine fogliari e tralci + piccioli che hanno espresso le risposte più modeste attestandosi su 3 mg kg^{-1} .

Durante il ciclo colturale (Fig. 104), entrambi gli ecotipi hanno evidenziato andamento decrescente tra il secondo e il terzo rilievo mentre al quarto, EFL ha mantenuto la stessa concentrazione contrariamente a EFC che ha invece accentuato la contrazione dei valori. A differenza di quanto osservato per il peso fresco, EFL è risultato superiore a EFC anche in corrispondenza delle radici non ingrossate (Fig. 105).

Estremamente eterogenei sono risultati gli andamenti delle concentrazioni di NO_2 nelle parti di pianta nei confronti delle epoche di rilievo (Fig. 106): le radici poco ingrossate e ingrossate hanno sempre presentato contrazione dei valori nel corso dei rilievi, mentre quelle non ingrossate, dopo un marcato decremento (32.6%) nel secondo periodo, hanno invertito la tendenza nel terzo.

Per quanto riguarda la parte aerea, il fusto è stata l'unica parte di pianta a mantenere costanti i valori di NO_2 . Lamine fogliari e tralci + piccioli, anche se con diversa intensità, hanno manifestato incrementi significativi dall'11/8 al 26/8, successivamente le prime sono continuate ad aumentare, mentre i secondi hanno subito un drastico decremento pari al 46.4%. Dalla stessa figura appare, infine, evidente che le concentrazioni massime e minime, anche se apparenti si sono riscontrate rispettivamente nelle radici non ingrossate e nelle lamine fogliari al secondo rilievo, nelle radici ingrossate e nelle lamine fogliari al terzo rilievo e nelle radici non ingrossate e nei tralci + piccioli al quarto rilievo.

Risultati relativi alle sole radici ingrossate alla raccolta suddivise in classi di peso e porzioni

Verranno ora prese in considerazione le caratteristiche qualitative delle sole radici ingrossate provenienti da una tipica coltura nella quale coesistevano entrambi gli ecotipi EFC e EFL al fine di rappresentare il prodotto normalmente conferito al mercato dai produttori.

Capacità antiossidativa totale

Capacità antiossidativa totale sul peso fresco

Il quantitativo di antiossidanti nelle quattro classi di peso non è stato significativamente diverso (Fig. 107) e i valori si sono mantenuti tra 1600 e 1800 mg Fe²⁺E kg⁻¹. Per quanto riguarda l'effetto principale delle parti di radice (Fig. 108), quella distale e prossimale (rispettivamente 1751 e 1991 mg Fe²⁺E kg⁻¹) si sono distinte dall'intermedia (1274 mg Fe²⁺E kg⁻¹).

Per questo e tutti gli altri aspetti caratterizzanti la qualità, per una visione più immediata di quanto viene ingerito dal consumatore si è ritenuto opportuno riportare anche il valore ricavato dall'analisi chimica praticata sulla radice intera.

Considerando le classi di peso (Fig. 109), quelle < 99 g e > 400 g hanno espresso la CAT maggiore nella porzione prossimale, mentre nelle rimanenti il contenuto più elevato si è riscontrato nell'estremità distale. In tutte le classi, la parte intermedia è stata la più scarsamente dotata.

Capacità antiossidativa totale sul peso secco

Il contenuto in antiossidanti (Fig. 110) non ha manifestato differenze nelle diverse classi di peso, attestandosi intorno ai 55000 mg Fe²⁺E kg⁻¹. Per quanto riguarda le porzioni di radice, dalla figura 111 si evince che queste molecole sono maggiormente presenti nella parte prossimale (66073 mg Fe²⁺E kg⁻¹), seguita da quella distale e intermedia (rispettivamente 58044 e 43070 mg Fe²⁺E kg⁻¹).

Nelle classi di peso, si è riscontrato un comportamento eterogeneo delle parti di radice (interazione "classi di peso x parti di radice") (Fig. 112). La parte prossimale ha presentato CAT elevata nella classe ponderale inferiore e in quella più elevata mentre, nelle rimanenti, è stata superata dall'estremità distale; la parte intermedia, invece, ha fornito le risposte inferiori in tutte le classi di peso.

Fenoli totali

Contenuto di fenoli totali sul peso fresco

Come osservato per gli antiossidanti, anche i FT non hanno presentato differenze significative nell'ambito delle classi di peso (Fig. 113) presentando risposte attorno ai 250 mg GAE kg⁻¹. Considerando l'effetto principale delle porzioni di radice (Fig. 114), invece, quella prossimale ha evidenziato i maggiori valori di FT (278 mg GAE kg⁻¹), seguita dalla distale (263 mg GAE kg⁻¹) e intermedia (227 mg GAE kg⁻¹). Per quanto

riguarda la significatività dell'interazione "classi di peso x parti di radice" (Fig. 115), la giustificazione è da ritenersi dovuta alle diverse risposte sortite dalle tre parti, infatti mentre quella distale ha manifestato i valori più elevati in < 99 g e 200-399 g, nelle altre due le concentrazioni maggiori sono state rilevate nella prossimale; la parte centrale ha sempre presentato valori modesti.

Contenuto di fenoli totali sul peso secco

Anche per la concentrazione di FT le differenze tra i valori si sono statisticamente differenziata nelle classi di peso (Fig. 116) con valori medi di circa 8400 mg GAE kg⁻¹. Nell'ambito delle porzioni di radice (Fig. 117), quella prossimale ha presentato i valori maggiori (9240 mg GAE kg⁻¹), seguiti dalla distale e intermedia (rispettivamente 8720 e 7684 mg GAE kg⁻¹). Anche in questo caso (Fig. 118) le estremità delle radici hanno manifestato i valori più elevati a prescindere dalla classe di peso, tuttavia la porzione prossimale è stata caratterizzata dalle più elevate concentrazioni di FT nelle classi < 99, 200-399 e > 400 g, mentre in quella 100-199 g la porzione distale ha espresso il valore migliore.

Acido ascorbico

Contenuto di acido ascorbico sul peso fresco

Il contenuto di AA non è stato significativamente diverso nelle quattro classi di peso (Fig. 119). Nelle porzioni di radice (Fig. 120) quella intermedia ha presentato i quantitativi maggiori con 182 mg kg⁻¹, mentre le altre due parti hanno mantenuto valori più bassi, inferiori a 150 mg kg⁻¹. Nell'ambito delle classi di peso, dalla figura 121 appare che le due estremità della radice hanno sempre espresso le minori dotazioni, in particolare nella classe < 99 e > 400 la porzione prossimale è stata caratterizzata da risposte superiori a quelle della distale con uno scostamento medio del 14.5%, mentre nella classe 200-399 g i due valori non si sono discostati.

Contenuto di acido ascorbico sul peso secco

La quantità di AA nelle diverse classi di peso (Fig. 122) non ha evidenziato differenze significative presentando valori compresi tra 5000 e 6000 mg kg⁻¹. A differenza di FT e CAT, il maggiore contenuto di AA si è riscontrato nella porzione intermedia (Fig. 123) dove si sono osservati valori superiori del 24.7 e 31.1% rispetto a quella prossimale e distale. Nell'ambito delle classi di peso (Fig. 124), la porzione centrale ha sempre esibito i quantitativi più elevati di AA. La porzione prossimale è risultata inferiore a quella distale solo nella classe 100-199 g a giustificazione della significatività dell'interazione "classi di peso x parti di radice".

Zuccheri

Contenuto di zuccheri sul peso fresco

Gli Z-T sono risultati maggiori nella classe 200-399 (Fig. 125) con 111 g kg^{-1} , seguita dalla $> 400 \text{ g}$. Le rimanenti non si sono differenziate tra loro e si sono assestate su valori inferiori a 100 g kg^{-1} . Gli Z-BPM non hanno presentato scostamenti di rilievo con valori attorno ai 70 g kg^{-1} mentre, gli Z-APM, hanno sortito un andamento analogo agli Z-T, e la classe più dotata è risultata essere la 200-399 (42 g kg^{-1}).

Contenuto di zuccheri sul peso secco

Gli Z-T, nell'ambito delle classi di peso (Fig. 126), sono stati maggiori nella classe ponderale 200-399 (36 g kg^{-1}), seguita da > 400 , poi 100-199 e infine $< 99 \text{ g}$. Per quanto riguarda gli Z-BPM, non vi sono state significative differenze tra le classi ed i loro valori si sono attestati tra 20 e 25 g kg^{-1} . Per gli Z-APM, invece, le risposte sono state non diverse da quelle riscontrate per gli zuccheri totali, con il valore più elevato registrato nella classe 200-399 (13 g kg^{-1}) seguita dalla classe > 400 .

Nitrati, nitriti e azoto proteico

I dati relativi al contenuto di composti azotati si sono mantenuti su livelli molto bassi e, poiché statisticamente non significativi, non sono stati riportati in dettaglio. Si fa però presente che, per quanto riguarda i NO_3 , le diverse classi di peso non si sono differenziate tra loro presentando valori intorno a 500 e 1600 mg kg^{-1} rispettivamente su peso fresco e secco. Anche nei confronti dei NO_2 le quattro categorie ponderali non si sono diversificate esprimendo quantitativi piuttosto modesti di poco superiori a 1 mg kg^{-1} p.f. e a 4 mg kg^{-1} p.s.. Infine anche la concentrazione di azoto proteico, analogamente ai due precedenti parametri, non ha presentato scostamenti di rilievo e si è mediamente attestata intorno all'6.5% su peso secco.

CONSIDERAZIONI E CONCLUSIONI

I rilievi eseguiti in questa prova hanno consentito di mettere in evidenza le interessanti caratteristiche qualitative che contraddistinguono la batata coltivata nell'ambiente veneto. A livello produttivo gli ecotipi maggiormente coltivati in questa Regione non hanno espresso valori elevati (circa 300 g per pianta) se confrontati con altre varietà a polpa colorata coltivate nel Mondo che possono raggiungere anche i 3 kg per pianta (Loebenstein e Thottappilly, 2009). Per quanto riguarda invece la percentuale di sostanza secca rilevata nella pianta i dati registrati concordano con quanto verificato per altre cultivar in relazione alle diverse parti (Woolfe, 1992). Nei confronti della superficie fogliare e del LAI la lieve contrazione dei valori in corrispondenza del 26/8 è verosimilmente giustificabile dalla temporanea, ma intensa, richiesta di fotoassimilati che la pianta destina all'ingrossamento degli organi di riserva aumentando l'efficienza fotosintetica a scapito della nuova formazione di biomassa aerea (Keutgen *et al.*, 2002).

Parte epigea

Considerando ora alcuni aspetti qualitativi che interessano il consumatore anche dal punto di vista salutistico si fa riferimento alle notevoli proprietà antiossidasiche riscontrate nella parte aerea. Gli organi epigei, in particolare le lamine fogliari degli ecotipi presi in esame, sono risultate estremamente dotate di composti inibitori dell'ossidazione come riscontrato da diversi Autori in altre cultivar (Yamakawa e Yoshimoto, 2002; Islam, 2003; Antia *et al.*, 2006; Islam, 2006). I valori registrati nei due ecotipi risultano più elevati rispetto ad altri ortaggi, come ad esempio radicchio (Nicoletto e Pimpini, 2009) e lattuga (Kang e Saltveit, 2002) ed è stato riscontrato un ulteriore incremento nelle fasi terminali del ciclo colturale. Tale risposta è probabilmente dovuta alla normale riduzione dei livelli termici medi e all'aumento dell'escursione termica giornaliera che rappresentano una fonte di stress per la pianta. Questa situazione, come verificato da Shao *et al.* (2008) induce un incremento della CAT che rappresenta un sistema di difesa per la pianta. Le lamine fogliari, in accordo con altri studi (Yoshimoto, 2001; Islam *et al.*, 2002b), hanno evidenziato anche elevati quantitativi di FT che, avendo anch'essi azione antiradicalica, hanno presentato risposte simili a quelle della capacità antiossidasica totale. Secondo la classificazione riportata da Islam *et al.* nel 2002a, i due ecotipi considerati appartengono alla categoria dei modesti accumulatori di FT con meno di 5 g di acido gallico 100 g⁻¹ di p.s.. Sempre secondo questa suddivisione, i grandi accumulatori di FT presentano più di 9 g 100 g⁻¹ p.s. e i medi tra 5 e 9 g 100 g⁻¹ p.s.. Tale risultato potrebbe essere interessante per programmi di miglioramento genetico al fine di migliorare le caratteristiche nutrizionali e organolettiche di questa coltura.

Per quanto riguarda la concentrazione di acido ascorbico nella biomassa aerea, nuovamente le lamine fogliari hanno presentato i valori più elevati intorno a 14 mg 100 g⁻¹ p.f., un dato modesto se si considera che mediamente, per alcune varietà con polpa colorata e non (Leung *et al.*, 1968; Caldwell, 1972; Watson, 1976; Villareal *et al.*, 1979; Haytowitz e Matthews, 1984), si sono rilevati 55 mg 100 g⁻¹ p.f. con valori che oscillano da 11 a 136 mg 100 g⁻¹ p.f. (Woolfe, 1992).

Il contenuto di zuccheri totali, come ci si aspettava, è risultato molto elevato in tralci + piccioli che rappresentano la via attraverso cui la pianta trasferisce i carboidrati dalle foglie alle radici. In relazione ai valori rilevati in letteratura (Anon, 1981) vengono riportate le medesime risposte per quanto riguarda gli zuccheri complessivi della parte aerea e delle lamine, mentre sia i tralci + piccioli che il fusto risultano essere meno dotati negli ecotipi coltivati in Veneto. Nell'ambito degli zuccheri a basso e alto peso molecolare (Z-BPM e Z-APM) le parti epigee hanno manifestato modesti quantitativi per i primi e molto ridotti per i secondi. Tale risposta è giustificata dalla natura dei due elaborati: gli Z-BPM sono sintetizzati nelle foglie e successivamente impiegati a scopo energetico o inviati agli organi di riserva dove diventano Z-APM, conseguentemente questi ultimi sono presenti in minor misura.

Prendendo ora in esame alcuni composti azotati, è emerso che il quantitativo di nitrati (NO_3) nei due ecotipi è stato contenuto e inferiore a 2000 mg kg^{-1} p.f. che rappresenta il limite più restrittivo imposto a livello europeo per lattuga e spinacio (Santamaria *et al.*, 2002). In particolare tralci + piccioli hanno evidenziato le maggiori concentrazioni essendo tessuti altamente vascolarizzati (Pimpini *et al.* 1970; 1971; 1973; Santamaria, 2006) anche se, nelle fasi finali del ciclo colturale, hanno subito un marcato decremento prevalentemente dovuto alla sempre più ridotta attività assimilatoria dell'apparato radicale. Infatti man mano che la funzione di organo di riserva aumenta, le radici ingrossate limitano molto l'assorbimento di elementi nutritivi dal terreno e, di conseguenza, anche dei NO_3 . Nei confronti dei nitriti (NO_2) si è osservato un andamento analogo a quello dei NO_3 poiché derivano dalla riduzione di questi ultimi a carico della nitrato riduttasi e, anche in questo caso, la loro concentrazione è risultata molto ridotta. La percentuale di azoto organico durante il ciclo colturale è stata influenzata a sua volta dai NO_2 poiché è derivato dalla loro riduzione ad opera della nitrito riduttasi.

Parte ipogea

Prendendo ora in esame gli organi ipogei in relazione ai molteplici aspetti qualitativi considerati, è possibile notare che la CAT e i FT nelle radici si sono ridotti passando da quelle fibrose a quelle più ingrossate. Una volta raggiunta la funzione di riserva, la CAT è rimasta costante a prescindere dalla classe di peso, ma con valori modesti e, in qualche caso, anche inferiori ad alcuni ortaggi crudi (Nicoletto e Pimpini, 2009; Kang e Saltveit, 2002). Questa risposta non stupisce, in quanto si tratta di una varietà a polpa bianca, conseguentemente alcune classi di composti ad azione antiossidasica presenti in varietà colorate come antociani e carotenoidi (Truong *et al.*, 2007; Teow *et al.*, 2007; Yamakawa e Yoshimoto, 2002), risultano assenti. Nell'ambito delle singole porzioni di radice, quelle esterne (prossimale e distale) sono risultate più dotate di CAT verosimilmente perché, presentando caratteristiche intermedie tra una radice assimilante e di riserva, sono contraddistinte da maggiore vascolarizzazione che comporta maggiore concentrazione di inibitori dell'ossidazione.

A differenza dei due parametri considerati finora, la concentrazione di acido ascorbico nelle radici è aumentata nel corso del ciclo colturale passando da quelle fibrose a quelle di riserva. Anche per questo composto gli organi di stoccaggio hanno evidenziato valori

inferiori a quanto riportato in bibliografia (Woolfe, 1992), tuttavia risultano superiori ad altri ortaggi crudi quali carciofi, carote, cetrioli, finocchi, melanzane ecc. (www.inran.it/servizi_cittadino/per_saperne_di_piu/tabelle_composizione_alimenti).

Il quantitativo di zuccheri totali è stato più elevato nella classe di peso 200-399 g con valori in accordo con le medie riportate in bibliografia (Woolfe, 1992), e sono rimasti costanti durante il ciclo colturale. Come atteso, sono invece aumentati gli zuccheri di riserva (Z-APM) a scapito degli Z-BPM man mano che le radici si sono ingrossate; nell'ambito delle classi di peso, invece, non si sono registrate differenze significative.

In relazione ai composti azotati, le risposte registrate sono state complessivamente molto modeste e, come ovvio, per i motivi citati in precedenza, decrescenti passando dalle radici fibrose a quelle di riserva.

Da questo studio è emerso che la patata dolce prodotta in Veneto offre interessanti proprietà qualitative. I due principali ecotipi coltivati in questa Regione hanno dimostrato una produzione non molto elevata se paragonati ad altre cultivar impiegate nel mondo, ma tale aspetto può essere sensibilmente migliorato attuando pratiche agronomiche più mirate e accorte. Per quanto riguarda le caratteristiche organolettiche valutate nella prova si è osservata la notevole capacità antiossidativa, il contenuto di fenoli totali e di acido ascorbico presenti nelle lamine fogliari e, in genere, nella parte aerea. Queste risposte, anche se necessitano di ulteriori approfondimenti, rendono interessante la biomassa aerea anche per un eventuale impiego come ortaggio fresco creando in questo modo un nuovo ed innovativo prodotto anche per la IV gamma che può essere diffuso non solo in Veneto ma anche a livello nazionale. In alternativa le parti epigee, rappresentando uno scarto di produzione, potrebbero essere sfruttate per l'estrazione di composti funzionali da parte dell'industria da impiegare per uso cosmetico, medicinale e per l'arricchimento di alcuni cibi.

Nei confronti delle radici, che fino al momento attuale rappresentano la parte edibile di questa coltura, il contenuto di inibitori dell'ossidazione è stato sufficientemente elevato, anche considerando il fatto che gli ecotipi presi in esame sono caratterizzati da polpa bianca e, conseguentemente, priva di carotenoidi e antociani. In relazione alla presenza di carboidrati a livello radicale, il quantitativo di zuccheri totali è stato più elevato nella classe di peso 200-399 g che, di conseguenza, potrebbe essere ritenuto l'intervallo ponderale ottimale per il mercato dal punto di vista qualitativo. Tale affermazione verrà confermata da ulteriori studi che prenderanno in considerazione differenti modalità di cottura e le loro conseguenze a livello organolettico.

Le informazioni acquisite in questa esperienza suggeriscono, in ogni caso, ulteriori approfondimenti finalizzati a completare le conoscenze su questa specie per renderla più competitiva sul mercato e sempre più apprezzata dal consumatore.

BIBLIOGRAFIA

- ANON. 1981. Mass screening techniques for sweet potato protein determination, AVRDC Proress Report for 1983. AVRDC, Shanhua, T'ainan, pp 301-304.
- ANTIA B.S., AKPAN E.J., OKON P.A., UMOREN I.U. 2006. Nutritive and anti-nutritive evaluation of sweet potatoes (*Ipomoea batatas*) leaves. Pakistan Journal of Nutrition, 5(2):166-168.
- BIANCO V.V. 1990. Batata. In Bianco V.V., Pimpini F. Orticoltura, 505-513. Bologna – Patron Editore.
- CALDWELL M.J. 1972. Ascorbic acid content of Malaysian leaf vegetables. Ecol. Food. Nutr.,1(4):309-312.
- CAMPBELL G.M.; HERNANDEZ T.P.; MILLER J.C. 1963. The effect of temperature, photoperiod and other related treatments on flowering in *Ipomoea batatas*. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 83:618-622.
- CIESLIK E., SIKORA E. 1998. Correlation between the levels of nitrates and nitrites and the contents of potassium, calcium and magnesium in potato tubers. Food Chem., 63:525-528.
- CORRÈ W.J., BREIMER T. 1979. Nitrate and nitrite in vegetables. Pudoc, Wageningen, p 85.
- DU PLOOY C.P. 1983. The influence of temperature and humidity on pollen germination and growth of the sweet potato *Ipomoea batatas* (L.) Lam. Agroplanta 15:56-60.
- DUVIVIER P.,HSIEH P.C., LAI P.Y., CHARLES A.L. 2008. Evaluation of drying methods on antioxidant activity, total phenolic and total carotenoid contents of sweet potato (*Ipomea batatas* (L.) Lam.) var. Tainong73. J. International Cooperation, 3(2):73-86.
- EDMOND J.B., AMMERMAN G. R. 1971. Sweet potatoes: production, processing, marketing. 1st ed. 334 p. AVI Publishing Co. Westport Connecticut.
- EGUCHI Y.; GONZALEZ N. 1989. Highlights of the research projects at the International Potato Center (CIP). Tsukuba News 9:23-26.
- ENCICLOPEDIA AGRARIA ITALIANA. 1952. Roma; pp 787-790.
- FURUTA S., SUDA I., NISHIBA Y., YAMAKAWA O., ISHIKAWA F. 1998. High tert-butylperoxyl radical scavenging activities of sweetpotato cultivars with purple flesh. Food Science and Technology International of Tokyo, 4:33-35.
- HAMMETT H.L. 1974. Total carbohydrate and carotenoid content of sweet potatoes as affected by cultivar and area of production. HortScience, 9(5):467-468.
- HAYASE F., KATO H. 1984. Antioxidative components of sweet potato. J. Nutr. Sci.Vitaminol., 30:37-46.
- HAYTOWITZ D.B., MATTHEWS R.H. 1984. Composition of foods: vegetables and vegetable products. Human Nutrition Information Series, USDA Agric. Handbook n.8-11, Washington, DC.

- HUAMAN Z. 1991. Descriptores de la batata. Descriptors for sweet potato. Descripteurs pour la patate douce. Huaman Z., editor. International Board for Plant Genetic Resources, Rome, Italy. 134 pp.
- IERNA A. 2009. Influence of harvest date on nitrate contents of three potato varieties for off-season production. *Journal of Food Composition and Analysis*. In press.
- ISLAM M.S., YOSHIMOTO M., YAHARA S., OKUNO S., ISHIGURO K., YAMAKAWA O. 2002a. Identification and characterization of foliar polyphenolic composition in sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) genotypes. *J. Agric. Food Chem.*, 50:3718-3722.
- ISLAM M.S., YOSHIMOTO M., YAMAKAWA O., ISHIGURO K., YOSHINAGA M. 2002b. Antioxidative compounds in the leaves of sweetpotato cultivars. *Sweetpotato Res. Front*, 13:4.
- ISLAM S. 2003. Bioactive compounds in *Ipomoea batatas* leaves. *Acta Hort.*, 628:693-699.
- ISLAM S. 2006. Sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) leaf: its potential effect on human health and nutrition. *Journal of Food Science*, 72(2):R13-R21.
- KANG H.M., SALTVEIT M.E. 2002. Antioxidant capacity of lettuce leaf tissue increases after wounding. *J. Agric. Food. Chem.*, 50:7536-7541.
- KAYS S.J. 1985. The physiology of yield in the sweet potato. In: Bouwkamp, J.C. (ed.), *Sweet potato products: a natural resource for the tropics*. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, pp 82-86.
- KEUTGEN N., MUKMINAH F., ROEB G.W. 2002. Sink strength and photosynthetic capacity influence tuber development in sweet potato. *J. Hort. Sci. Biotechnol.*, 77:106-115.
- KOEHLER P.E., KAYS S.J. 1991. Sweetpotato flavor: quantitative and qualitative assessment of optimum sweetness. *J. Food Quality*, 14:241-249.
- LAM, S.L.; THOMPSON, A.E.; MCCOLLUM, J.P. 1959. Induction of flowering in sweet potato. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 73:453-462.
- LEUNG W.T.W., BUSSON F., JARDIN C. 1968. Food composition table for use in Africa. US Department of Health, Education and Welfare Public Health Service, Bethesda, MD; FAO, Roma.
- LOEBENSTEIN G., THOTTAPPILLY G. 2009. *The sweetpotato*. Springer, ISBN 978-1-4020-9474-3.
- MOSKOWITZ H.R. 1970. Ratio scales of sugar sweetness. *Perception Psychophysics*, 7:315-321.
- NICOLETTO C., PIMPINI F. 2009. Influence of the forcing process on some qualitative aspects in radicchio "Rosso di Treviso tardivo" (*Cichorium intybus* L., group *rubifolium*). 2. Antioxidant capacity, phenols and ascorbic acid. *Ital. J. Agron. / Riv. Agron.*. In press.
- OKUNO S., YOSHIMOTO M., KUMAGAI T., YAMAKAWA O. 1998. Contents of beta-carotene and alpha-tocopherol of sweet potato cultivars newly developed for processing purpose. *Trop. Agric.*, 75:174-176.

- ONWUEME I.C. 1978. The tropical tuber crops: Yams, cassava, sweet potato, and cocoyams. Wiley, Chichester and New York, ISBN 0471996084.
- PICHA D.H. 1986. Sugar content of baked sweet potatoes from different cultivars and length of storage. J. Food. Sci., 51:845-846.
- PIMPINI F., VENTER F., WÜNSCH A. 1970. Untersuchungen über den Nitratgehalt in Blumenkohl. Landw. Forsch., 4:363-370.
- PIMPINI F., VENTER F., WÜNSCH A. 1971. Über den Einfluß verschiedener Stickstoff-Formen und steigender Stickstoff-Mengen auf das Wachstum von Blumenkohl in Kulturgefäßen. Gartenbauwissenschaft, 36(18):1-17.
- PIMPINI F., VENTER F., WÜNSCH A. 1973. The influence of different nitrogen forms and increasing nitrogen doses on the content of total nitrogen and of nitrate in cauliflower plants. Acta Hort., 29:307-317.
- POLLOCK C.J. 1986. Fructans and the metabolism of sucrose in vascular plants.
- PONTIS H.G. 1990. Fructans. Methods in plant biochemistry, 2:353-369.
- REYES L.F., VILLAREAL J.E., CISNEROS-ZEVALLOS L. 2007. The increase in antioxidant capacity after wounding depends in the type of fruit or vegetable tissue. Food Chemistry, 101:1254-1262.
- SALAWU I.S., MUKHTAR A.A. 2008. Reducing the dimension of growth and yield characters of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) varieties as affected by varying rates of organic and inorganic fertilizer. Asian Journal of Agricultural Research, 2(1):41-44.
- SANTAMARIA P. 1997. Contributo degli ortaggi all'assunzione giornaliera di nitrato, nitrito e nitrosammine. Industrie Alimentari, 36:1329-1334.
- SANTAMARIA P. 2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. J. Sci. Food Agric., 86:10-17.
- SANTAMARIA P., GONNELLA M., VALENZANO V. 2002. Livelli di nitrato e commercializzazione degli ortaggi. Colture Protette, 12:7-13.
- SCHUDEBOOM L.J. 1993. Nitrates and nitrites in foodstuffs, ed by the European Commission, Council of Europe Press, Strasbourg, pp 75-82.
- SHAO H., CHU L., SHAO M., CHERUTH A.J., MI H. 2008. Higher plant antioxidants and redox signaling under environmental stresses. C. R. Biologies, 331:433-441.
- SHIMOZONO H., KOBORI M., SHINMOTO H., TSUSHIDA T. 1996. Suppression of the melanogenesis of mouse melanoma B 16 cells by sweet potato extract. Nippon Shokuhin Kagaku Kaishi (in giapponese con abstract in inglese), 43:313-317.
- SRINIVASAN G. 1977. Factors influencing fruit set in sweet potato. J. Root Crops 3:55-57.
- TEOW C.C., TRUONG V.D., MCFEETERS R.F., THOMPSON R.L., PECOTA K.V., YENCHO G.C. 2007. Antioxidant activities, phenolic and β -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. Food Chemistry, 103:829-838.

- TRUONG V.D., MCFEETERS R.F., THOMPSON R.T., DEAN L.L., SHOFRAN B. 2007. Phenolic acid content and composition in leaves and roots of common commercial sweetpotato (*Ipomea batatas* L.) cultivars in the United States. *Journal of Food Science*, 72(6):C343-C349.
- VILLAREAL R.L., TSOU S.C.S., LIN S.K., CHIU S.C. 1979. Use of sweet potato (ipomoea batatas) leaf tips as vegetables. II. Evaluation of yield and nutritive quality. *Explt. Agric.*, 15(2):117-122.
- WALTER W.M., PURCELL A.E., MCCOLLUM G.K. 1979. Use of high-pressure liquid chromatography for analysis of sweetpotato phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 27:942-946.
- WATSON J.D. 1976. Ascorbic acid content of food plant in Ghana and the effects of cooking and storage on vitamin content. *Ecol. Food. Nutr.*, 4(4):207-213.
- WOOLFE J.A. 1992. Sweet potato an untapped food resource. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- YAMAKAWA O., YOSHIMOTO M. 2002. Sweetpotato as food material with physiological functions. *Acta Hort.*, 583:179-185.
- YEN D.E. 1982. Sweet potato in historical perspective. In Villareal R.L., Griggs T.D. (eds.), *Sweet potato, Proceedings of the First International Symposium*. AVRDC, Shanhua, T'ainan, pp 17-30.
- YOSHIMOTO M. 2001. New trends of processing and use of sweetpotato in Japan. *Farming Japan*, 35:22-28.
- YOSHIMOTO M., KURATA R., OKUNO S., ISHIGURO K., YAMAKAWA O., TSUBATA M., MORI S., TAKAGAKI K. 2006. Nutritional value and physiological functions of sweetpotato leaves. *Acta Hort.*, 703:107-115.

Siti web citati:

www.inran.it/servizi_cittadino/per_saperne_di_piu/tabelle_composizione_alimenti

www.science.howstuffworks.com

TABELLE E FIGURE

PARAMETRI	ECOTIPI		DESCRIZIONE (Huamán, 1991)
	A	B	
Capacità rampicante	NO	NO	
Copertura del terreno (30-40 giorni dopo il trapianto)	60%	60%	media (50-74%)
lunghezza (m)	1.2	1.4	pianta semi eretta (0.75-1.5 m)
colore predominante	1	1	verde
colore secondario	6	6	nodi viola
tomentosità apicale	0	0	assente
Internodi			
lunghezza (mm)	39.9	29.6	corto (30-50 mm)
diametro (mm)	4.0	3.67	molto sottile-sottile (30-60 mm)
lunghezza (mm)	102	106	corto (100-200 mm)
Picciolo			
colorazione	3	3	verde con sfumature viola in prossimità della lamina
forma lobi fogliari	1	7	poco accentuati (1); profondi (7)
numero lobi fogliari	3	5	
forma del lobo centrale	4	5	semi-ellittico (4); ellittico(5)
Foglia matura			
dimensioni	92.6	89.3	media (80-150 mm)
colore della nerv. princ. nella pagina inf.	6	6	prevalentemente o completamente viola
colore lamina	2	2	verde
colore lamina	1	1	giallo-verde
Presenza di fiori durante il ciclo culturale	NO	NO	

Tabella 5 - Caratteristiche morfologiche dei due ecotipi più diffusamente coltivati in Veneto: A (foglia triangolare o a cuore - EFC), B (foglia lobata - EFL).

Tabella 6 – Effetto principale degli ecotipi su alcune caratteristiche delle radici per pianta con riferimento agli ultimi tre prelievi. Nell’ambito di ogni riga i valori senza alcuna lettera in comune differiscono per $P \leq 0.01$ secondo il Test HSD di Tukey.

RADICI	ECOTIPI	
	foglia cuore (EFC)	foglia lobata (EFL)
Peso fresco (g)	93.8 a	67.11 a
Sostanza secca (%)	28.8 a	25.9 a
N° (poco ingrossate e ingrossate)	2.8 a	2.6 a
Diametro (mm)	28.7 a	25.3 a
Lunghezza (mm)	51.6 a	44.6 a

Tabella 7 – Effetto principale del tipo di radice su alcune caratteristiche morfo-ponderali con riferimento agli ultimi tre prelievi. Nell’ambito di ogni riga i valori senza alcuna lettera in comune differiscono per $P \leq 0.01$ secondo il Test HSD di Tukey.

CARATTERISTICHE MORFO-PONDERALI	TIPO RADICE		
	non ingrossate	poco ingrossate	ingrossate
Peso fresco (g)	12.5 b	51.4 b	177.5 a
Sostanza secca (%)	29.6 a	24.4 a	28.0 a
N°	4.2 a	2.0 b	1.9 b
Diametro (mm)	2.5 c	22.9 b	55.5 a
Lunghezza (mm)	120 a	58.2 c	86.0 b

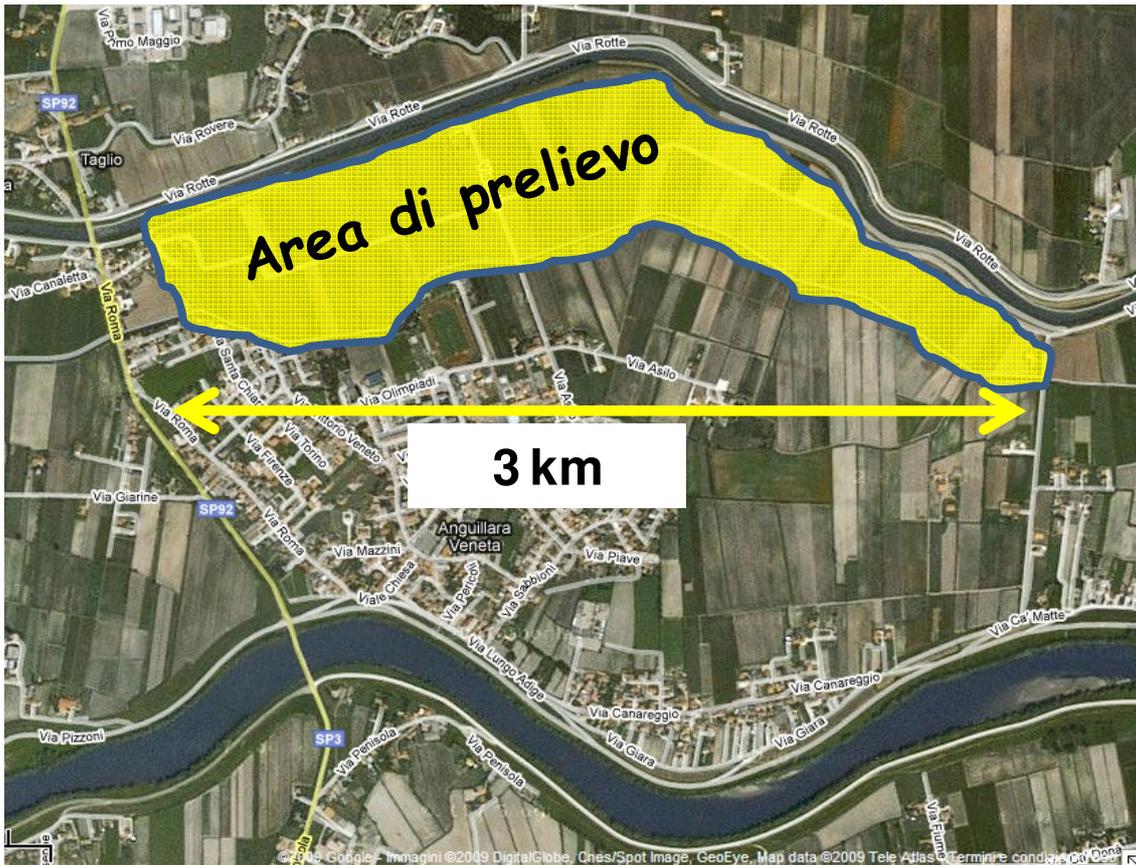


Figura 7 – Area di prelievo dei campioni durante la prova vista dal satellite.



Figura 8 –Letto caldo di germogliamento: materiale di copertura e germogli di batata.



Figura 9 – Germogli preparati per l'impianto della coltura (talee).

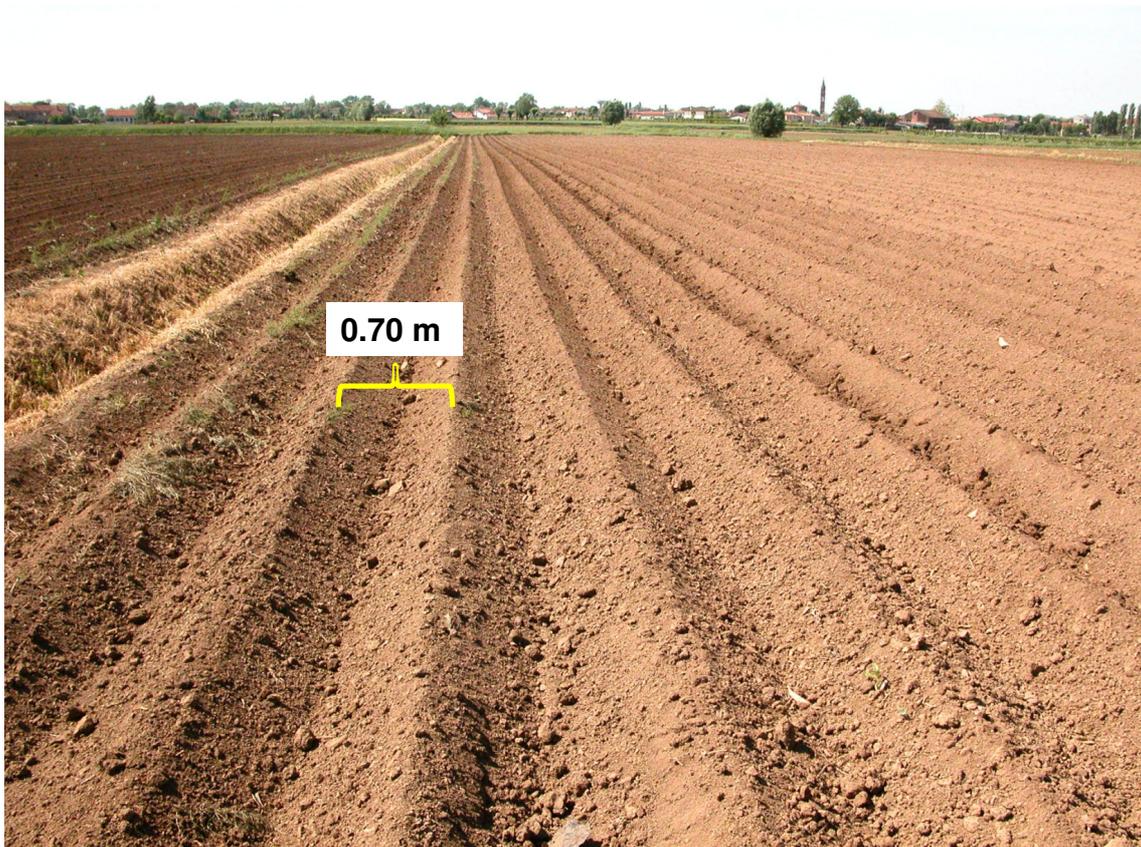


Figura 10 – Preparazione del terreno a solchi.

Patata dolce: tabelle e figure



Figura 11 – Messa a dimora delle talee e particolare del sesto d’impianto.

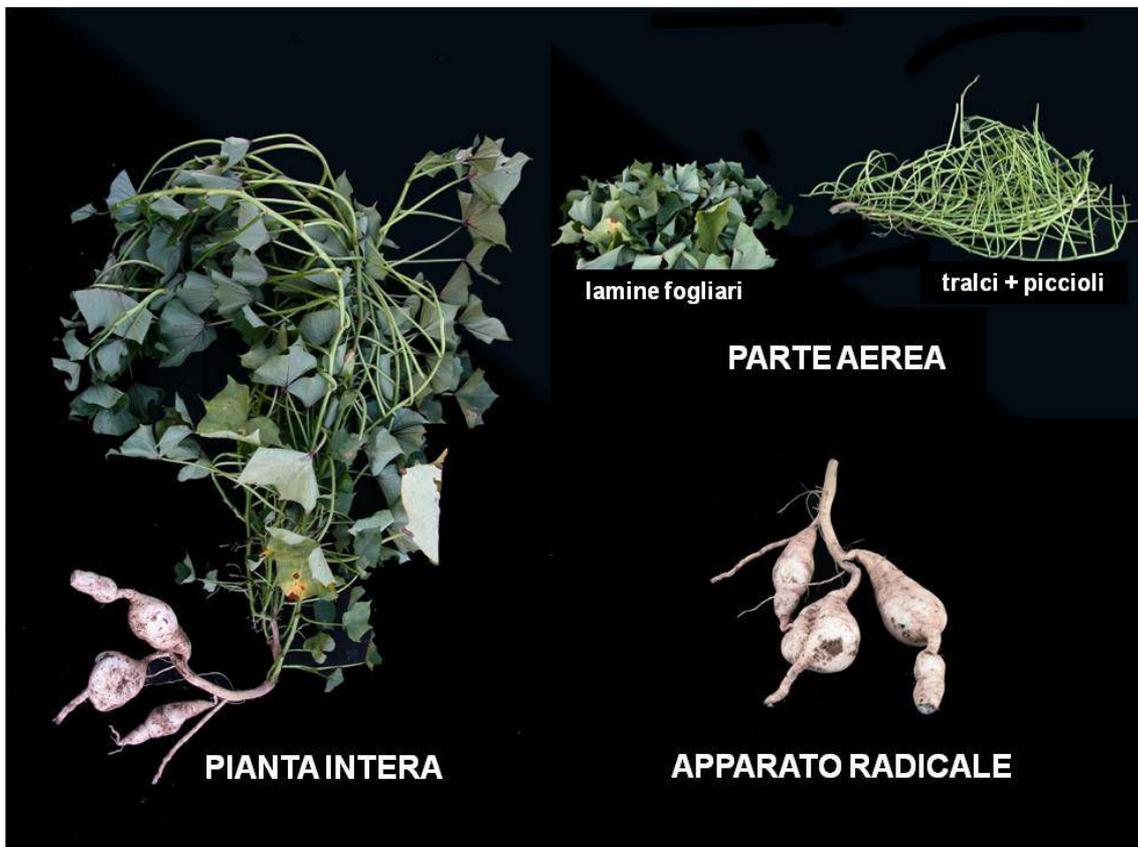


Figura 12 – Esempio di rilievo distruttivo.



Figura 13 – Scalzatura delle radici mediante aratro modificato.

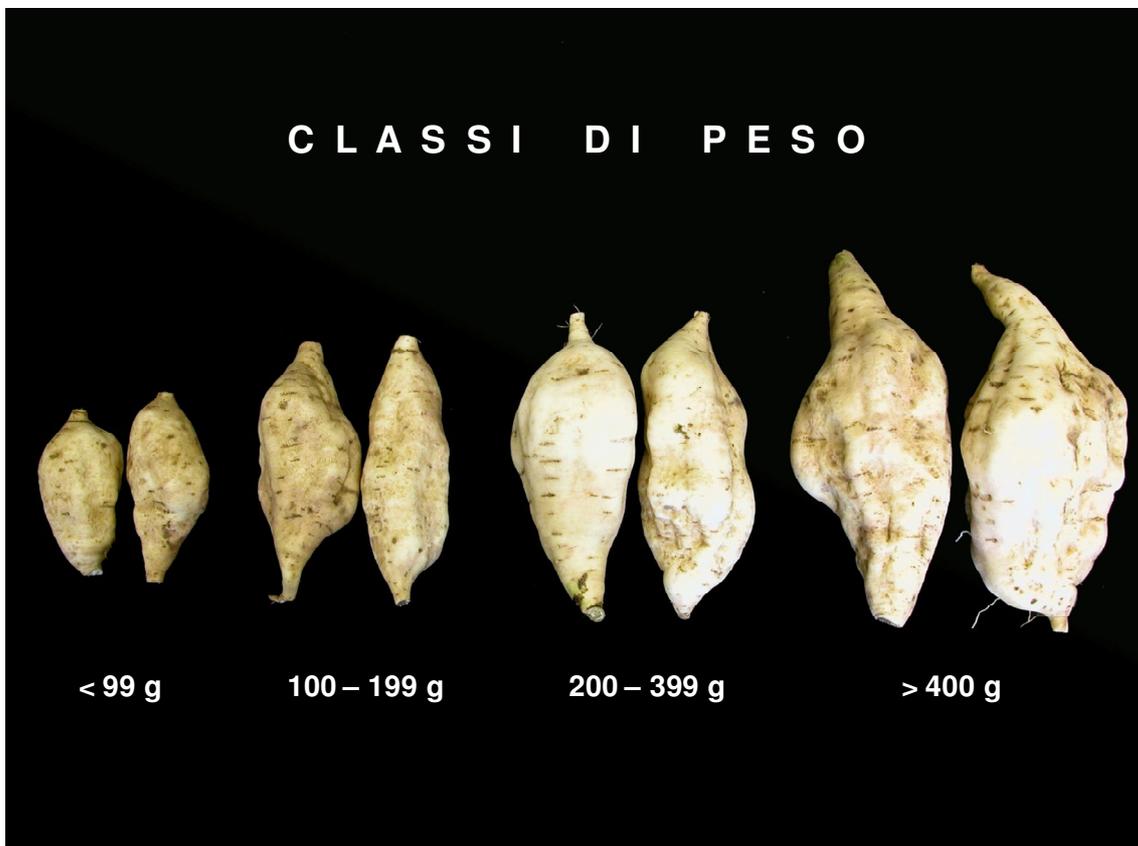


Figura 14 – Radici ingrossate: classi di peso considerate per le analisi qualitative.

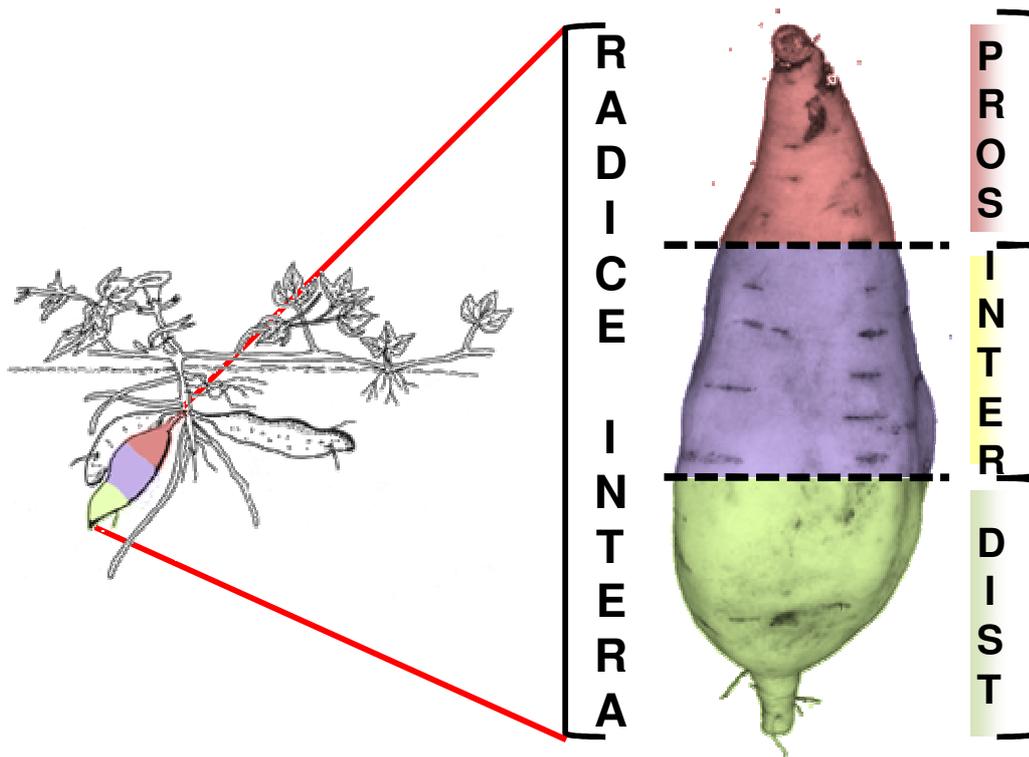


Figura 15 – Rappresentazione schematica della suddivisione della radice in tre parti (prossimale, intermedia, distale).

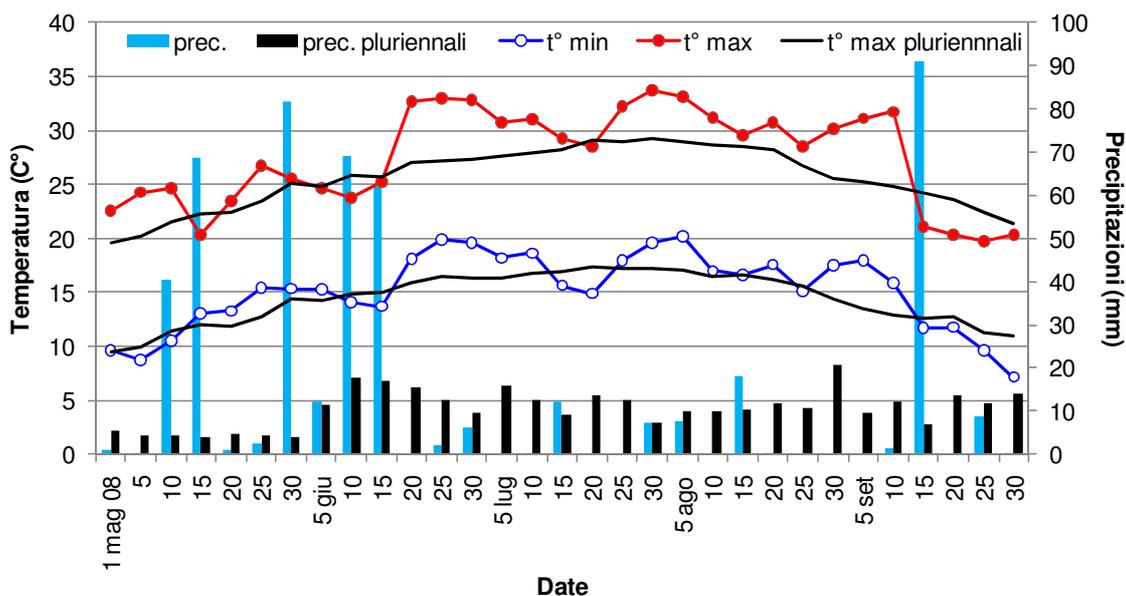


Figura 16 - Medie pentadiche di temperature massime e minime (°C) e precipitazioni cumulate pentadiche (mm) registrate durante il periodo di prova e pluriennali (1992 - 2008).

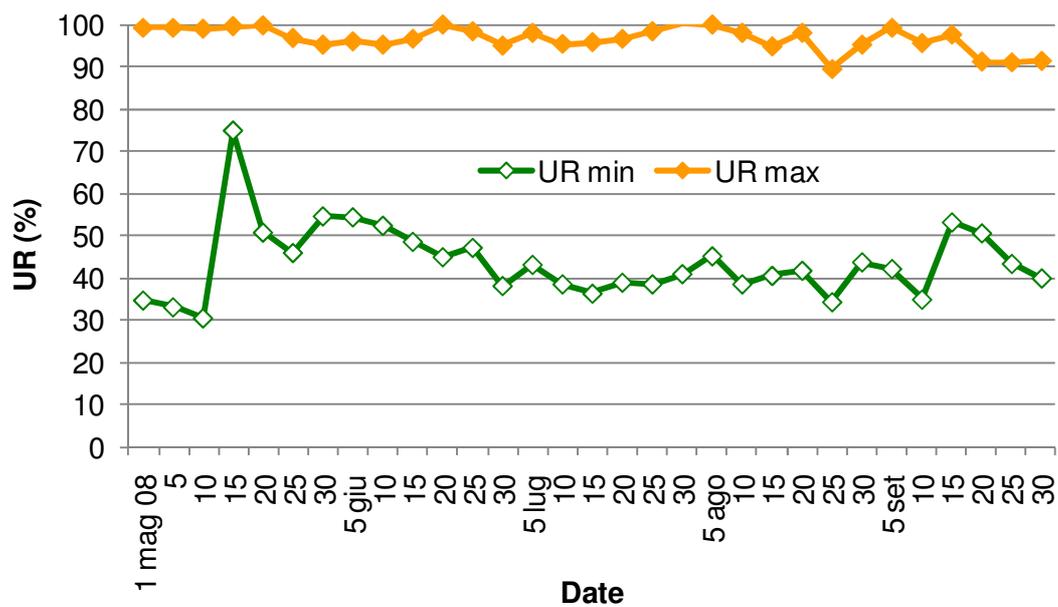


Figura 17 - Medie pentadiche dell'umidità relativa massima e minima (%) registrate durante il periodo di prova.

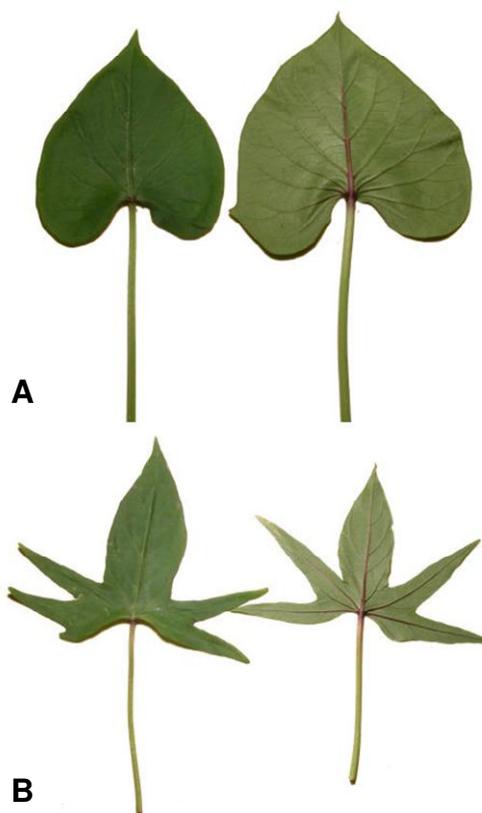


Figura 18 – Pagina superiore ed inferiore delle foglie dei due ecotipi considerati: triangolare o a cuore (A) e lobata (B).

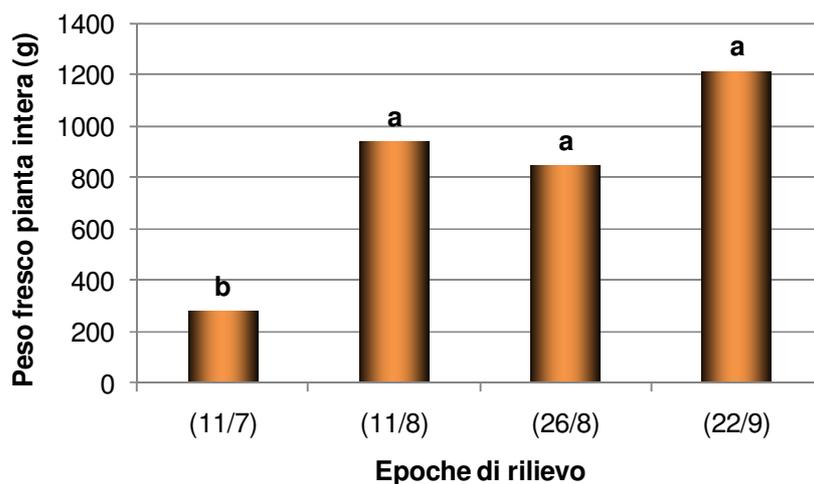


Figura 19 – Peso fresco (g) della pianta intera nelle epoche di rilievo.

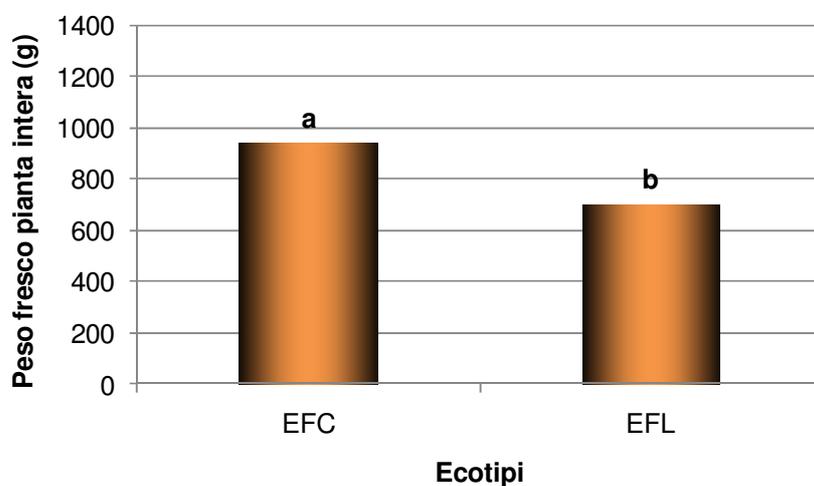


Figura 20 – Peso fresco (g) della pianta intera nei due ecotipi considerati.

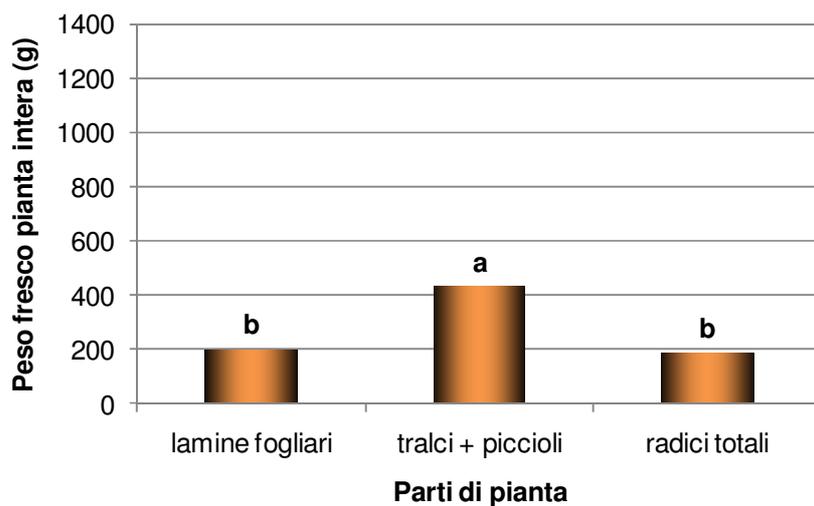


Figura 21 – Peso fresco (g) delle principali parti della pianta.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 19-20-21) differiscono significativamente per $P \leq 0.01$ secondo il Test HSD di Tukey.

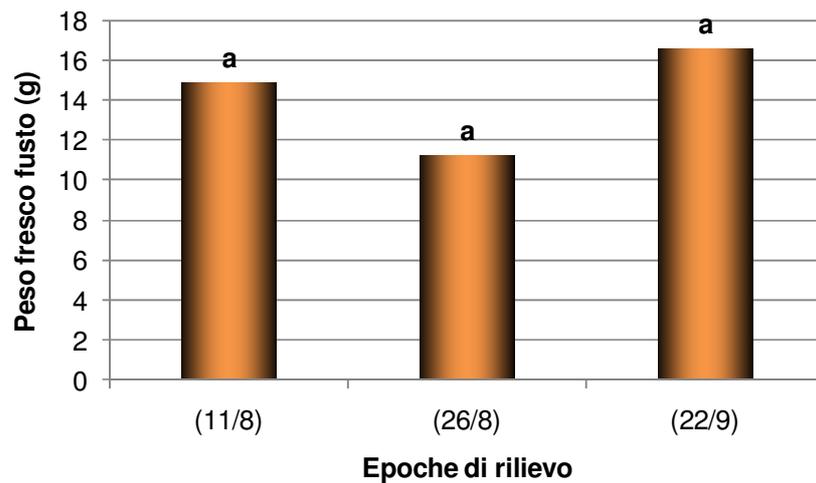


Figura 22 – Peso fresco (g) del fusto nelle epoche di rilievo.

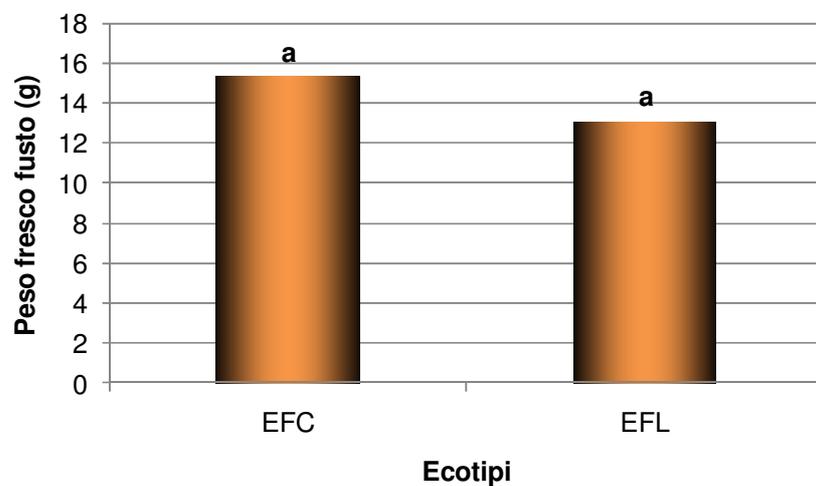


Figura 23 – Peso fresco (g) del fusto nei due ecotipi considerati.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 22-23) differiscono significativamente per $P \leq 0.01$ secondo il Test HSD di Tukey.

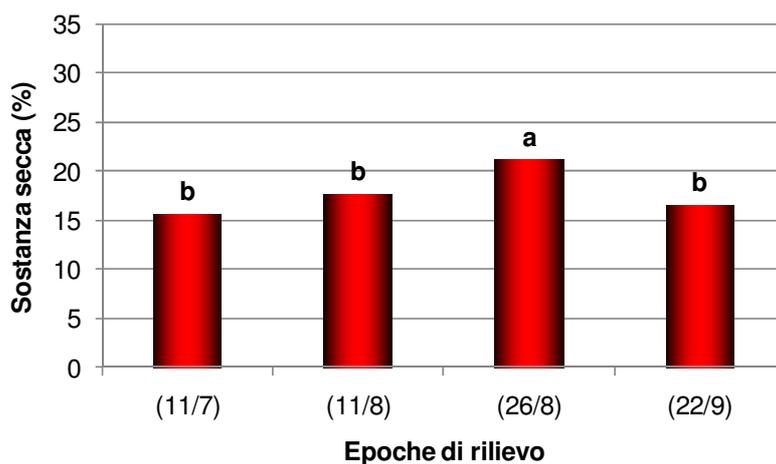


Figura 24 – Contenuto di sostanza secca (%) della pianta intera nelle epoche di rilievo.

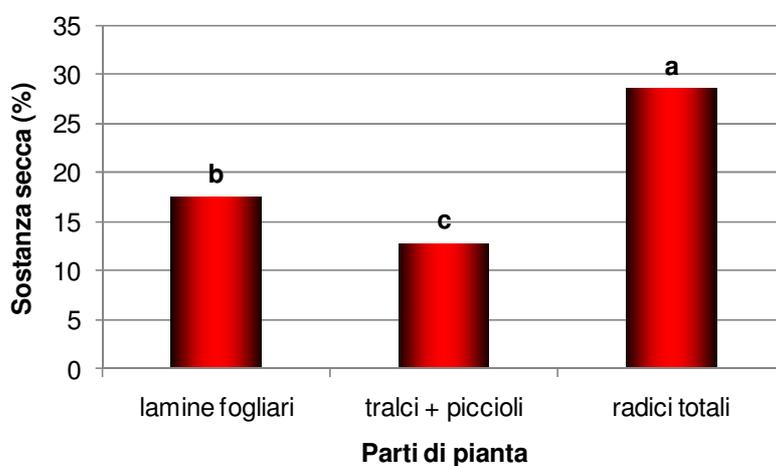


Figura 25 – Contenuto di sostanza secca (%) nelle principali parti della pianta.

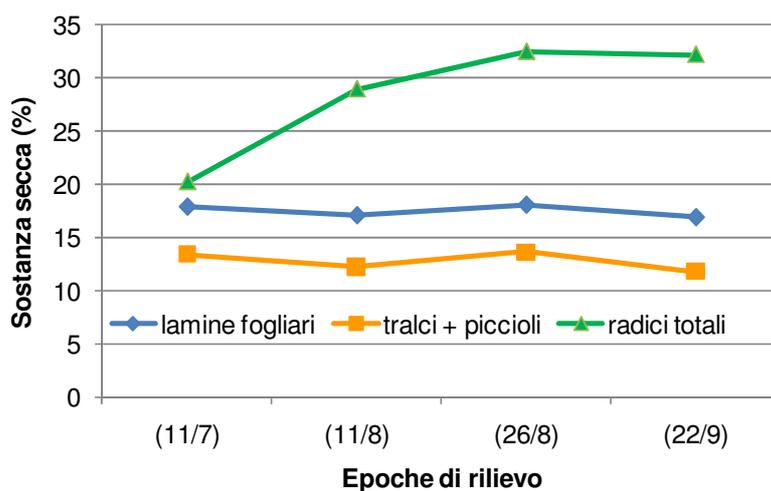


Figura 26 – Diversa influenza delle epoche di rilievo sul contenuto di sostanza secca (%) nelle principali parti della pianta.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 24-25) differiscono significativamente per $P \leq 0.01$ secondo il Test HSD di Tukey. L'interazione riportata nella figura 25 è significativa per $P \leq 0.05$.

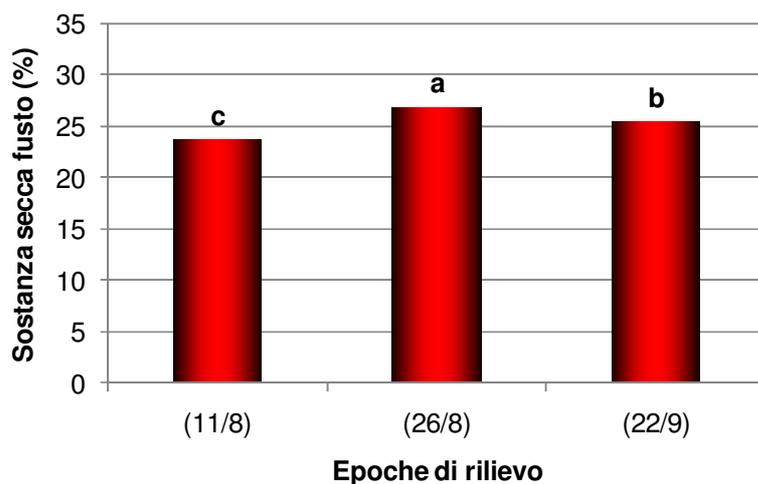


Figura 27 – Contenuto di sostanza secca (%) nel fusto nelle epoche di rilievo.

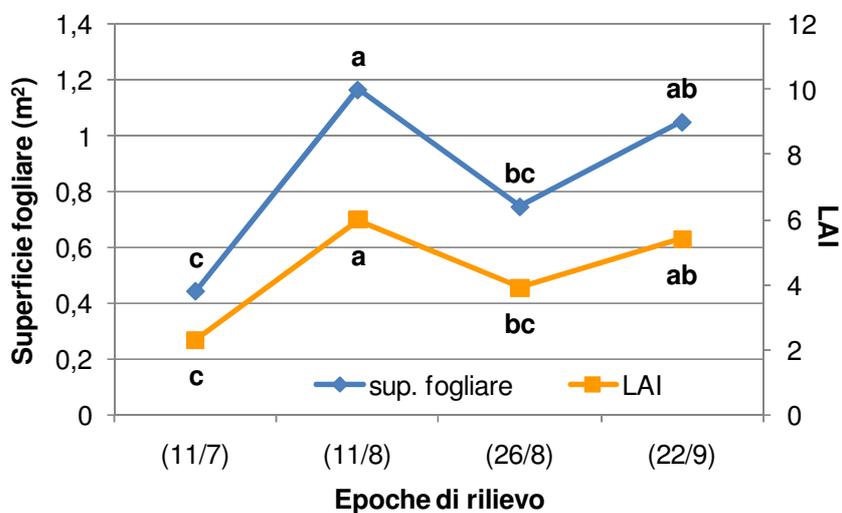


Figura 28 – Andamento della superficie fogliare (m²) e del Leaf Area Index (LAI) nelle epoche di rilievo.

I valori senza alcuna lettera in comune (Figg. 27-28) differiscono significativamente per $P \leq 0.01$ secondo il Test HSD di Tukey.

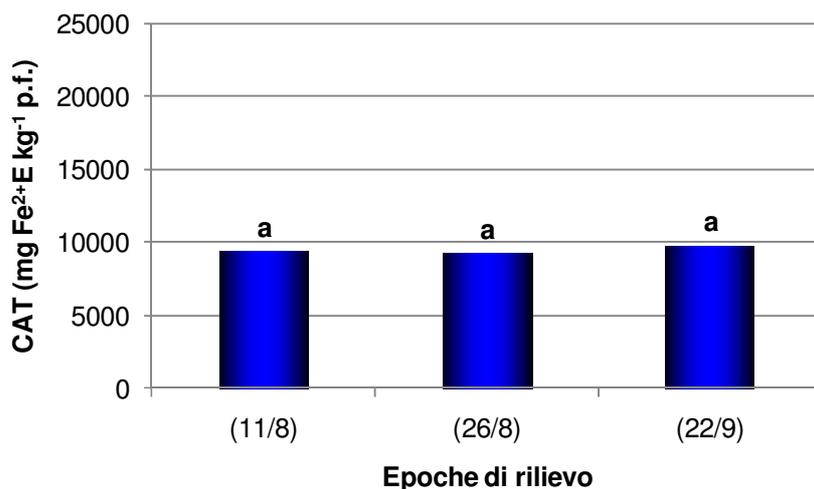


Figura 29 – Capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) della pianta intera nelle epoche di rilievo.

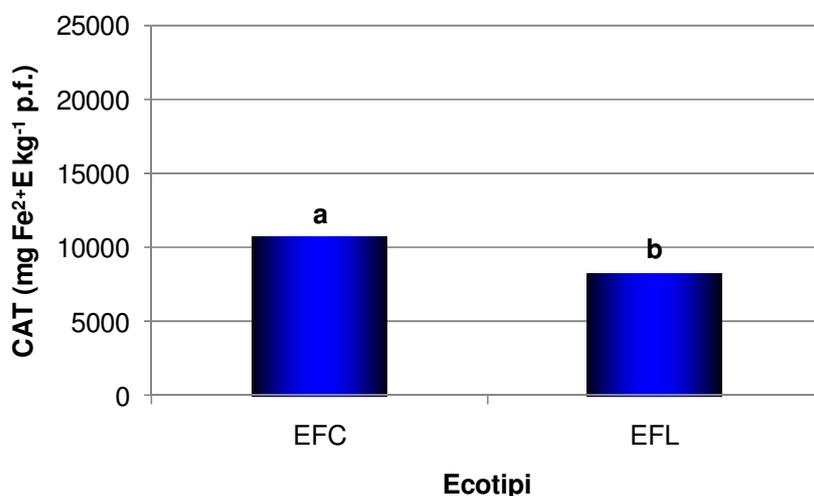


Figura 30 – Capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) della pianta intera nei due ecotipi considerati.

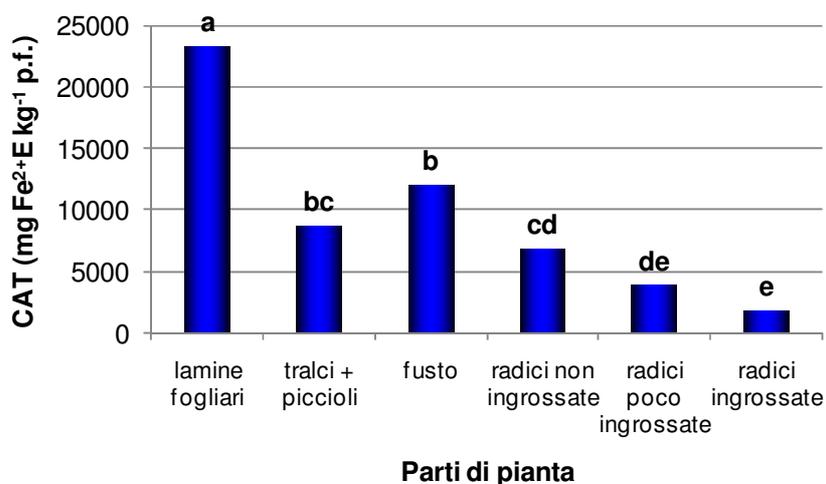


Figura 31 - Capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nelle parti della pianta.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 29-30-31) differiscono significativamente per $P \leq 0.01$ secondo il Test HSD di Tukey.

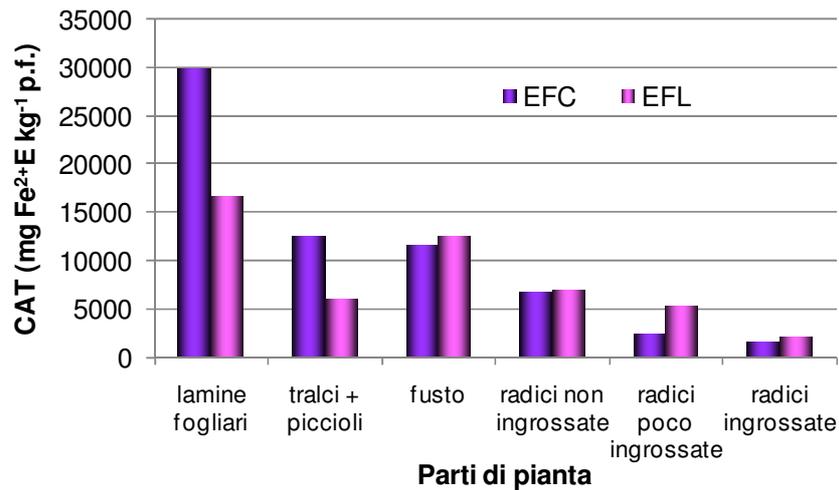


Figura 32 – Diversa influenza dei due ecotipi sulla capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nelle parti di pianta.

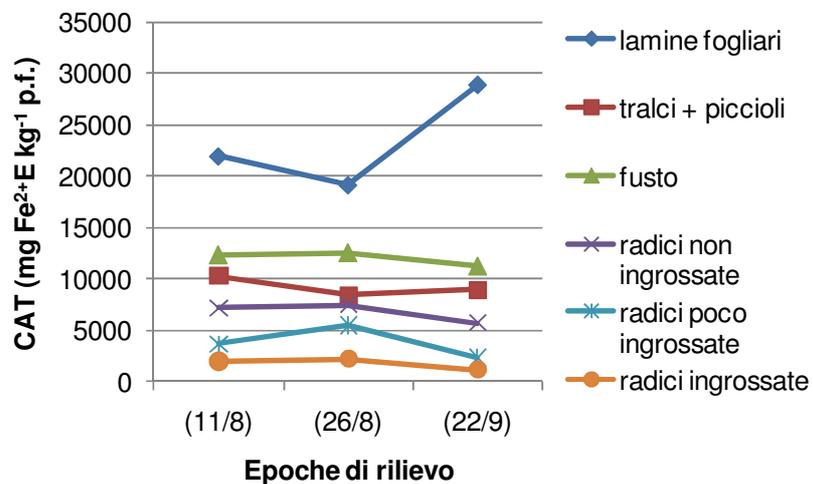


Figura 33 - Diversa influenza delle epoche di rilievo sulla capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nelle parti di pianta.

Le interazioni riportate nelle figure 32-33 sono significative rispettivamente per $P \leq 0.01$ e $P \leq 0.05$.

Patata dolce: tabelle e figure

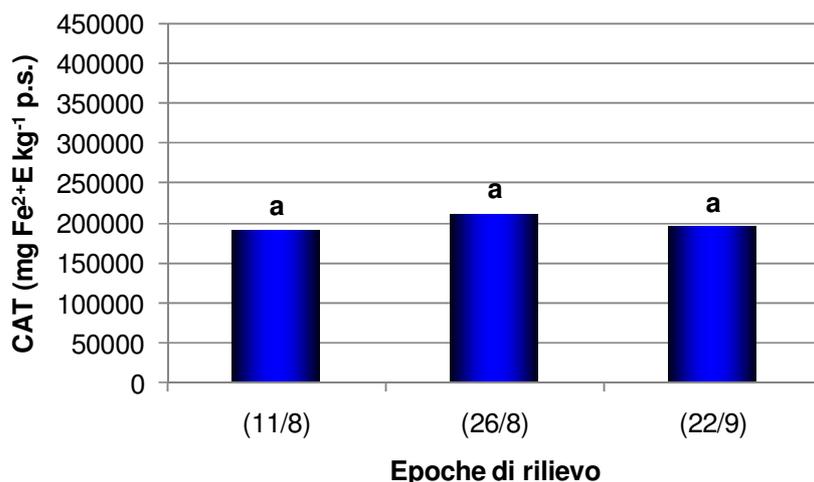


Figura 34 - Capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) della pianta intera nelle epoche di rilievo.

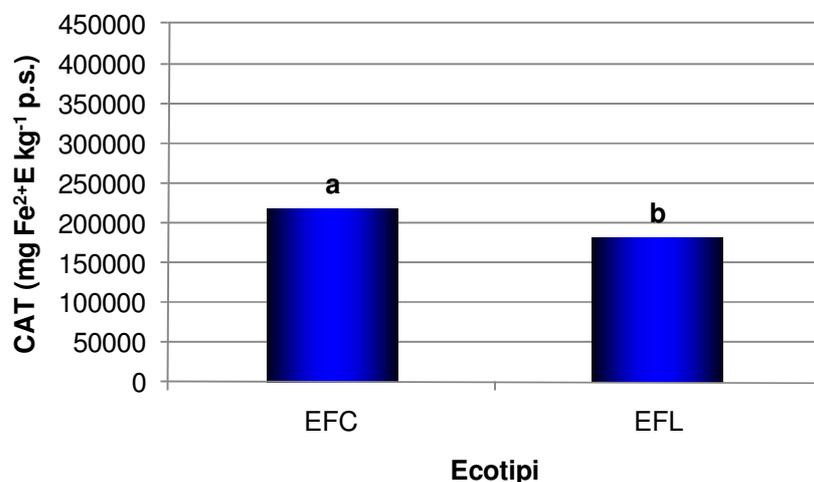


Figura 35 - Capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) della pianta intera nei due ecotipi considerati.

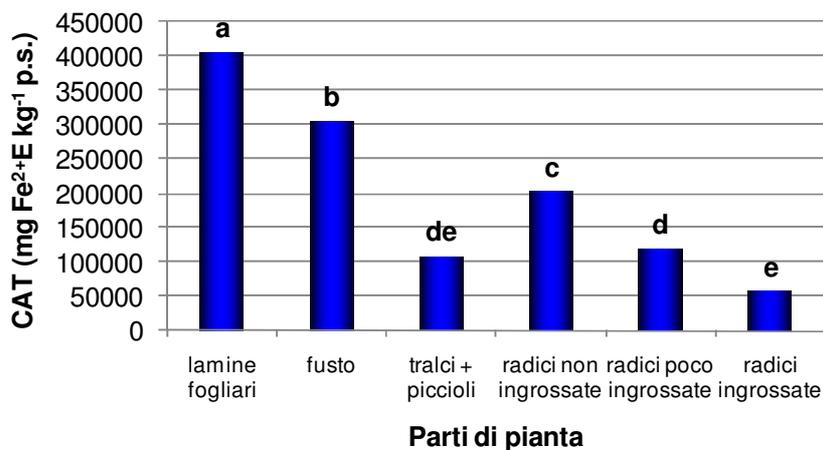


Figura 36 – Capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nelle parti della pianta.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 34-35-36) differiscono significativamente per P ≤ 0.01 secondo il Test HSD di Tukey.

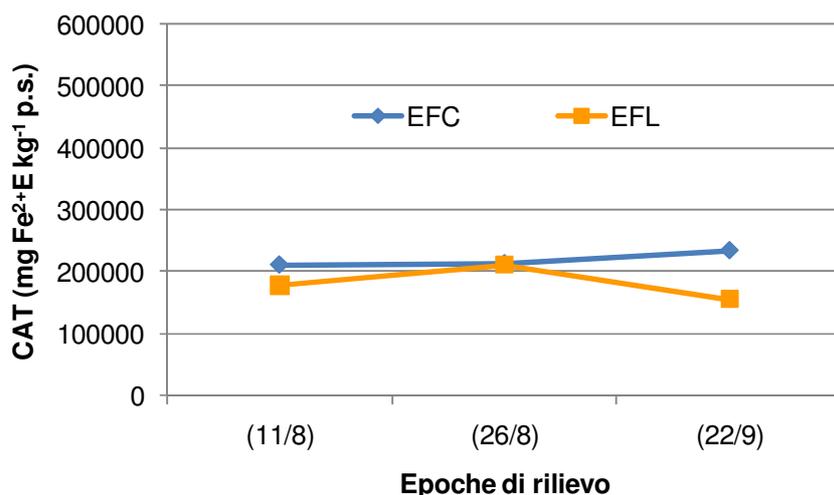


Figura 37 – Diversa influenza degli ecotipi sulla capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nelle epoche di rilievo.

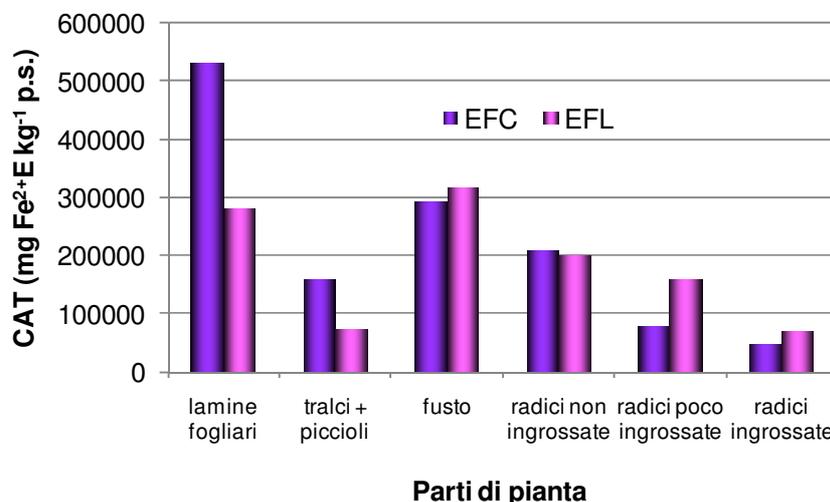


Figura 38 - Diversa influenza dei due ecotipi sulla capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nelle parti di pianta.

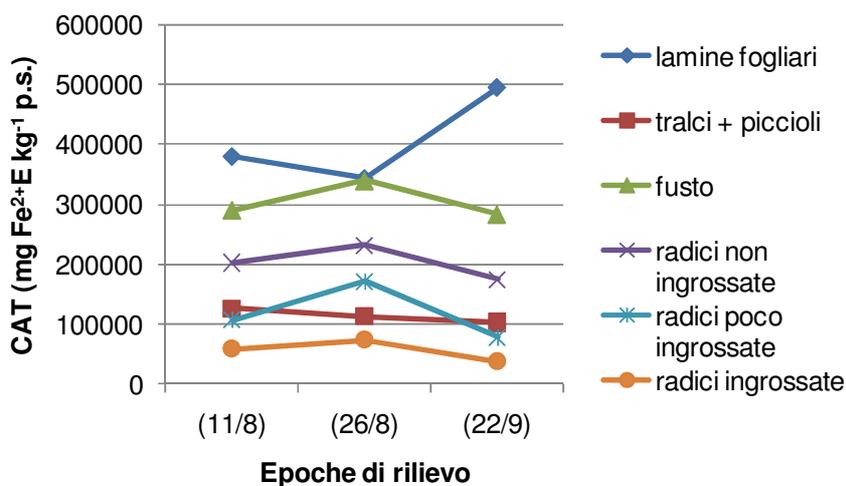


Figura 39 - Diversa influenza delle epoche di rilievo sulla capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nelle parti di pianta.

Le interazioni riportate nelle figure 37-38-39 sono significative rispettivamente per $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ e $P \leq 0.001$.

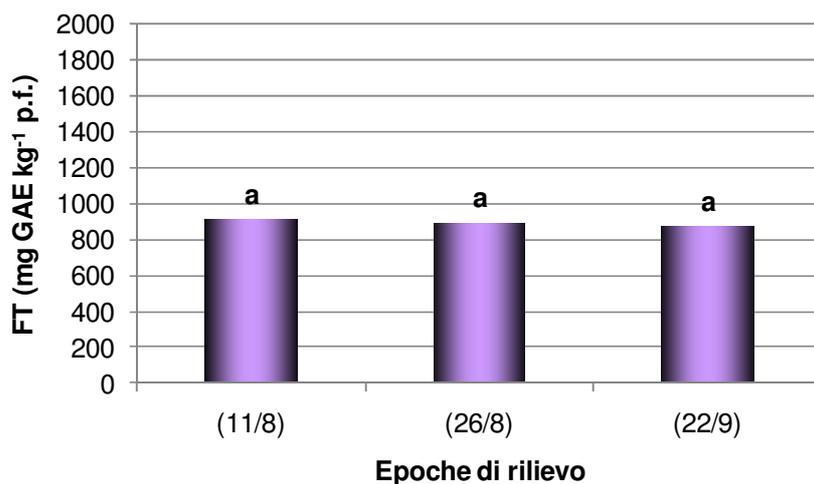


Figura 40 – Contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.f.) nella pianta intera nelle epoche di rilievo.

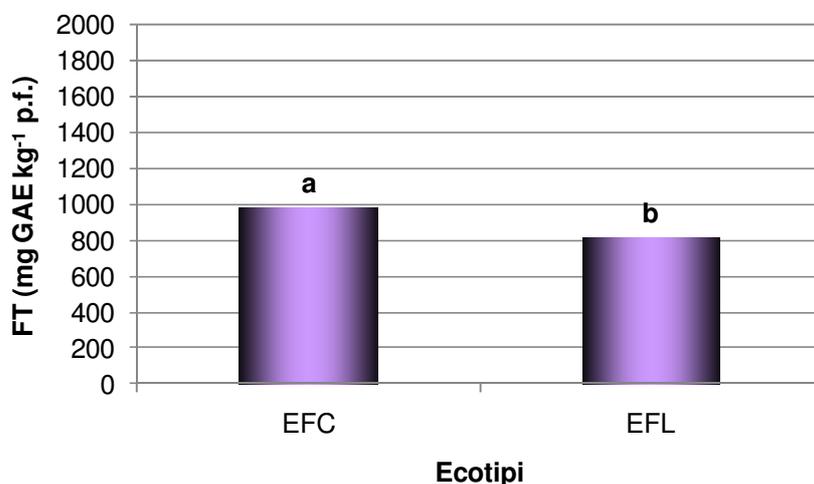


Figura 41 - Contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.f.) nella pianta intera nei due ecotipi considerati.

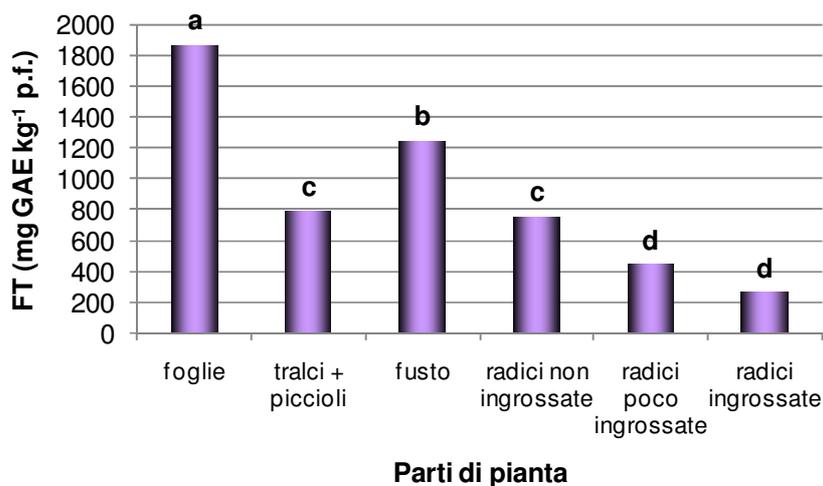


Figura 42 - Contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.f.) nelle parti della pianta.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 40-41-42) differiscono significativamente per $P \leq 0.01$ secondo il Test HSD di Tukey.

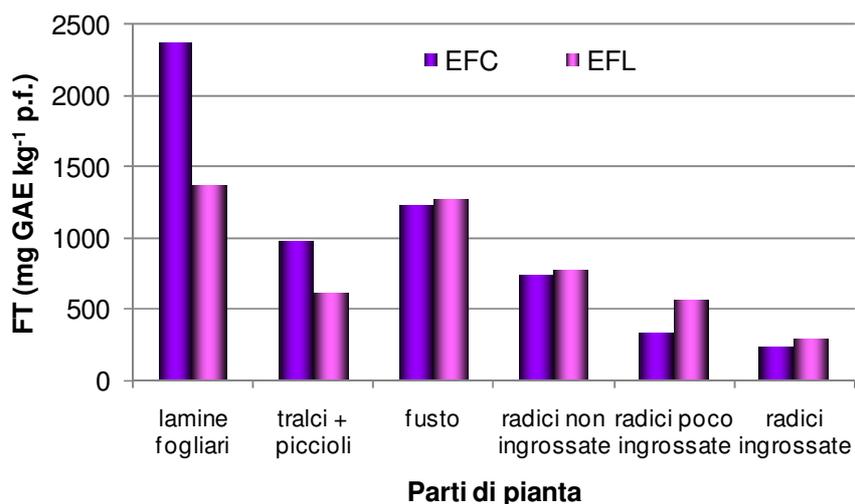


Figura 43 - Diversa influenza dei due ecotipi sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.f.) nelle parti di pianta.

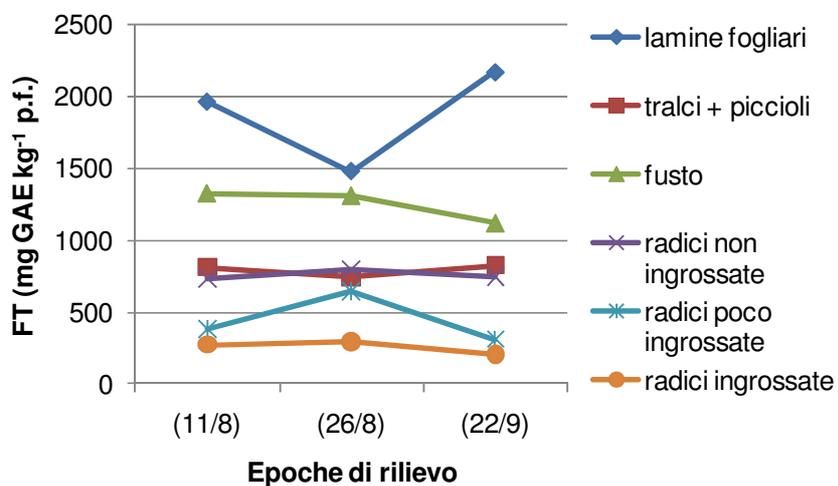


Figura 44 - Diversa influenza delle epoche di rilievo sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.f.) nelle parti di pianta.

Le interazioni riportate nelle figure 43-44 sono entrambe significative per $P \leq 0.01$.

Patata dolce: tabelle e figure

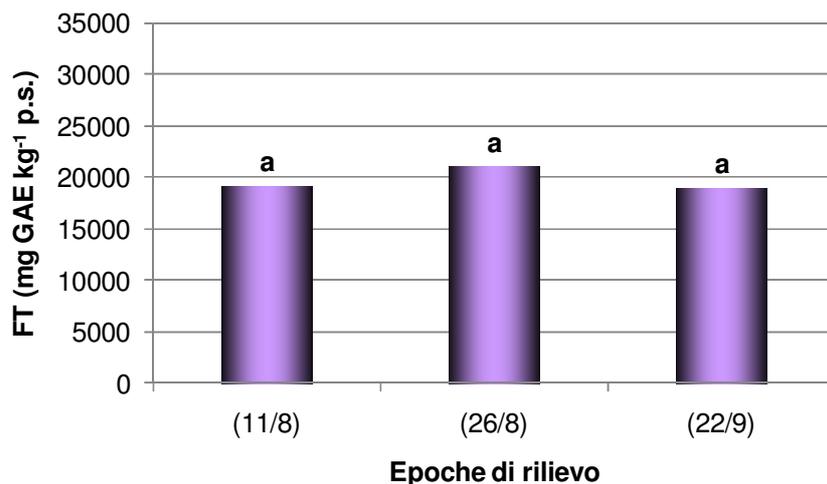


Figura 45 – Contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.) nella pianta intera nelle epoche di rilievo.

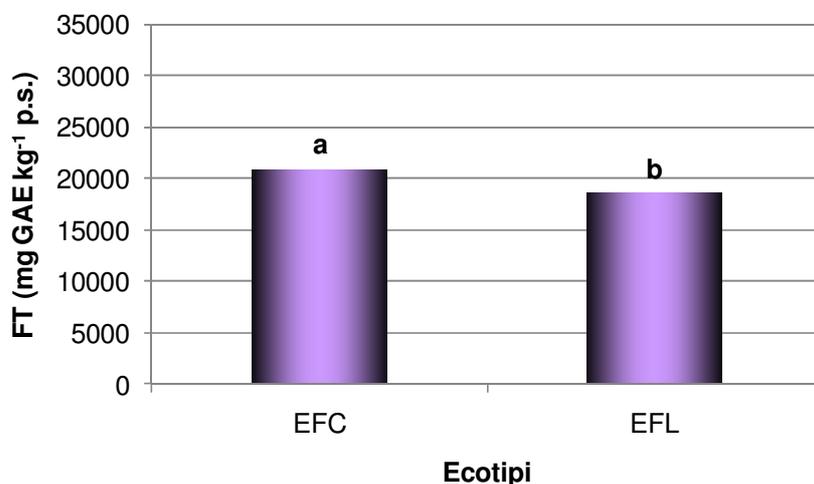


Figura 46 - Contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.) nella pianta intera nei due ecotipi considerati.

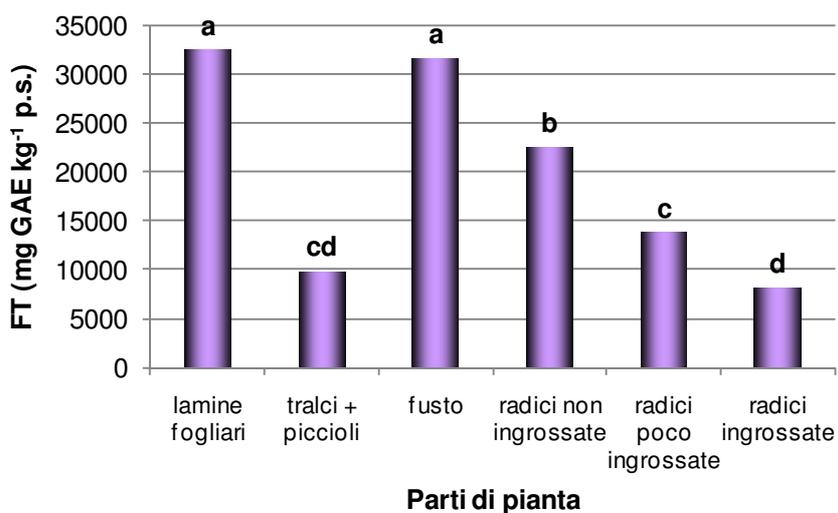


Figura 47 – Contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.) nelle parti della pianta.

I valori delle senza alcuna lettera in comune (Figg. 45-46-47) differiscono significativamente per $P \leq 0.001$ secondo il Test HSD di Tukey.

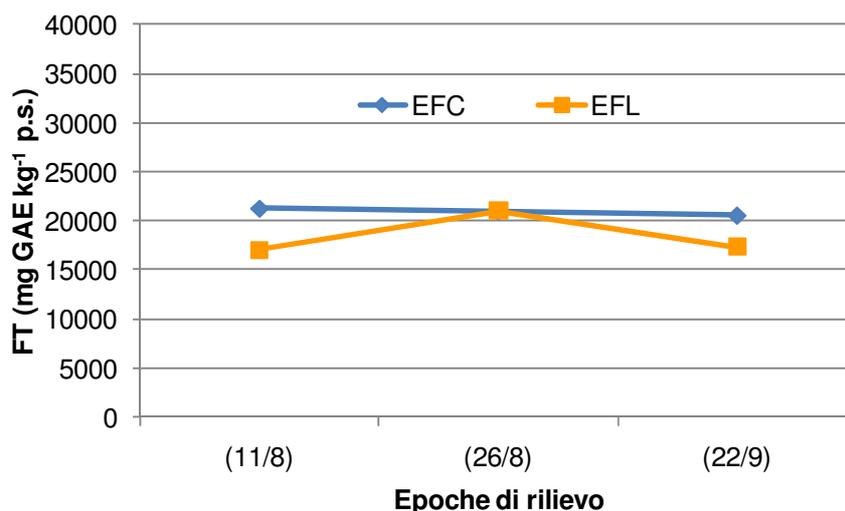


Figura 48 - Diversa influenza degli ecotipi sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.) nelle epoche di rilievo.

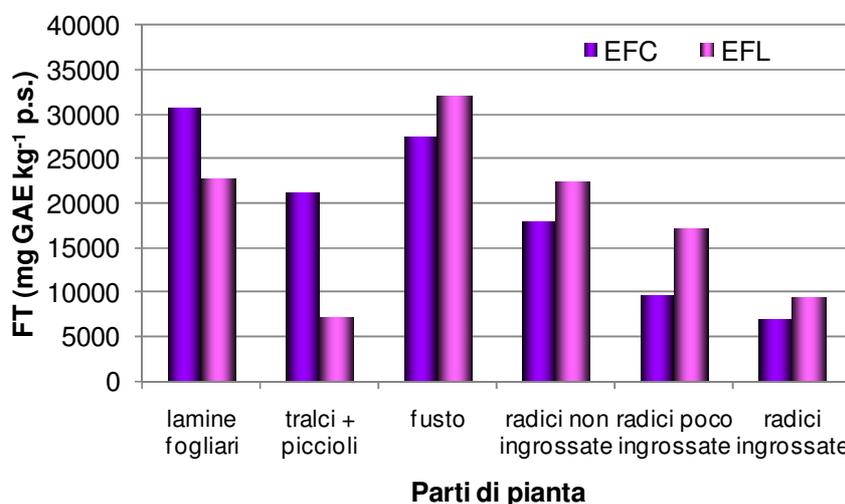


Figura 49 – Diversa influenza dei due ecotipi sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.) nelle parti di pianta.

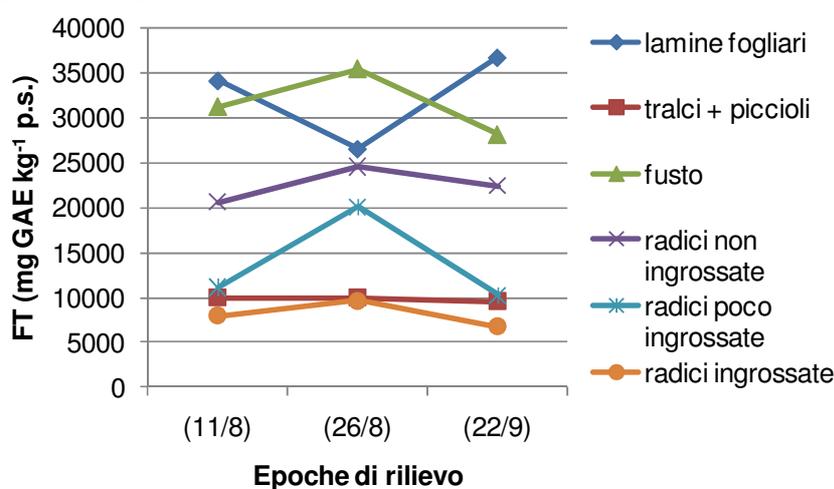


Figura 50 - Diversa influenza delle epoche di rilievo sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.) nelle parti di pianta.

Le interazioni riportate nelle figure 48-49-50 sono significative rispettivamente per $P \leq 0.05$, $P \leq 0.001$ e $P \leq 0.001$.

Patata dolce: tabelle e figure

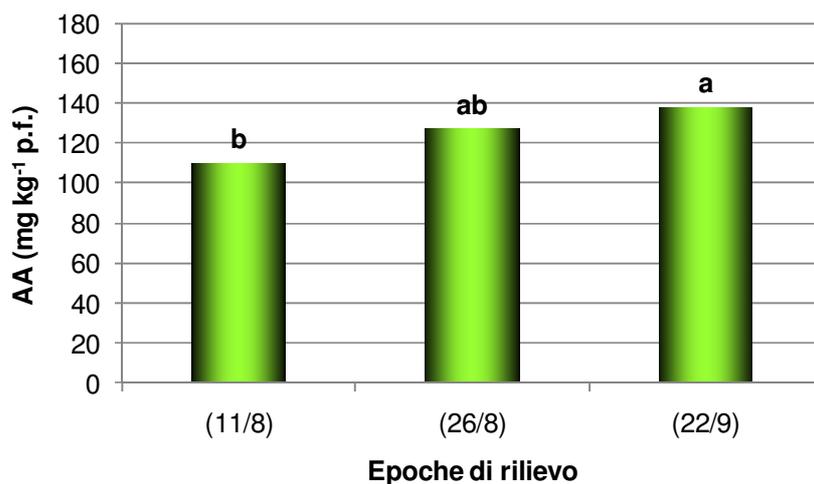


Figura 51 - Contenuto di acido ascorbico (AA) (mg kg⁻¹ p.f.) nella pianta intera nelle epoche di rilievo.

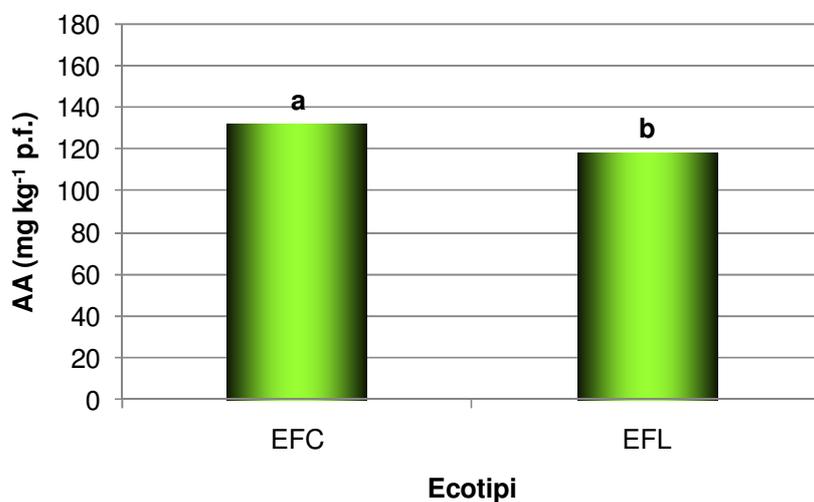


Figura 52 - Contenuto di acido ascorbico (AA) (mg kg⁻¹ p.f.) nella pianta intera nei due ecotipi considerati.

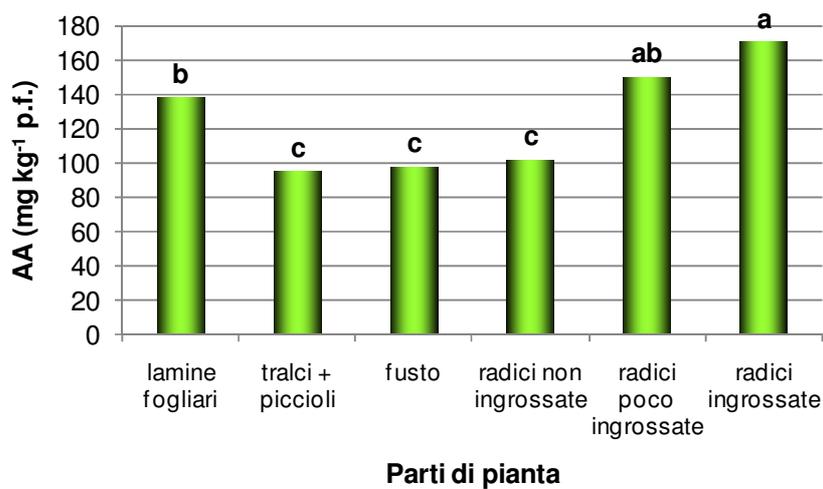


Figura 53 - Contenuto di acido ascorbico (AA) (mg kg⁻¹ p.f.) nelle parti della pianta.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 51-52-53) differiscono significativamente per $P \leq 0.01$ secondo il Test HSD di Tukey.

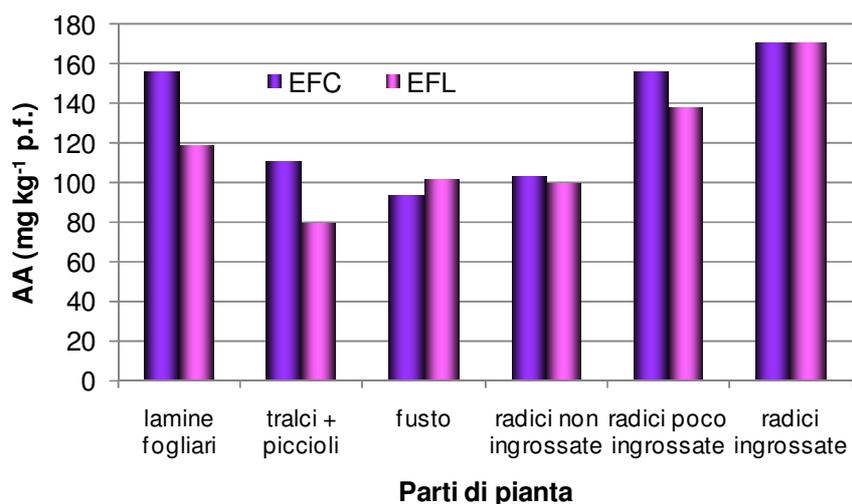


Figura 54 - Diversa influenza dei due ecotipi sul contenuto di acido ascorbico (AA) (mg kg⁻¹ p.f.) nelle parti di pianta.

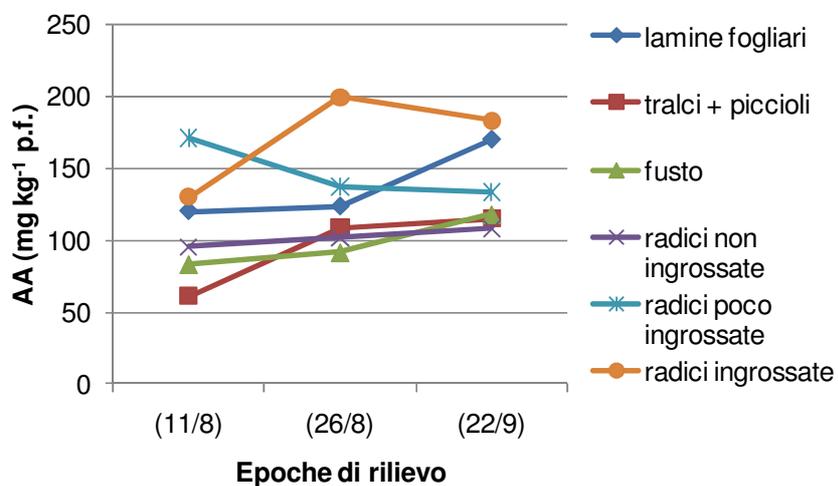


Figura 55 - Diversa influenza delle epoche di rilievo sul contenuto di acido ascorbico (AA) (mg kg⁻¹ p.f.) nelle parti di pianta.

Le interazioni riportate nelle figure 54-55 sono significative rispettivamente per $P \leq 0.001$ e $P \leq 0.01$.

Patata dolce: tabelle e figure

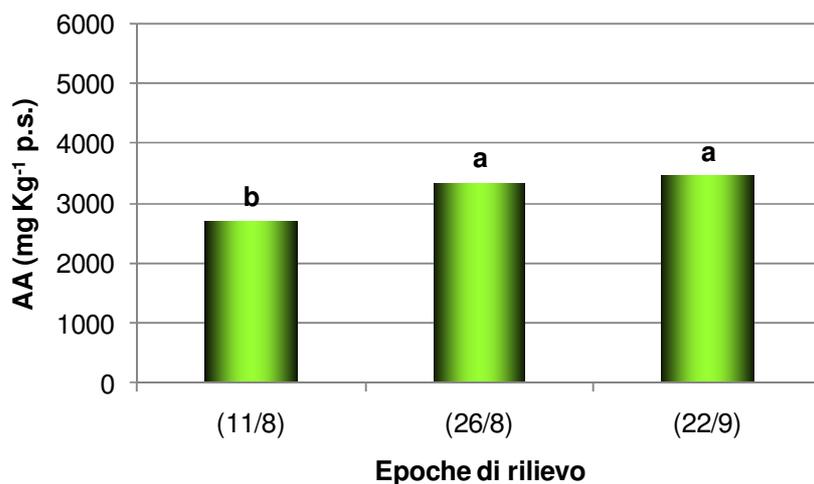


Figura 56 - Contenuto di acido ascorbico (AA) (mg kg⁻¹ p.s.) nella pianta intera nelle epoche di rilievo.

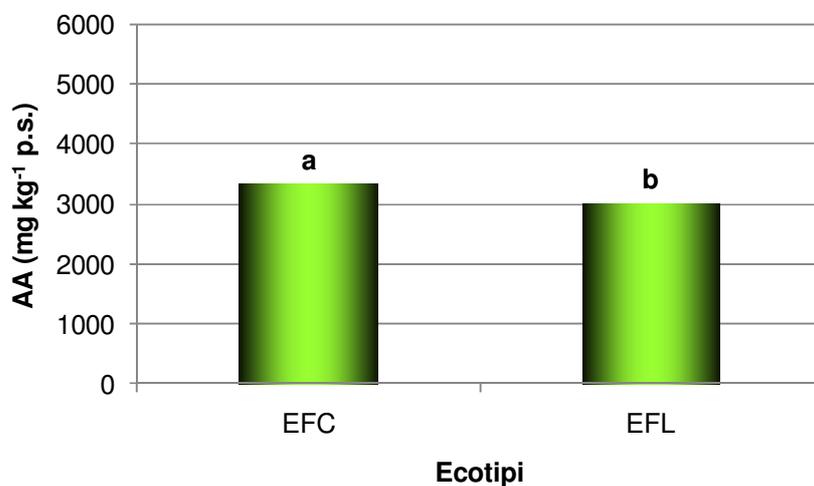


Figura 57 - Contenuto di acido ascorbico (AA) (mg kg⁻¹ p.s.) nella pianta intera nei due ecotipi considerati.

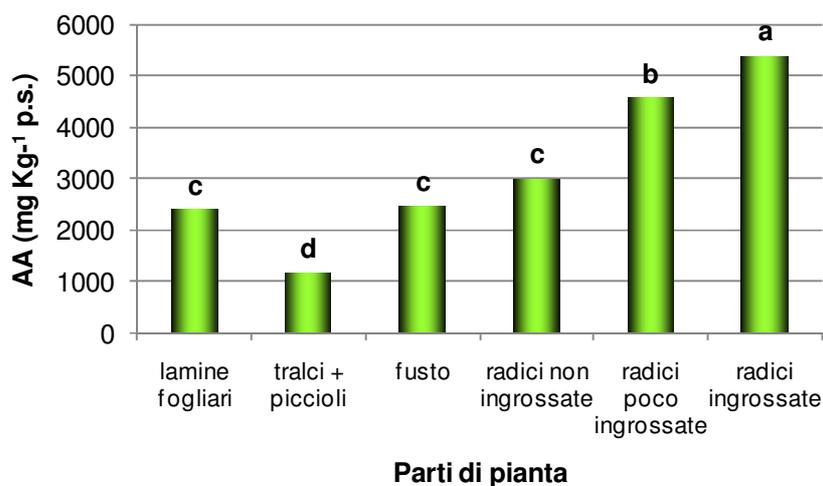


Figura 58 - Contenuto di acido ascorbico (AA) (mg kg⁻¹ p.s.) nelle parti della pianta.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 56-57-58) differiscono significativamente per $P \leq 0.01$ secondo il Test HSD di Tukey.

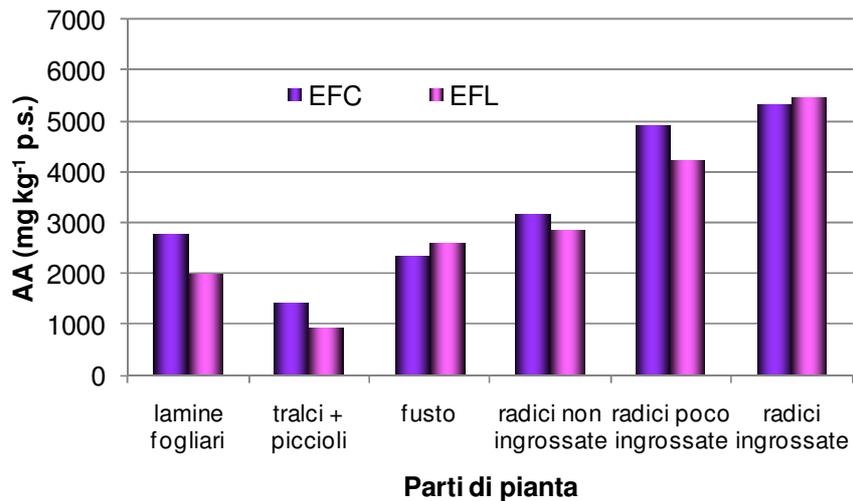


Figura 59 - Diversa influenza dei due ecotipi sul contenuto di acido ascorbico (AA) (mg kg⁻¹ p.s.) nelle parti di pianta.

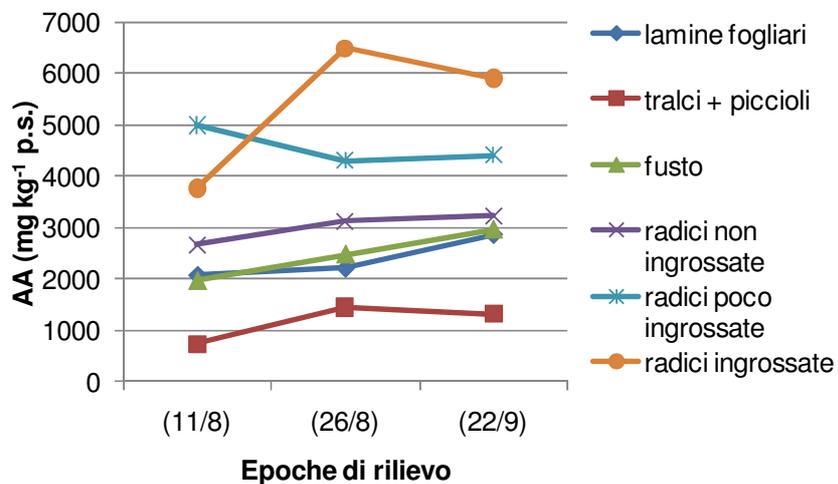


Figura 60 - Diversa influenza delle epoche di rilievo sul contenuto di acido ascorbico (AA) (mg kg⁻¹ p.s.) nelle parti di pianta.

Le interazioni riportate nelle figure 59-60 sono entrambe significative per $P \leq 0.001$.

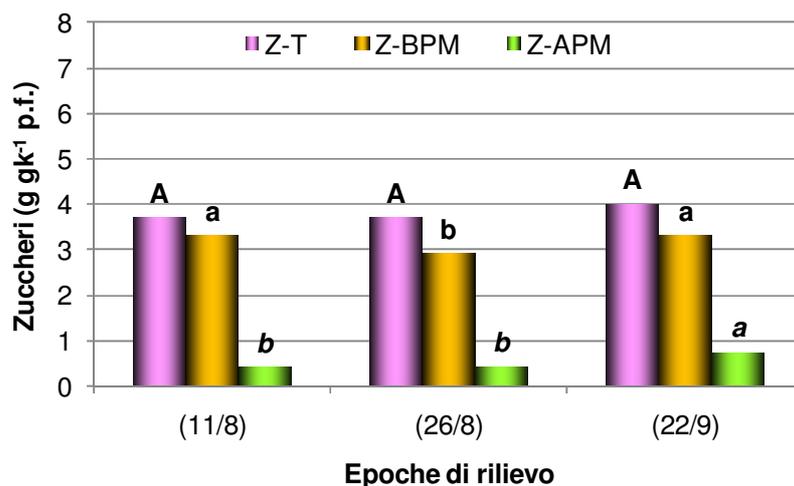


Figura 61 – Contenuto di zuccheri totali (Z-T), a basso peso molecolare (Z-BPM) e ad alto peso molecolare (Z-APM) nella pianta intera (mg kg⁻¹ p.f.) nelle epoche di rilievo.

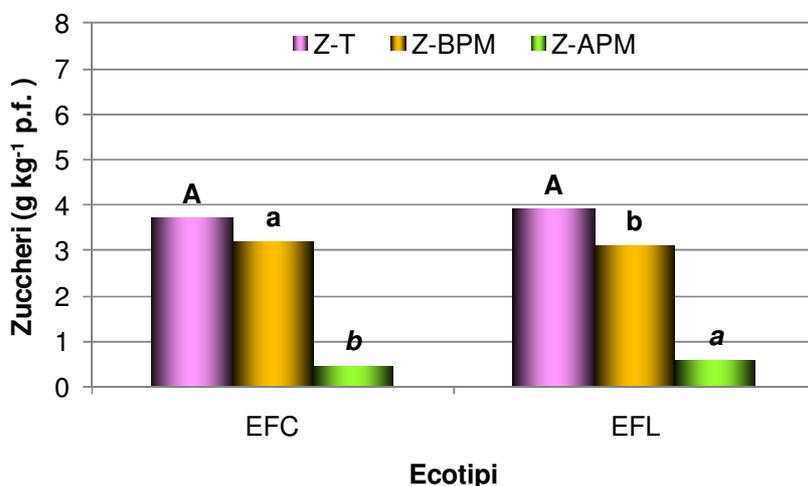


Figura 62 – Contenuto di zuccheri totali (Z-T), a basso peso molecolare (Z-BPM) e ad alto peso molecolare (Z-APM) nella pianta intera (mg kg⁻¹ p.f.) dei due ecotipi considerati.

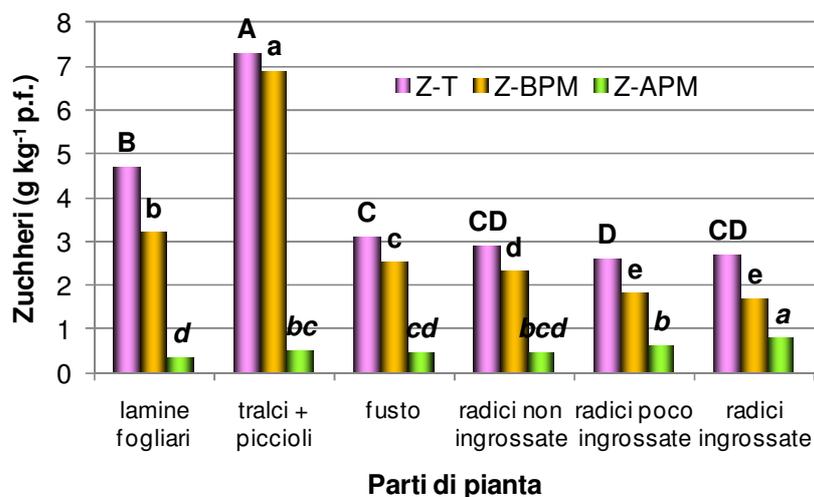


Figura 63 - Contenuto di zuccheri totali (Z-T), a basso peso molecolare (Z-BPM) e ad alto peso molecolare (Z-APM) nelle parti della pianta (mg kg⁻¹ p.f.).
I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 61-62-63) differiscono significativamente per $P \leq 0.05$ secondo il Test HSD di Tukey.

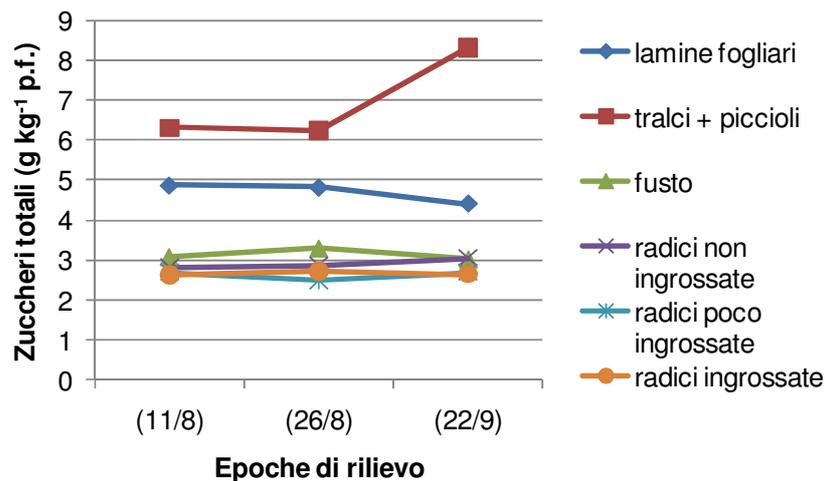


Figura 64 - Diversa influenza delle epoche di rilievo sul contenuto di zuccheri totali (Z-T) nelle parti di pianta (mg kg^{-1} p.f.).

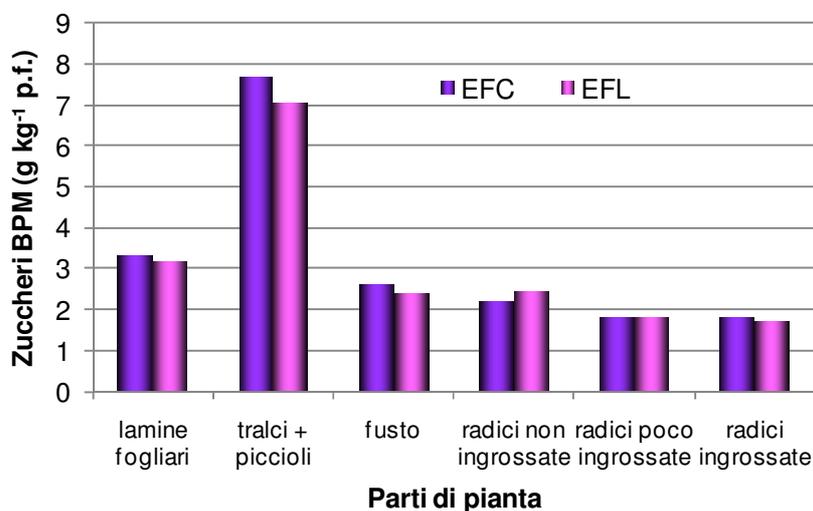


Figura 65 - Diversa influenza dei due ecotipi sul contenuto di zuccheri a basso peso molecolare (Z-BPM) nelle parti di pianta (mg kg^{-1} p.f.).

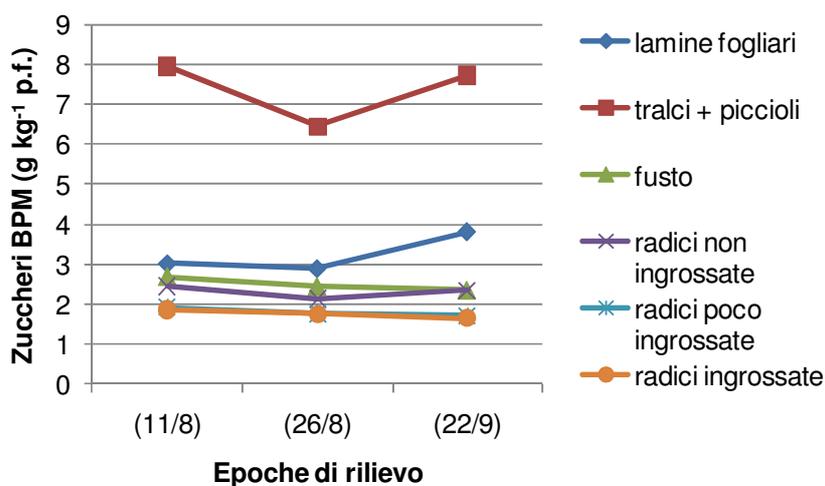


Figura 66 - Diversa influenza delle epoche di rilievo sul contenuto di zuccheri a basso peso molecolare (Z-BPM) nelle parti di pianta (mg kg^{-1} p.f.).

Le interazioni riportate nelle figure 64-65-66 sono significative rispettivamente per $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ e $P \leq 0.05$.

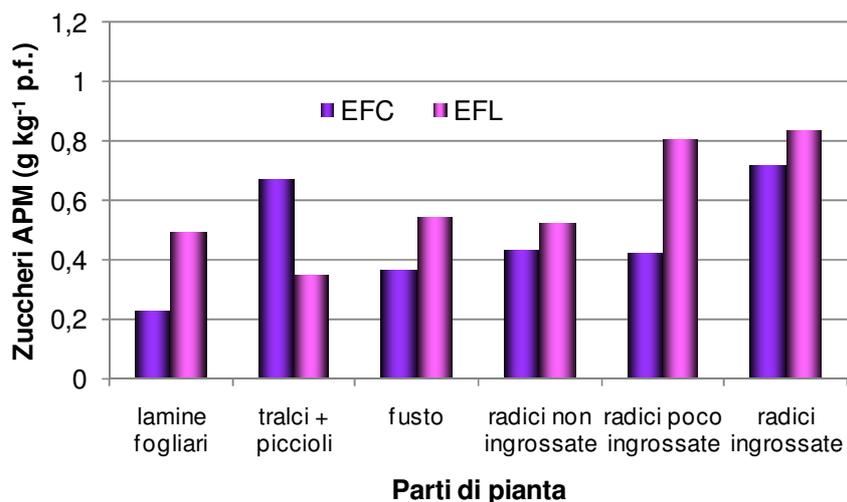


Figura 67 – Diversa influenza dei due ecotipi sul contenuto di zuccheri ad alto peso molecolare (Z-APM) nelle parti di pianta (mg kg^{-1} p.f.).

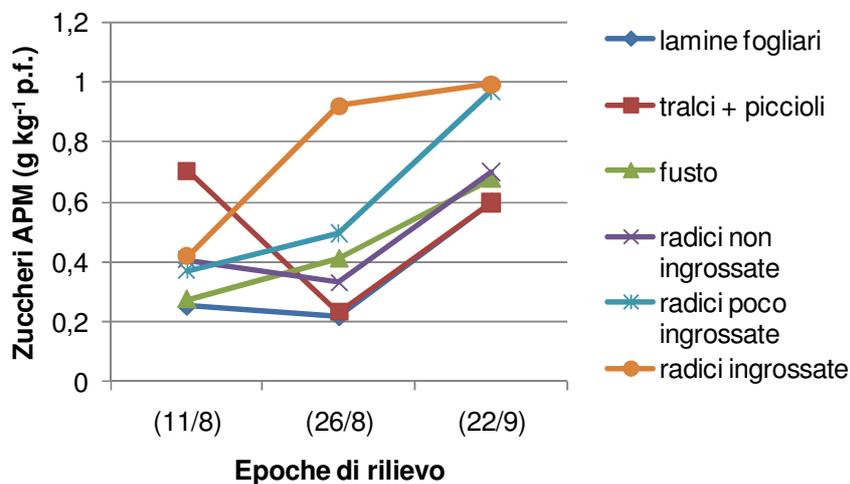


Figura 68 – Diversa influenza delle epoche di rilievo sul contenuto di zuccheri ad alto peso molecolare (Z-APM) nelle parti di pianta (mg kg^{-1} p.f.).

Le interazioni riportate nelle figure 67-68 sono entrambe significative per $P \leq 0.01$.

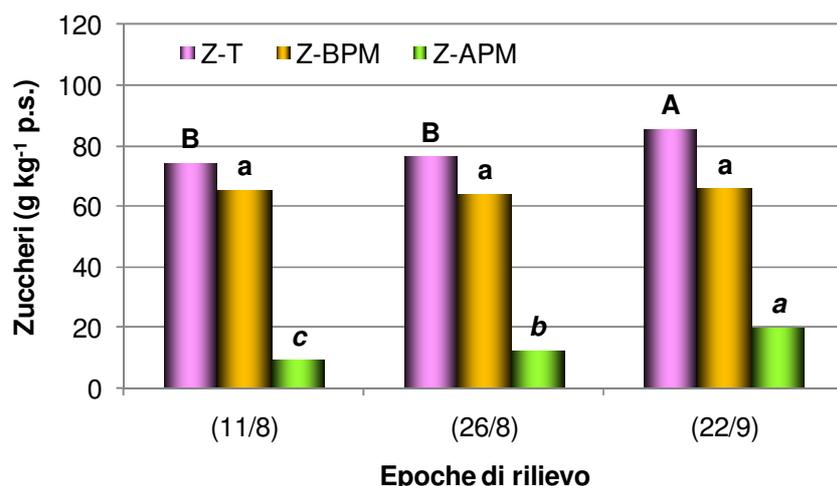


Figura 69 – Contenuto di zuccheri totali (Z-T), a basso peso molecolare (Z-BPM) e ad alto peso molecolare (Z-APM) nella pianta intera (mg kg⁻¹ p.s.) nelle epoche di rilievo.

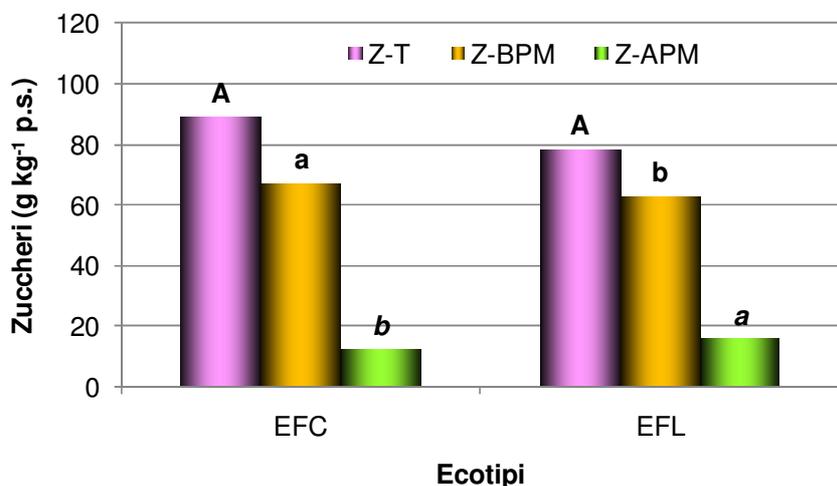


Figura 70 - Contenuto di zuccheri totali (Z-T), a basso peso molecolare (Z-BPM) e ad alto peso molecolare (Z-APM) nella pianta intera (mg kg⁻¹ p.s.) dei due ecotipi considerati.

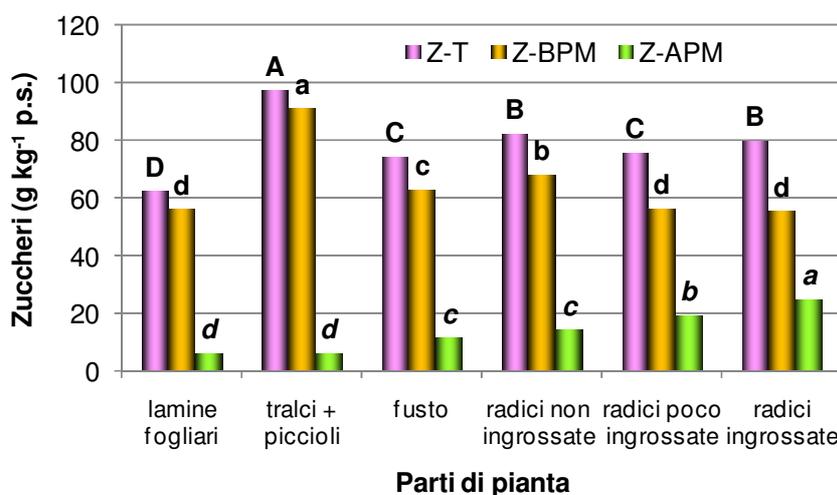


Figura 71 - Contenuto di zuccheri totali (Z-T), a basso peso molecolare (Z-BPM) e ad alto peso molecolare (Z-APM) nelle parti (mg kg⁻¹ p.s.) della pianta. I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 69-70-71) differiscono significativamente per $P \leq 0.05$ secondo il Test HSD di Tukey.

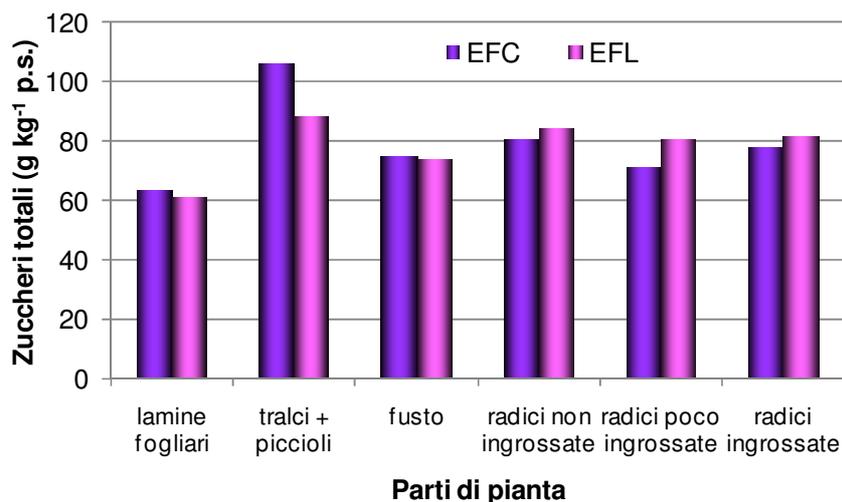


Figura 72 - Diversa influenza dei due ecotipi sul contenuto di zuccheri totali (Z-T) nelle parti di pianta (mg kg⁻¹ p.s.).

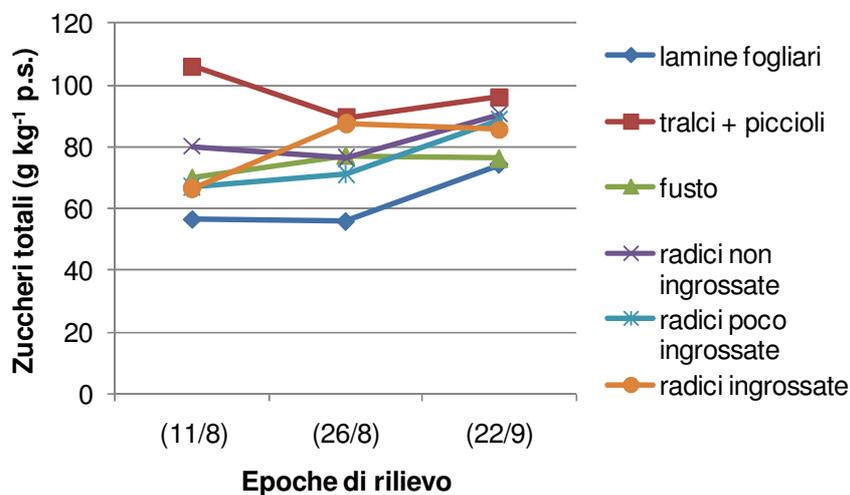


Figura 73 - Diversa influenza delle epoche di rilievo sul contenuto di zuccheri totali (Z-T) nelle parti di pianta (mg kg⁻¹ p.s.).

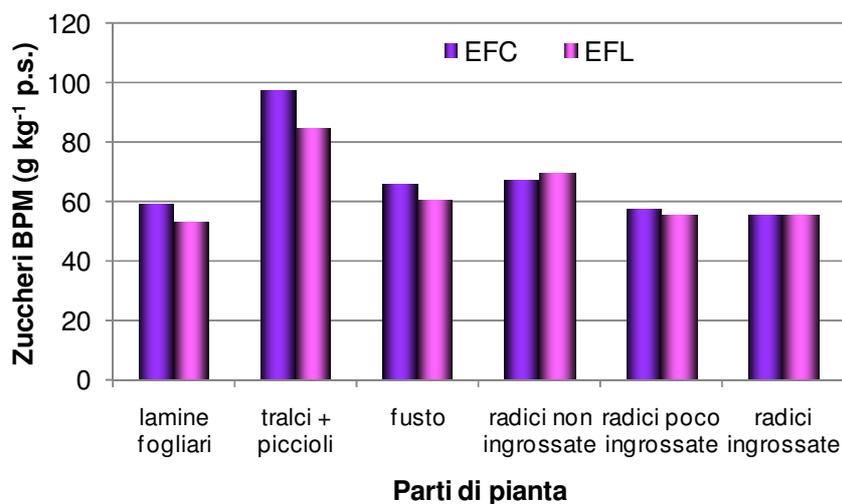


Figura 74 - Diversa influenza dei due ecotipi sul contenuto di zuccheri a basso peso molecolare (Z-BPM) nelle parti di pianta (mg kg⁻¹ p.s.).

Le interazioni riportate nelle figure 72-73-74 sono tutte significative per $P \leq 0.05$.

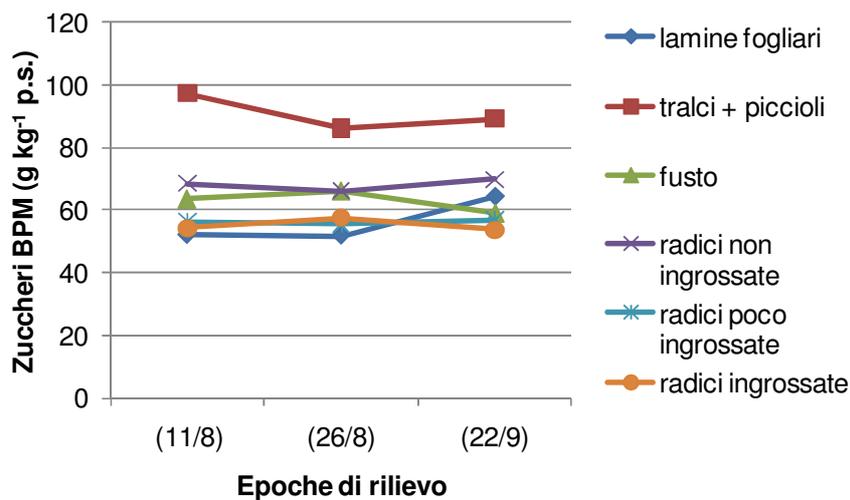


Figura 75 - Diversa influenza delle epoche di rilievo sul contenuto di zuccheri a basso peso molecolare (Z-BPM) nelle parti di pianta (mg kg^{-1} p.s.).

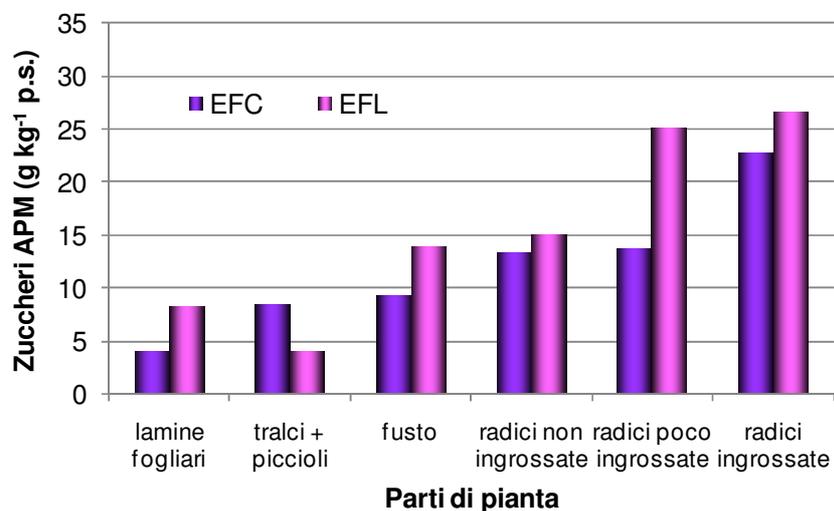


Figura 76 - Diversa influenza dei due ecotipi sul contenuto di zuccheri ad alto peso molecolare (Z-APM) nelle parti di pianta (mg kg^{-1} p.s.).

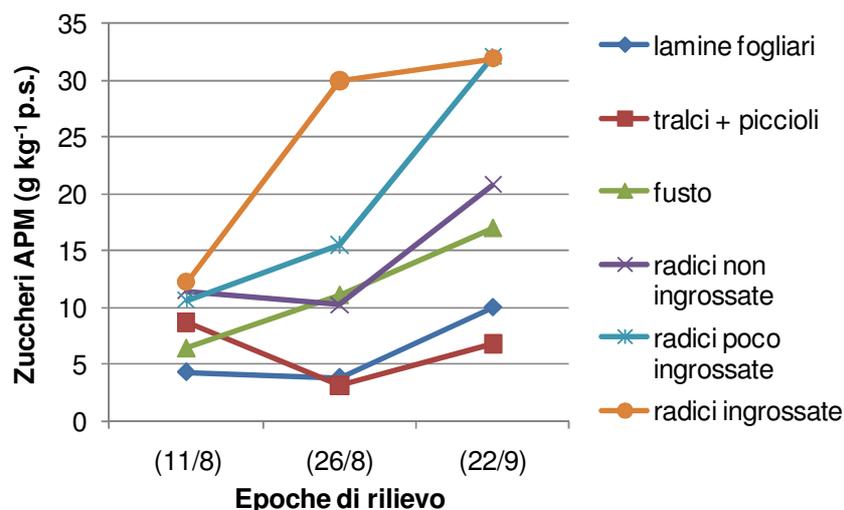


Figura 77 - Diversa influenza delle epoche di rilievo sul contenuto di zuccheri ad alto peso molecolare (Z-APM) nelle parti di pianta (mg kg^{-1} p.s.).

Le interazioni riportate nelle figure 75-76-77 sono significative rispettivamente per $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ e $P \leq 0.05$.

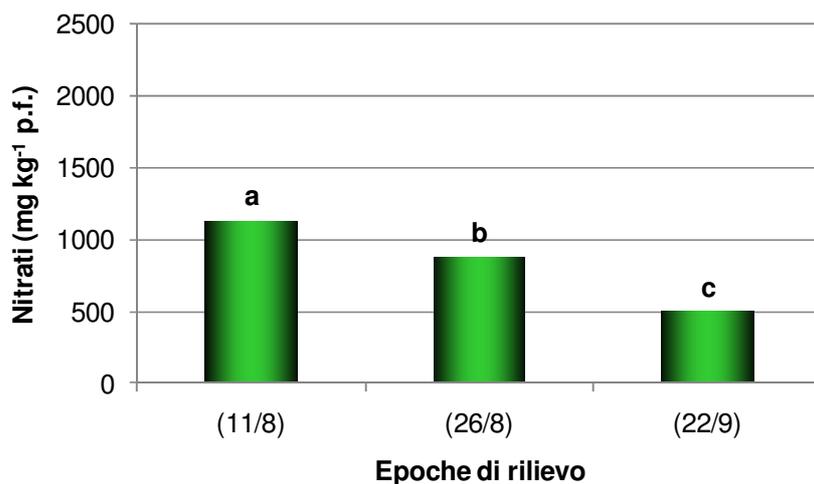


Figura 78 – Contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.f.) nella pianta intera nelle epoche di rilievo.

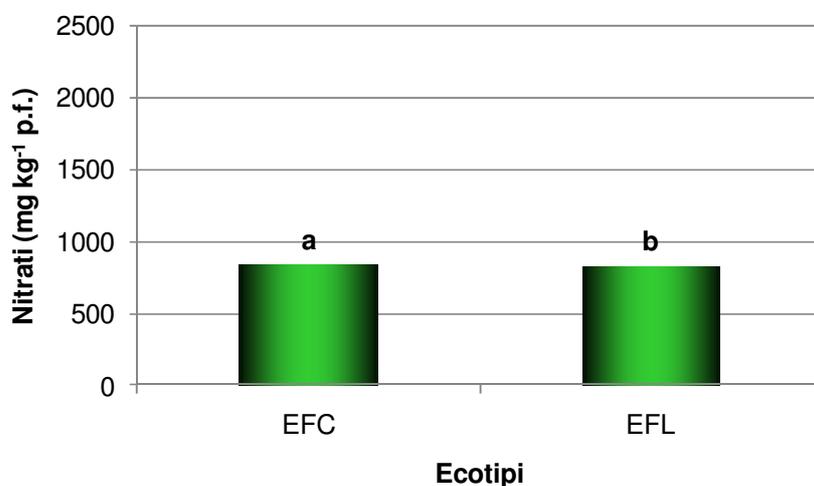


Figura 79 – Contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.f.) nella pianta intera nei due ecotipi considerati.

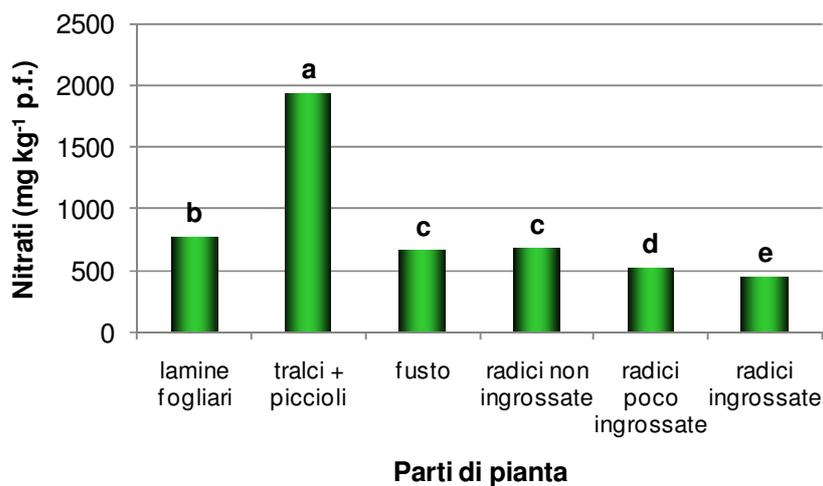


Figura 80 - Contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.f.) nelle parti della pianta.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 78-79-80) differiscono significativamente per $P \leq 0.05$ secondo il Test HSD di Tukey.

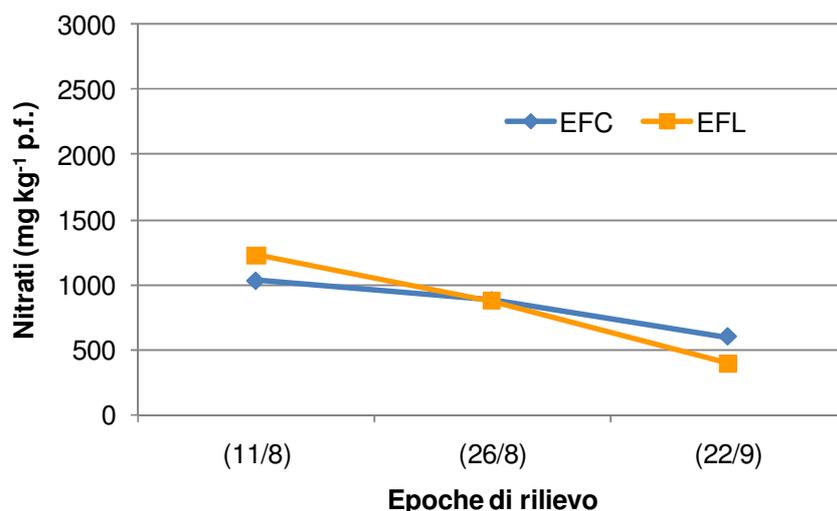


Figura 81 - Diversa influenza degli ecotipi sul contenuto nitrati (mg kg^{-1} p.f.) nelle epoche di rilievo.

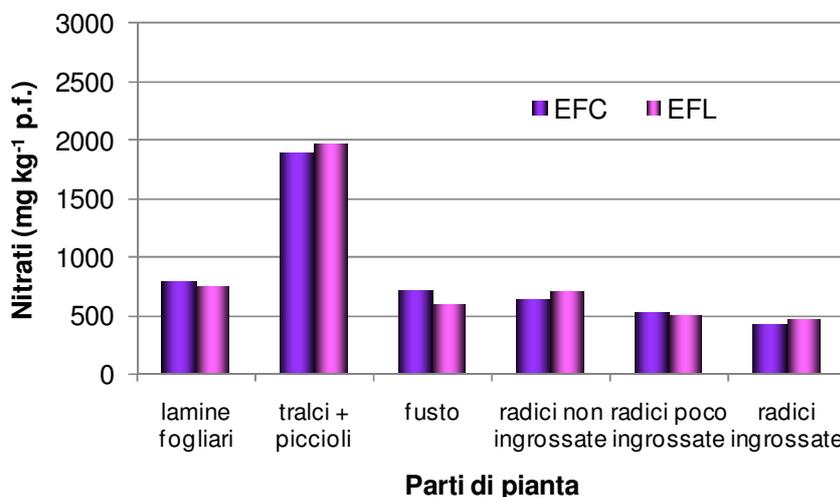


Figura 82 - Diversa influenza dei due ecotipi sul contenuto di nitrati (mg kg^{-1} p.f.) nelle parti di pianta.

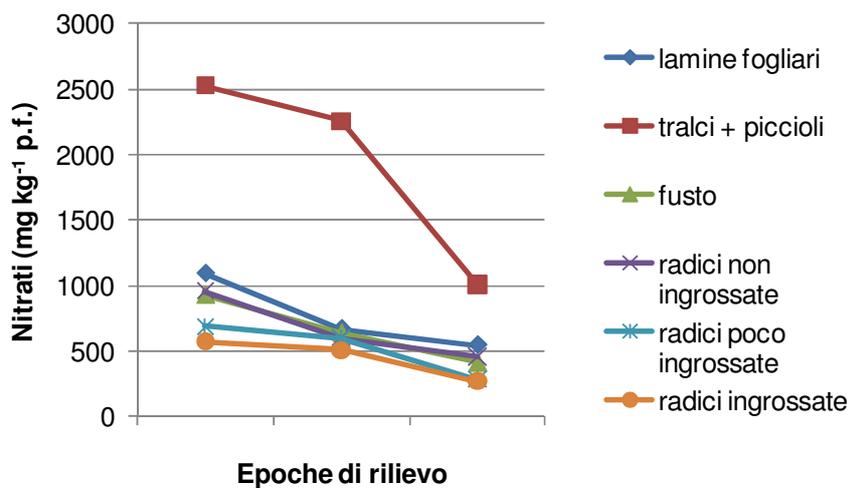


Figura 83 - Diversa influenza delle epoche di rilievo sul contenuto di nitrati (mg kg^{-1} p.f.) nelle parti di pianta.

Le interazioni riportate nelle figure 81-82-83 sono significative rispettivamente per $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ e $P \leq 0.05$.

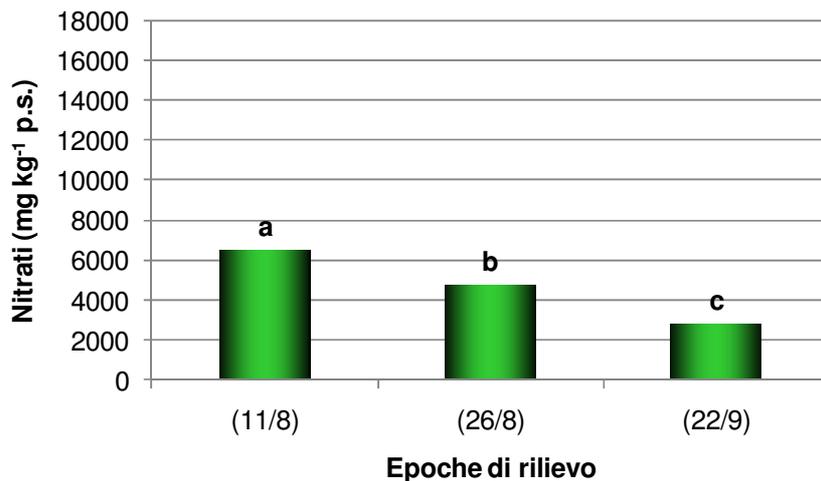


Figura 84 - Contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.s.) nella pianta intera nelle epoche di rilievo.

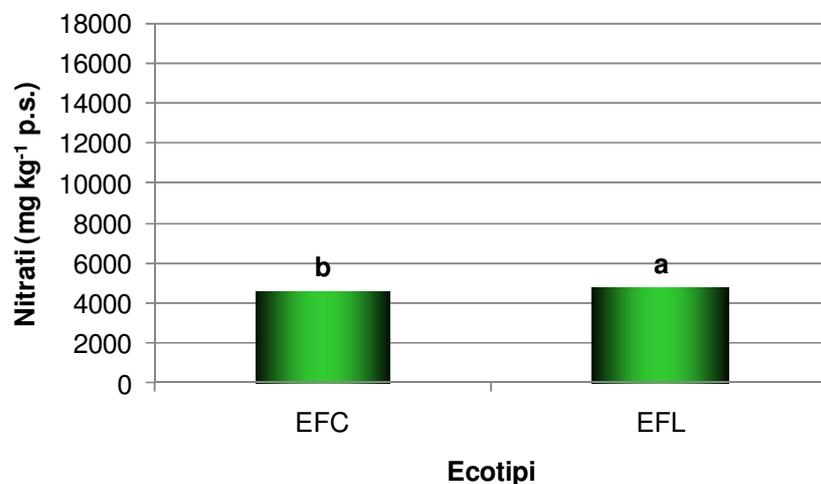


Figura 85 - Contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.s.) nella pianta intera nei due ecotipi considerati.

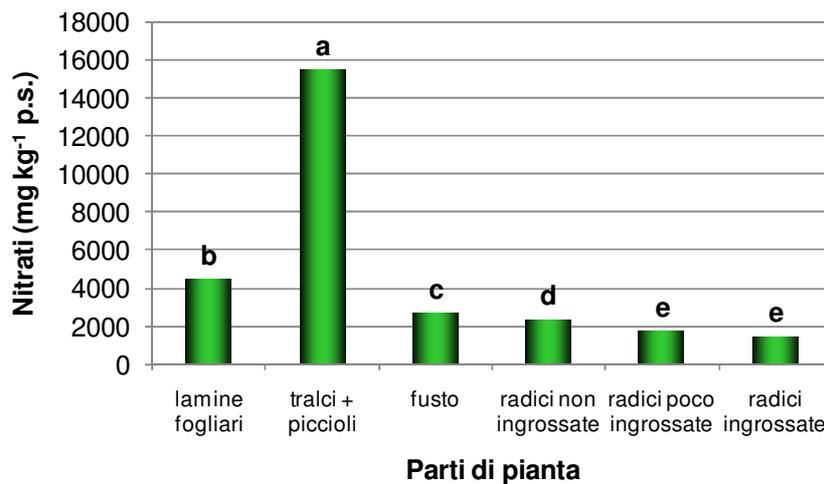


Figura 86 – Contenuto di nitrati (mg kg⁻¹ p.s.) nelle parti della pianta.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 84-85-86) differiscono significativamente per $P \leq 0.05$ secondo il Test HSD di Tukey.

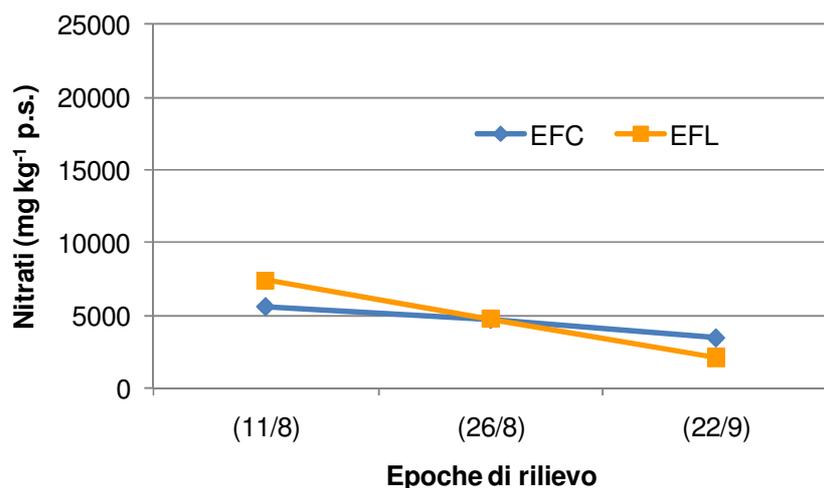


Figura 87 - Diversa influenza degli ecotipi sul contenuto nitrati (mg kg^{-1} p.s.) nelle epoche di rilievo.

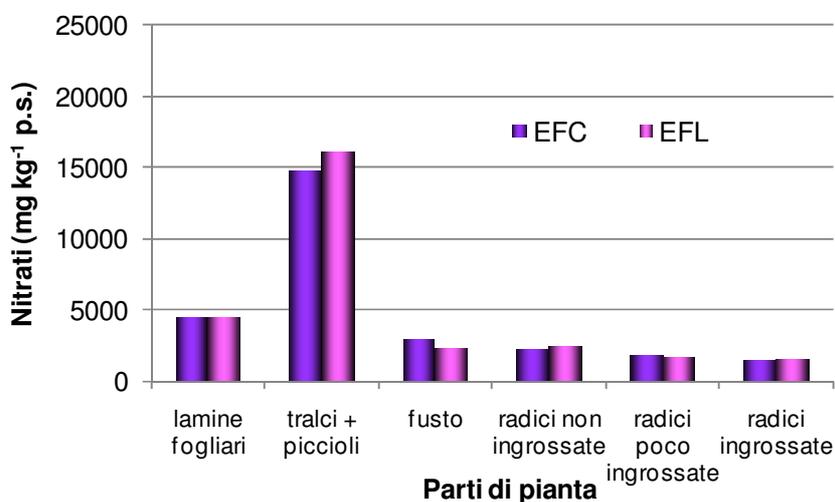


Figura 88 - Diversa influenza dei due ecotipi sul contenuto di nitrati (mg kg^{-1} p.s.) nelle parti di pianta.

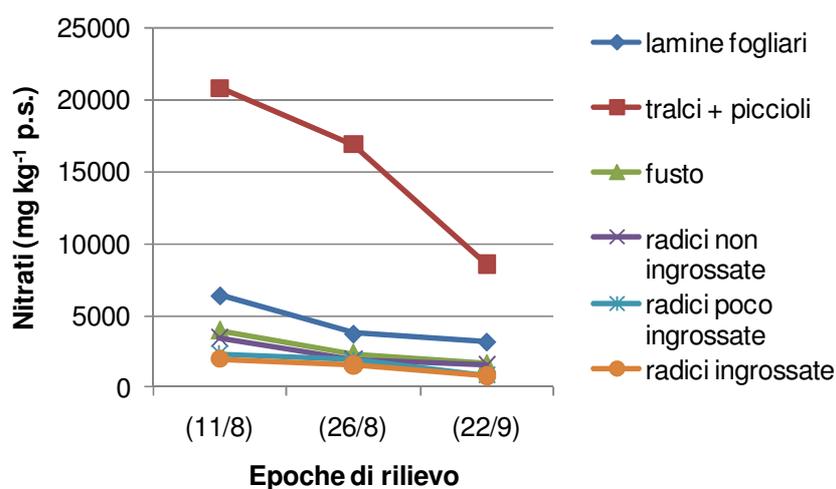


Figura 89 - Diversa influenza delle epoche di rilievo sul contenuto di nitrati (mg kg^{-1} p.s.) nelle parti di pianta.

Le interazioni riportate nelle figure 87-88-89 sono significative rispettivamente per $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ e $P \leq 0.05$.

Patata dolce: tabelle e figure

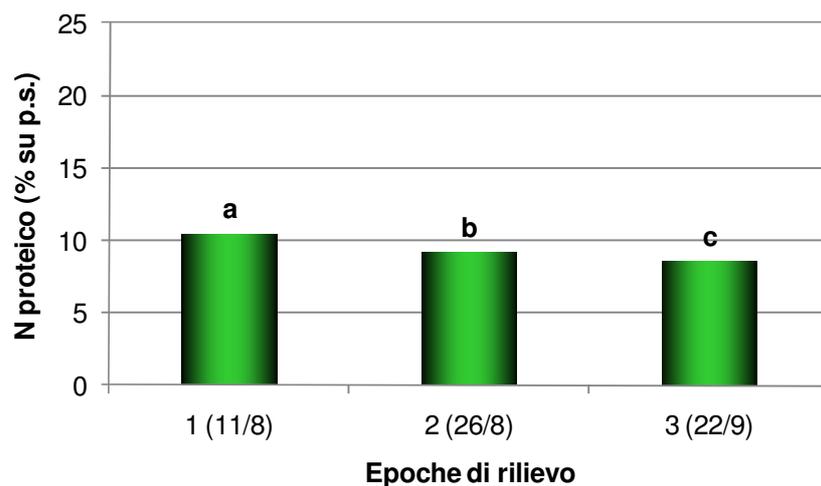


Figura 90 - Contenuto di azoto proteico (% su p.s.) nella pianta intera nelle epoche di rilievo.

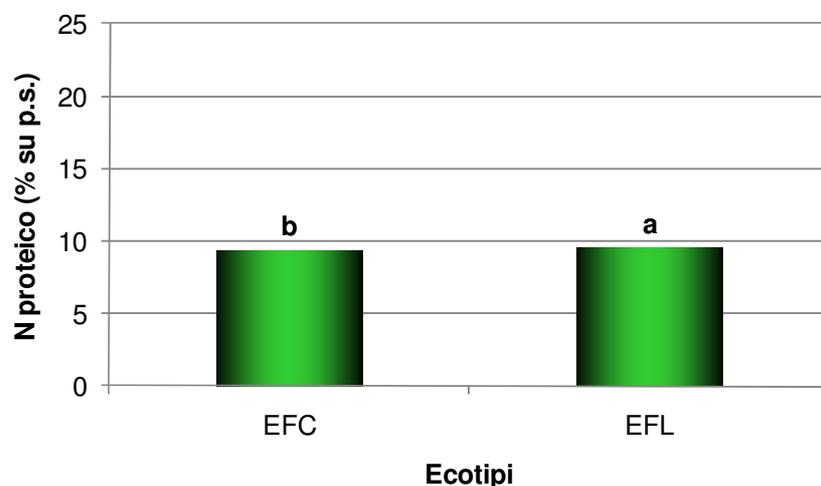


Figura 91 - Contenuto di azoto proteico (% su p.s.) nella pianta intera nei due ecotipi considerati.

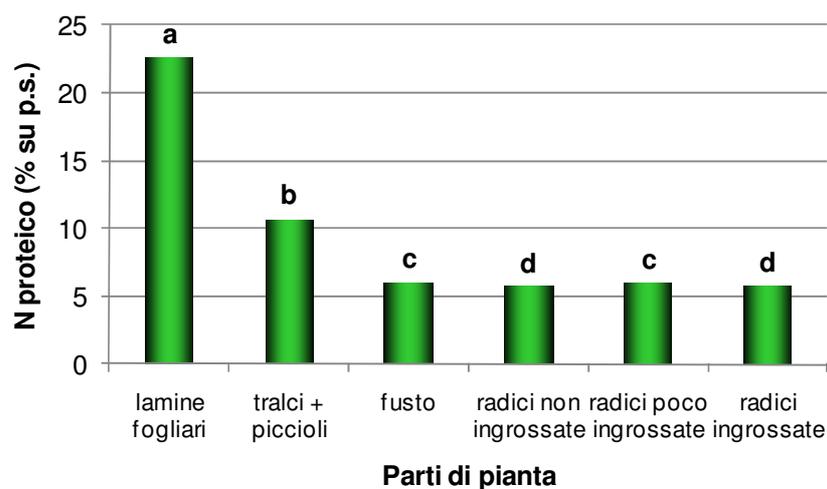


Figura 92 - Contenuto di azoto proteico (% su p.s.) nelle parti della pianta.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 90-91-92) differiscono significativamente per $P \leq 0.01$ secondo il Test HSD di Tukey.

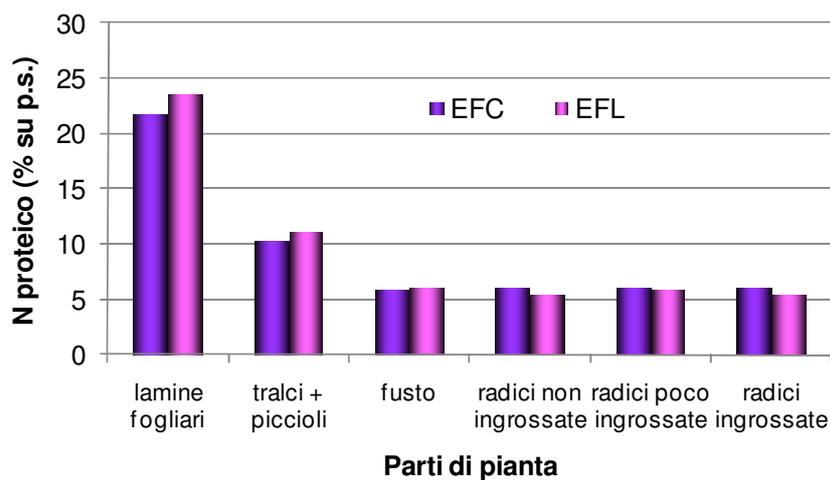


Figura 93 - Diversa influenza dei due ecotipi sul contenuto di azoto proteico (% su p.s.) nelle parti di pianta.

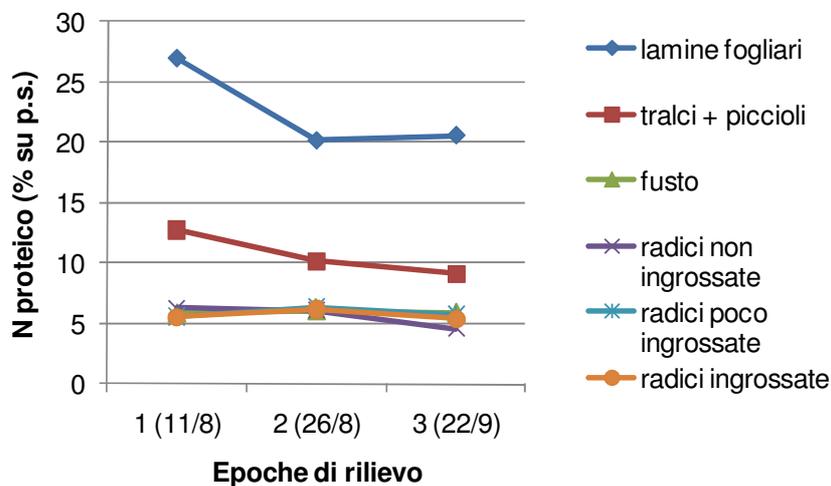


Figura 94 - Diversa influenza delle epoche di rilievo sul contenuto di azoto proteico (% su p.s.) nelle parti di pianta.

Le interazioni riportate nelle figure 93-94 sono significative rispettivamente per $P \leq 0.01$ e $P \leq 0.05$.

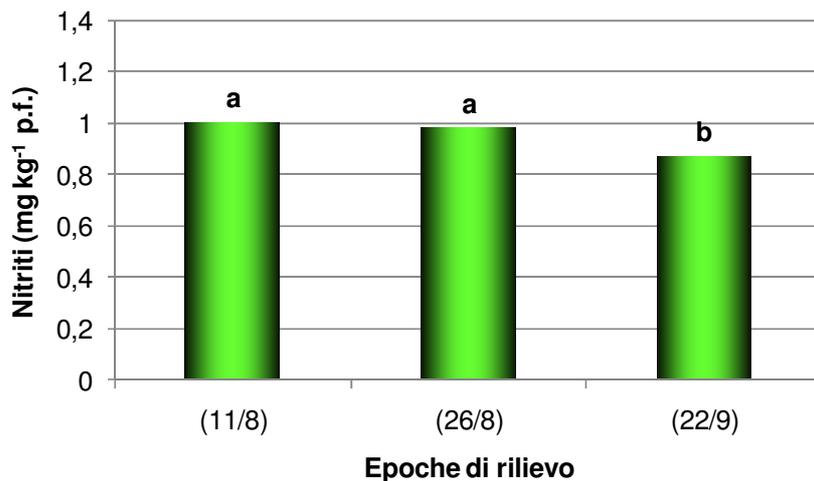


Figura 95 - Contenuto di nitriti (mg kg⁻¹ p.f.) nella pianta intera nelle epoche di rilievo.

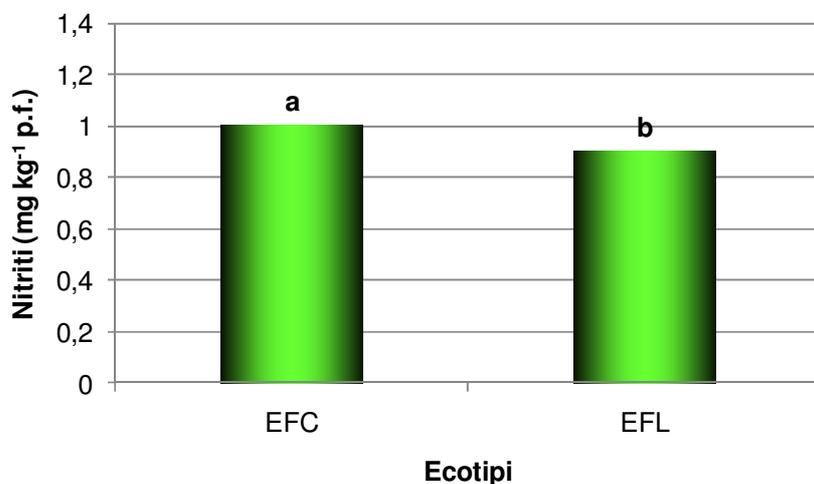


Figura 96 – Contenuto di nitriti (mg kg⁻¹ p.f.) nella pianta intera nei due ecotipi considerati.

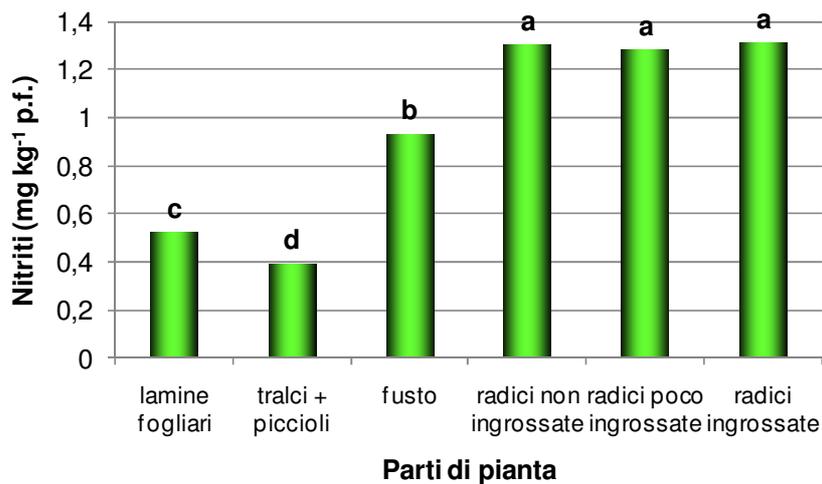


Figura 97 – Contenuto di nitriti (mg kg⁻¹ p.f.) nelle parti della pianta.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 95-96-97) differiscono significativamente per $P \leq 0.01$ secondo il Test HSD di Tukey.

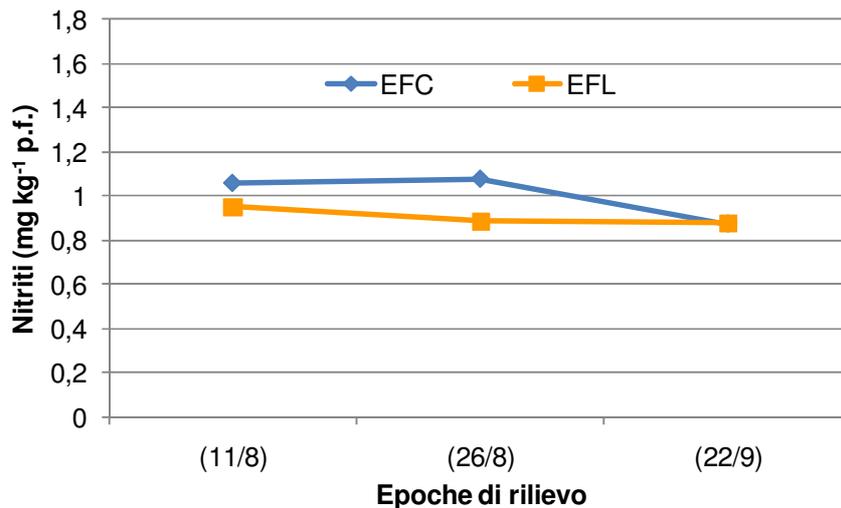


Figura 98 – Diversa influenza degli ecotipi sul contenuto nitriti (mg kg^{-1} p.f.) nelle epoche di rilievo.

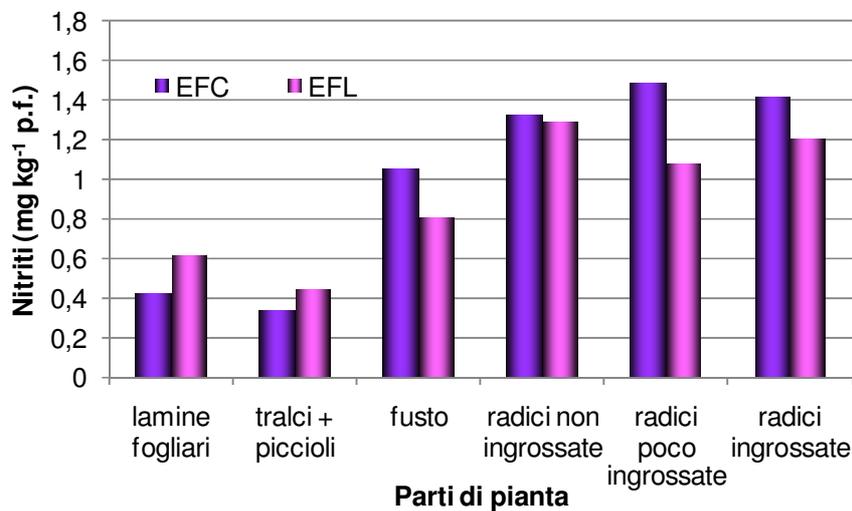


Figura 99 - Diversa influenza dei due ecotipi sul contenuto di nitriti (mg kg^{-1} p.f.) nelle parti di pianta.

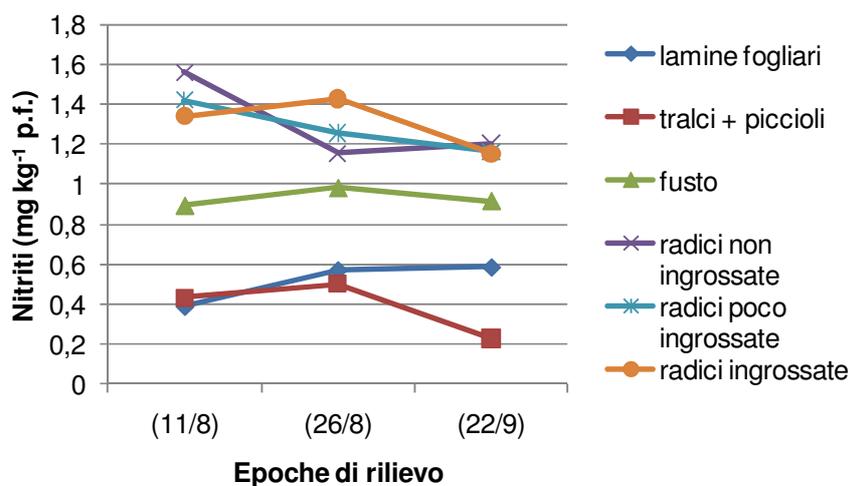


Figura 100 - Diversa influenza delle epoche di rilievo sul contenuto di nitriti (mg kg^{-1} p.f.) nelle parti di pianta.

Le interazioni riportate nelle figure 98-99-100 sono significative rispettivamente per $P \leq 0.01$, $P \leq 0.01$ e $P \leq 0.05$.

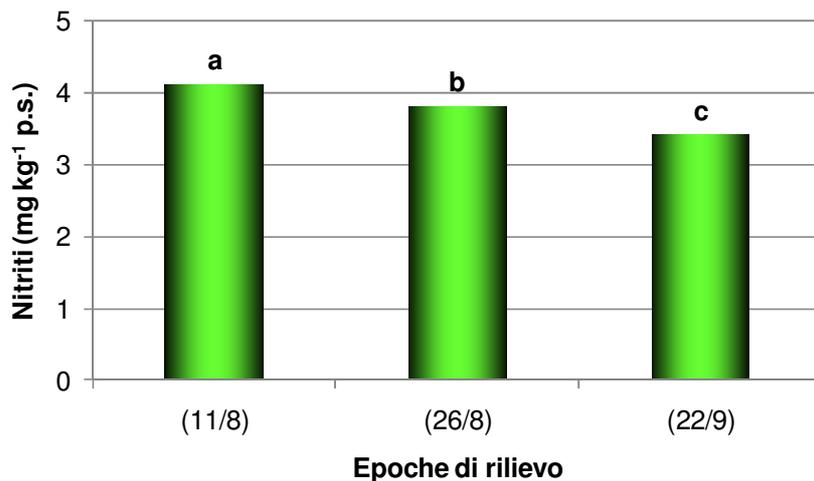


Figura 101 – Contenuto di nitriti (mg kg⁻¹ p.s.) nella pianta intera nelle epoche di rilievo.

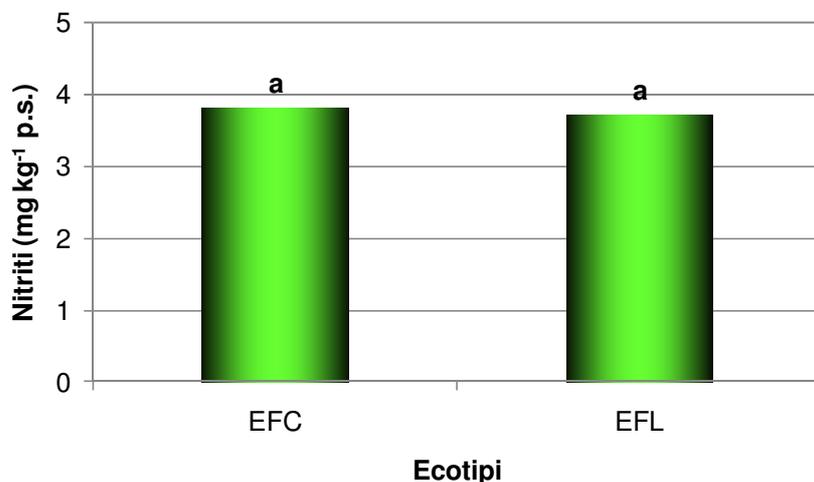


Figura 102 – Contenuto di nitriti (mg kg⁻¹ p.s.) nella pianta intera nei due ecotipi considerati.

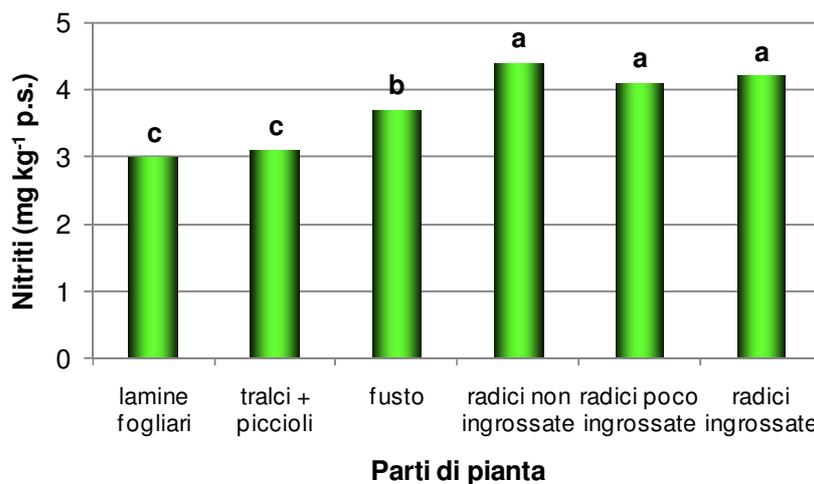


Figura 103 – Contenuto di nitriti (mg kg⁻¹ p.s.) nelle parti della pianta.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 101-102-103) differiscono significativamente per $P \leq 0.01$ secondo il Test HSD di Tukey.

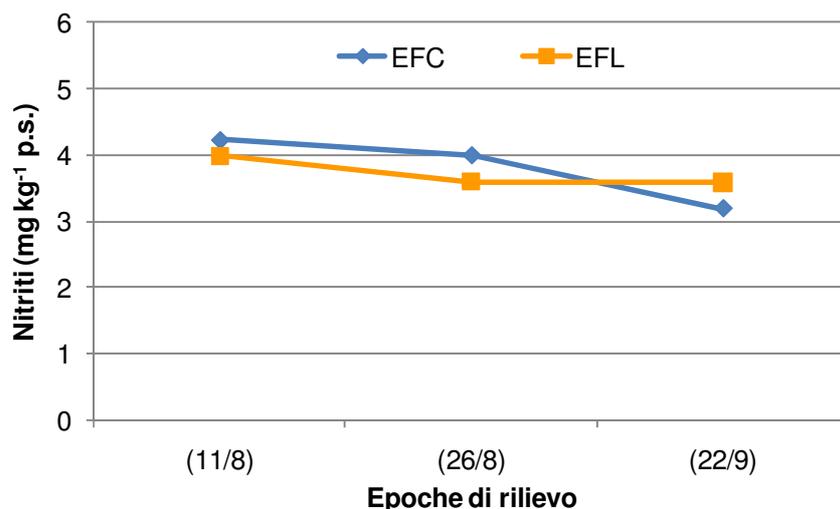


Figura 104 – Diversa influenza degli ecotipi sul contenuto nitriti (mg kg^{-1} p.s.) nelle epoche di rilievo.

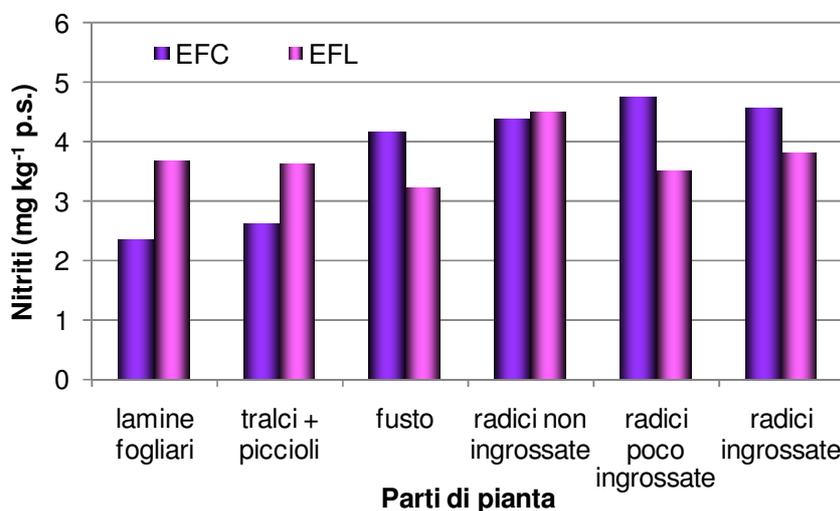


Figura 105 - Diversa influenza dei due ecotipi sul contenuto di nitriti (mg kg^{-1} p.s.) nelle parti di pianta.

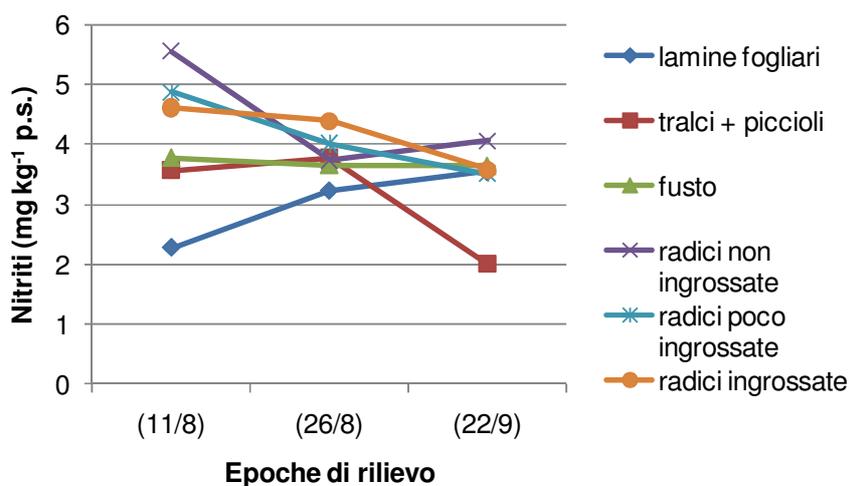


Figura 106 – Diversa influenza delle epoche di rilievo sul contenuto di nitriti (mg kg^{-1} p.s.) nelle parti di pianta.

Le interazioni riportate nelle figure 104-105-106 sono significative rispettivamente per $P \leq 0.01$, $P \leq 0.01$ e $P \leq 0.05$.

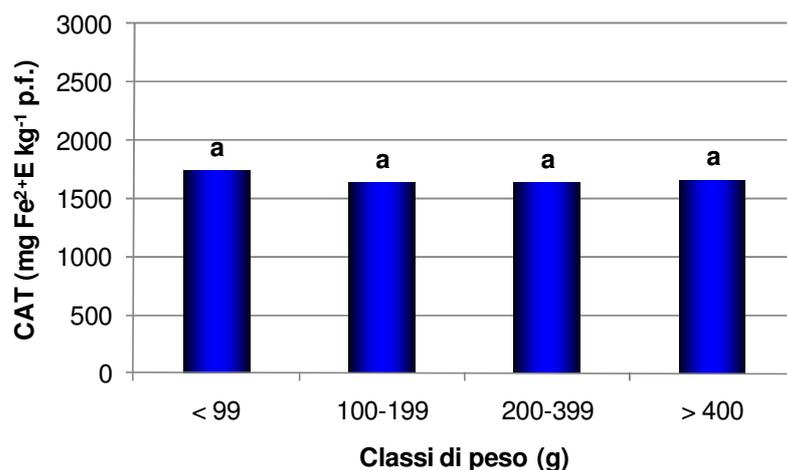


Figura 107 – Capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nelle classi di peso (g) considerate.

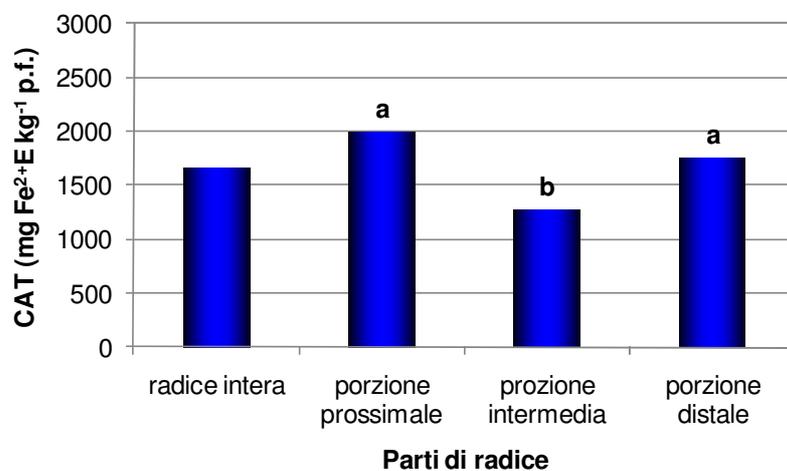


Figura 108 – Capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nella radice intera e nelle sue porzioni.

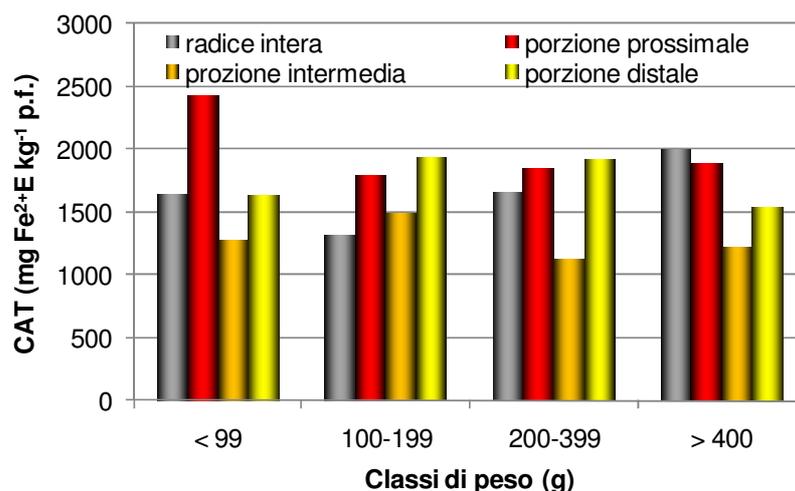


Figura 109 – Diversa influenza delle classi di peso (g) sulla capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nella radice intera e nelle sue porzioni.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 107-108) differiscono significativamente per $P \leq 0.01$ secondo il Test HSD di Tukey. L'interazione riportata nella figura 109 è significativa per $P \leq 0.01$.

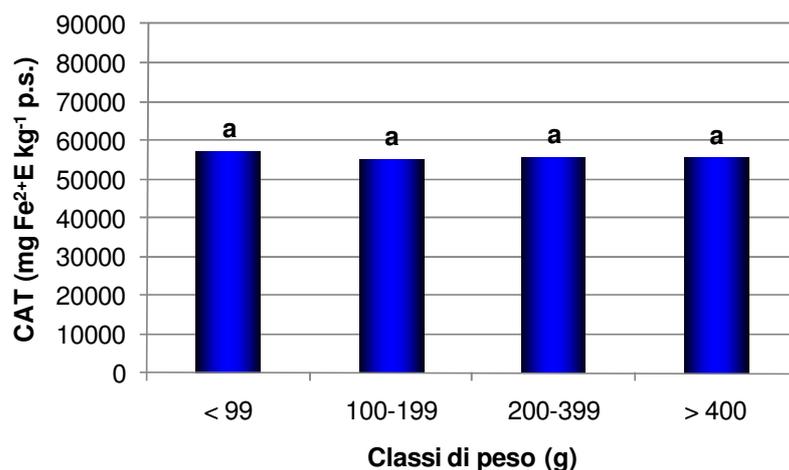


Figura 110 – Capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nelle classi di peso (g) considerate.

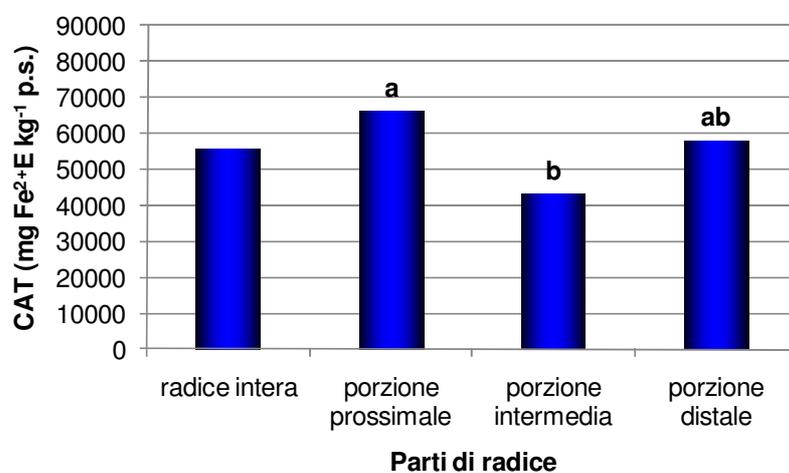


Figura 111 – Capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nella radice intera e nelle sue porzioni.

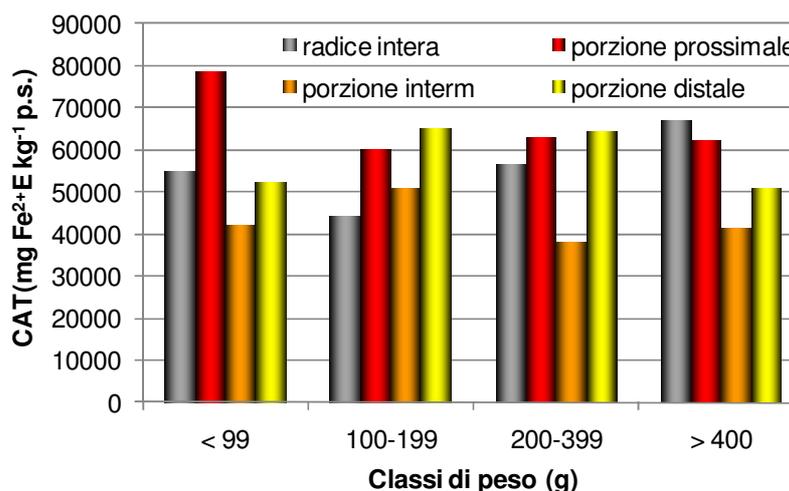


Figura 112 – Diversa influenza delle classi di peso (g) sulla capacità antiossidasica totale (CAT) (mg Fe²⁺E kg⁻¹ p.f.) nella radice intera e nelle sue porzioni.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 110-111) differiscono significativamente per $P \leq 0.01$ secondo il Test HSD di Tukey. L'interazione riportata nella figura 112 è significativa per $P \leq 0.01$.

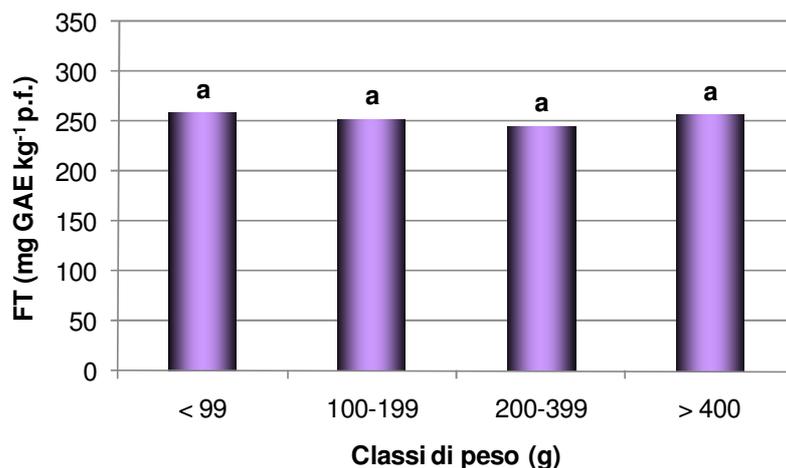


Figura 113 – Contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.f.) nelle classi di peso (g) considerate.

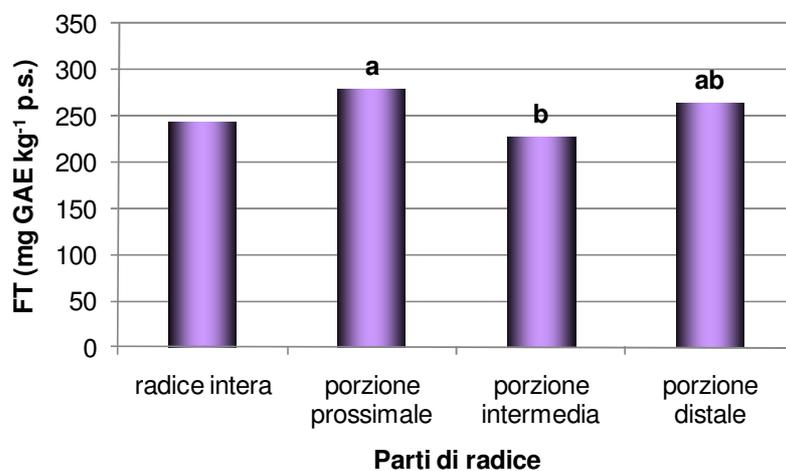


Figura 114 – Contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.f.) nella radice intera e nelle sue porzioni.

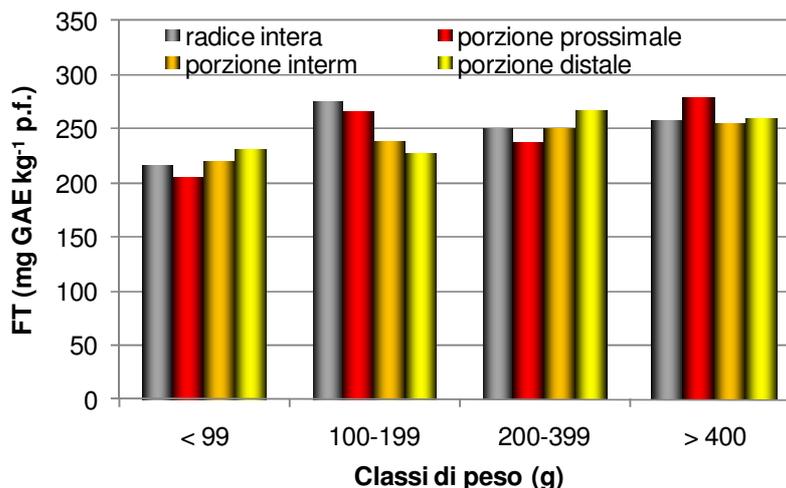


Figura 115 – Diversa influenza delle classi di peso (g) sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.f.) nella radice intera e nelle sue porzioni.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 113-114) differiscono significativamente per $P \leq 0.05$ secondo il Test HSD di Tukey. L'interazione riportata nella figura 115 è significativa per $P \leq 0.05$.

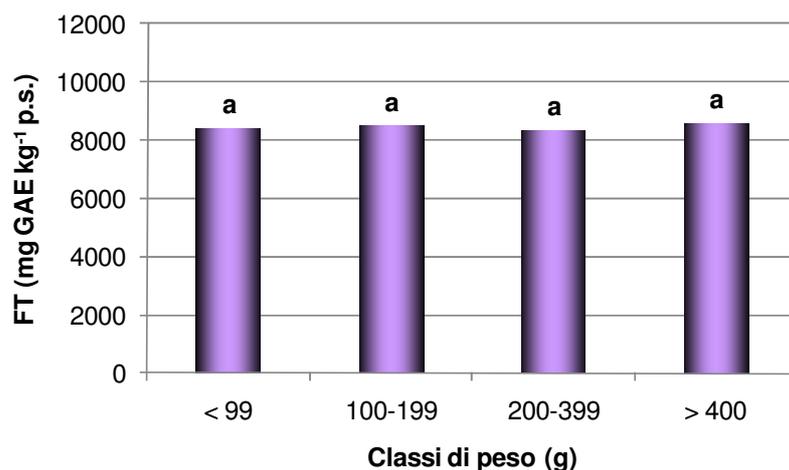


Figura 116 – Contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.) nelle classi di peso (g) considerate.

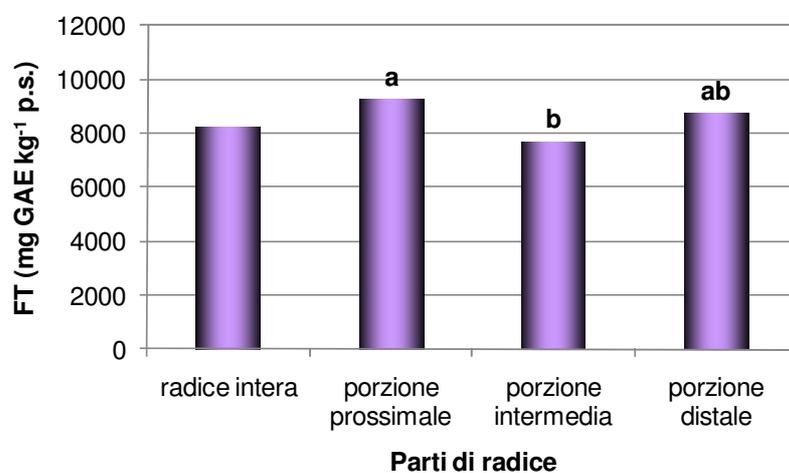


Figura 117 - Contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.) nella radice intera e nelle sue porzioni.

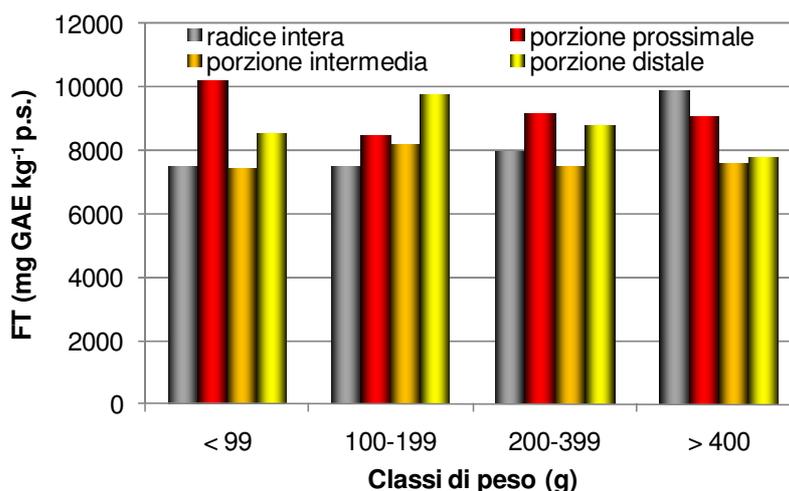


Figura 118 – Diversa influenza delle classi di peso (g) sul contenuto di fenoli totali (FT) (mg GAE kg⁻¹ p.s.) nella radice intera e nelle sue porzioni.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 116-117) differiscono significativamente per $P \leq 0.05$ secondo il Test HSD di Tukey. L'interazione riportata nella figura 118 è significativa per $P \leq 0.05$.

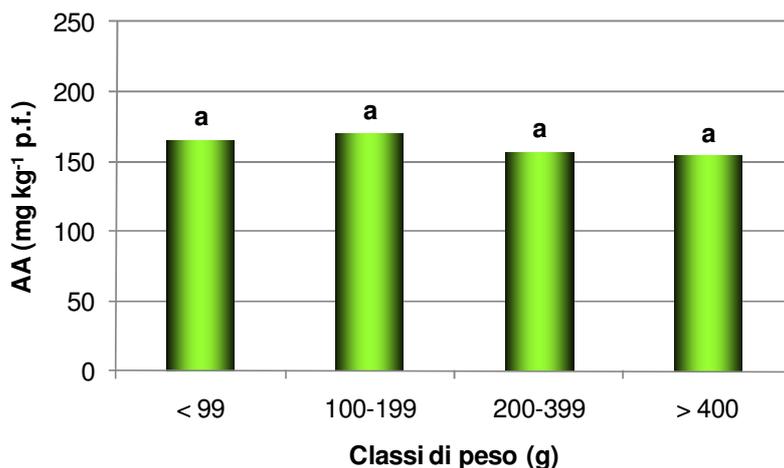


Figura 119 – Contenuto di acido ascorbico (AA) (mg kg⁻¹ p.f.) nelle classi di peso (g) considerate.

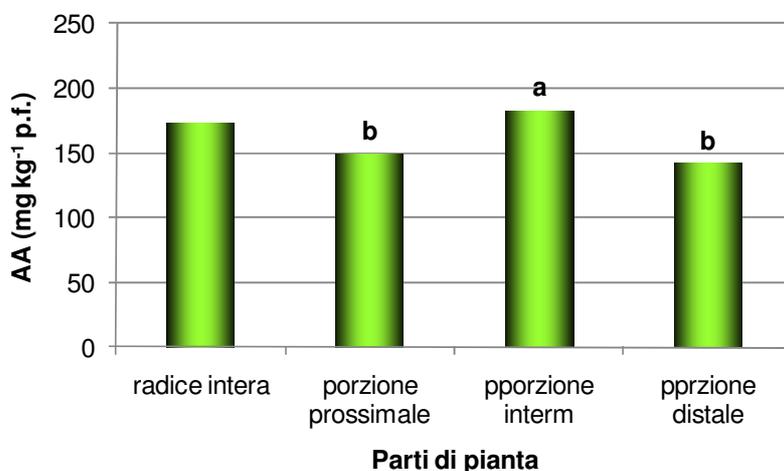


Figura 120 – Contenuto di acido ascorbico (AA) (mg kg⁻¹ p.f.) nella radice intera e nelle sue porzioni.

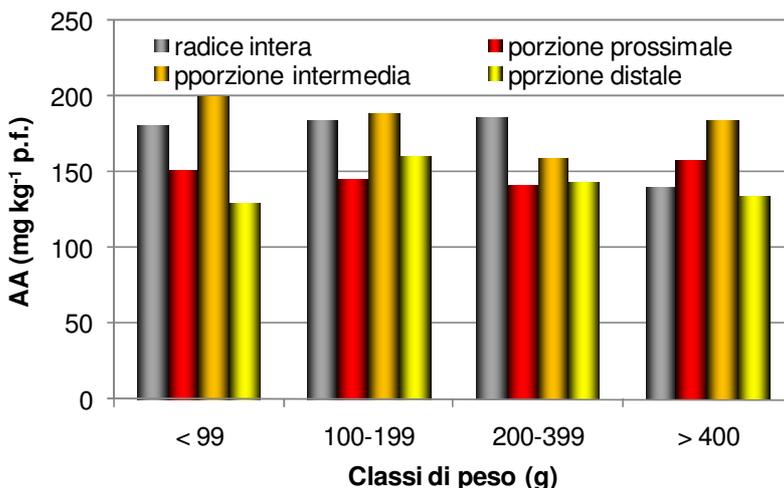


Figura 121 – Diversa influenza delle classi di peso (g) sul contenuto di acido ascorbico (AA) (mg kg⁻¹ p.f.) nella radice intera e nelle sue porzioni.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 119-120) differiscono significativamente per $P \leq 0.05$ secondo il Test HSD di Tukey. L'interazione riportata nella figura 121 è significativa per $P \leq 0.05$.

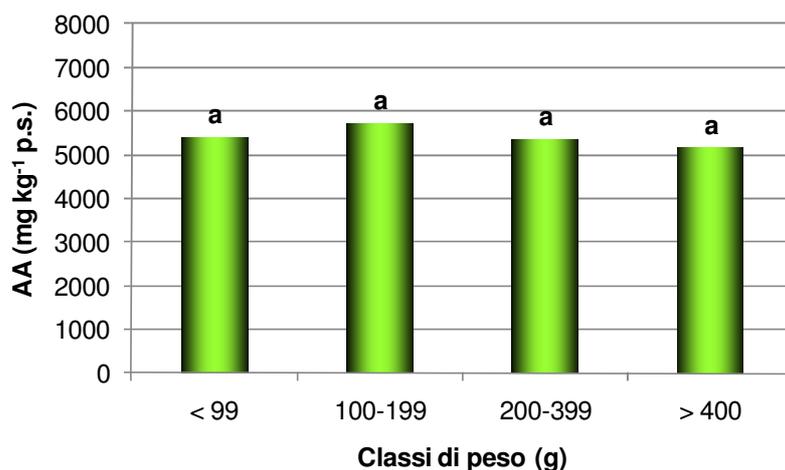


Figura 122 – Contenuto di acido ascorbico (AA) (mg kg^{-1} p.s.) nelle classi di peso (g) considerate.

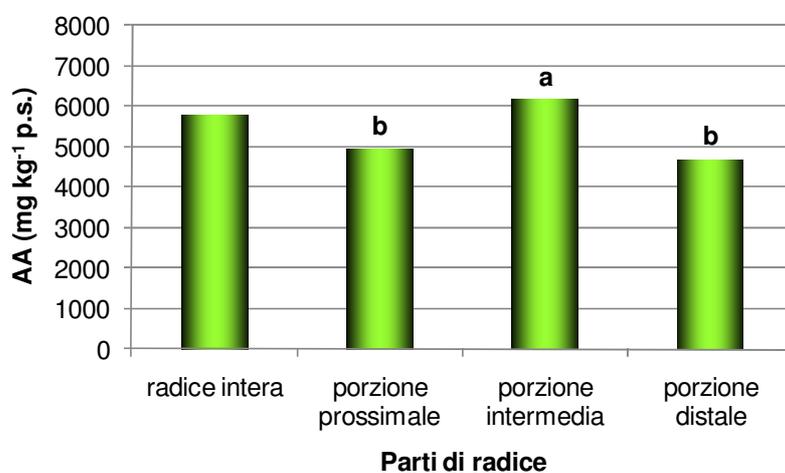


Figura 123 - Contenuto di acido ascorbico (AA) (mg kg^{-1} p.s.) nella radice intera e nelle sue porzioni.

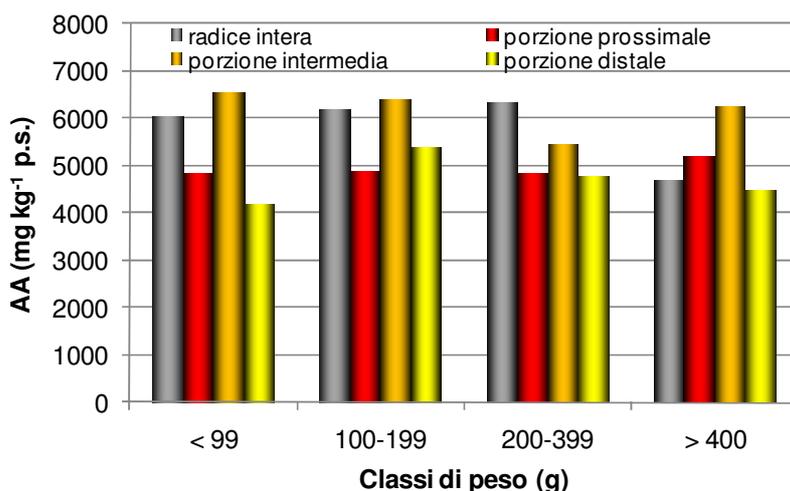


Figura 124 - Diversa influenza delle classi di peso (g) sul contenuto di acido ascorbico (AA) (mg kg^{-1} p.s.) nella radice intera e nelle sue porzioni.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 122-123) differiscono significativamente per $P \leq 0.01$ secondo il Test HSD di Tukey. L'interazione riportata nella figura 124 è significativa per $P \leq 0.01$.

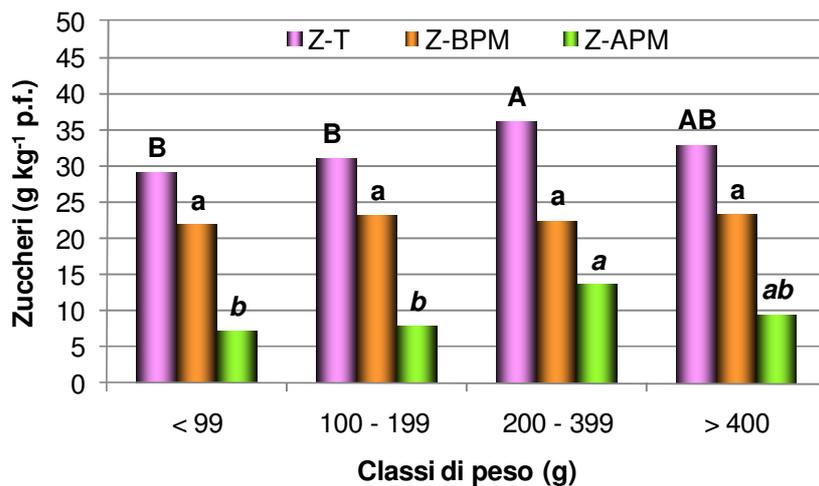


Figura 125 – Contentuo di zuccheri totali (Z-T), a basso peso molecolare (Z-BPM) e ad alto peso molecolare (Z-APM) nelle classi di peso (g) considerate.

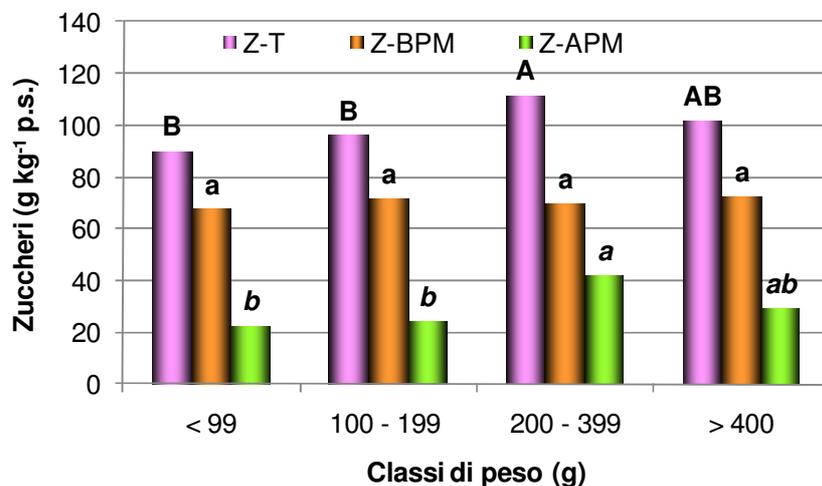


Figura 126 – Contentuo di zuccheri totali (Z-T), a basso peso molecolare (Z-BPM) e ad alto peso molecolare (Z-APM) nelle classi di peso (g) considerate.

I valori delle colonne senza alcuna lettera in comune (Figg. 125-126) differiscono significativamente per $P \leq 0.01$ secondo il Test HSD di Tukey.