



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

SCUOLA DI DOTTORATO DI RICERCA IN
SCIENZE DELLE PRODUZIONI VEGETALI
INDIRIZZO AGRONOMIA AMBIENTALE - CICLO XXI
Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali

***PROVE DI DOMESTICAZIONE DI *Cicerbita alpina* (L.) WALLR.
E COMPOSIZIONE CHIMICA DEI GERMOGLI***

Direttore della Scuola : Ch.mo Prof. Andrea Battisti

Supervisore : Ch.ma Dott.^{ssa} Carla Vender

Dottorando : Pietro Fusani

DATA CONSEGNA TESI

02 febbraio 2009

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.

Pietro Fusani, 02 febbraio 2009

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.

Pietro Fusani, 02 febbraio 2009

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

Indice

Indice	4
Riassunto	7
Summary	8
Capitolo I	9
Generalità	9
Cenni di botanica ed ecologia della specie.....	11
Raccolta spontanea ed utilizzo alimentare	16
Commercializzazione del prodotto ed aspetti legislativi.....	18
Capitolo II	21
Sperimentazione agronomica di campo	21
Introduzione	23
Studi precedenti e correlati con il presente.....	23
Motivazioni.....	24
Obiettivi.....	24
Ambito di lavoro	25
Materiali e metodi	26
Prima prova sperimentale: “Effetti dell’anno di raccolta sulla resa in germogli e sullo sviluppo delle piante”	26
Seconda prova sperimentale: “Confronto fra tre accessioni coltivate in due località poste a differente altitudine”	32
Risultati	38
Risultati della prima prova sperimentale.....	38
Rese nei tre anni di prova.....	38
Rese cumulate nei singoli prelievi	46
Caratteristiche morfologiche dei germogli nei singoli prelievi	50
Sviluppo delle piante.....	53
Risultati della seconda prova sperimentale	56
Discussione	58
Discussione dei risultati della prima prova sperimentale.....	58

Discussione dei risultati della seconda prova sperimentale	60
Capitolo III	61
Analisi chimiche di laboratorio.....	61
<i>Introduzione</i>	<i>63</i>
Studi precedenti	63
Motivazioni	63
Obiettivi	64
Ambito di lavoro.....	64
<i>Materiali e metodi.....</i>	<i>65</i>
Materiale vegetale.....	65
Estrazione.....	65
Reagenti	66
Analisi cromatografiche.....	66
Elaborazione statistica	67
<i>Risultati</i>	<i>68</i>
<i>Discussione.....</i>	<i>73</i>
<i>Conclusioni.....</i>	<i>75</i>
Conclusioni della sperimentazione agronomica.....	75
Conclusioni delle analisi chimiche.....	75
Ricadute pratiche e possibilità applicative.....	76
<i>Bibliografia.....</i>	<i>77</i>

Riassunto

Il presente studio ha come oggetto prove di domesticazione di *Cicerbita alpina* (L.) Wallr. (Asteraceae) e la caratterizzazione chimica dei suoi germogli. La specie, erbacea perenne, è diffusa sull'intero Arco Alpino, ed i germogli, che ne costituiscono il prodotto edule, sono attualmente soggetti a raccolta spontanea in alcune zone del Nord-Est d'Italia. La domesticazione è stata attuata mettendo a coltura piante di tre accessioni ottenute da seme raccolto in natura. Al termine di quattro anni di osservazione, le rese cumulate più elevate sono state ottenute iniziando la raccolta al secondo ed al terzo anno dall'impianto. La raccolta effettuata per tre anni consecutivi mediante quattro prelievi all'anno ha ridotto le capacità produttive e di sopravvivenza delle piante, inoltre i germogli raccolti nel quarto prelievo hanno mostrato caratteristiche morfologiche meno adatte al consumo. Piante coltivate a 1500 m s.l.m. sono risultate più produttive e maggiormente sviluppate di quelle coltivate a 1000 m s.l.m. Tra le accessioni in prova una si è distinta per produrre i germogli più pesanti. Riguardo la loro composizione chimica, i germogli di quattro accessioni, le tre coltivate ed una spontanea, sono stati analizzati tramite HPLC-DAD. In tal modo sono stati identificati e quantificati cinque derivati dell'acido caffeico ed un sesquiterpenlattone derivato dalla lattucina, costituente il principale composto amaro della specie. E' stata osservata un'ampia variabilità tra i campioni appartenenti alla stessa accessione nel contenuto dei vari composti; ciònonostante, l'accessione spontanea si è distinta da due delle coltivate per un più alto contenuto in due acidi fenolici. I quantitativi dei diversi acidi fenolici sono risultati positivamente correlati tra loro, mentre non è risultata alcuna correlazione tra questi ed il sesquiterpenlattone. In conclusione, *C. alpina* può essere coltivata a partire da seme, ad altitudini non inferiori a 1000 m s.l.m., eseguendo preferibilmente tre prelievi per anno a partire dal secondo anno dall'impianto. Le rese ottenute nelle prove sperimentali, pari a 9 kg 100 m⁻² in peso fresco, avvalorano la possibilità di coltivare la specie come integrazione al reddito di aziende agricole di montagna in grado di trasformare in proprio il prodotto. I suoi germogli sono una ricca fonte di derivati dell'acido caffeico, dalle note proprietà antiossidanti, e l'ampia variabilità del loro contenuto rilevata fra le piante saggiate fa presumere che, attraverso un programma di miglioramento, si potrebbe ottenere una cultivar ricca in sostanze antiossidanti e con un livello moderato di composti amari.

Summary

The object of this study is the domestication of *Cicerbita alpina* (L.) Wallr. (Asteraceae) and the assessment of the chemical composition of its shoots. The species is a perennial herb distributed on the entire Alpine Arc, and its shoots, which are the edible part, are currently submitted to wild harvesting in several areas of North-East of Italy. Domestication consisted in growing plants of three accessions obtained by seed collected in the wild. The experimental practice of harvesting the shoots consisted in four samplings per year, carried out once a week for a month. At the end of four years of trials, the highest yields were obtained by starting the harvest on the second and on the third year from planting, but the practice of shoots harvesting compromised the productive and surviving capacities of plants; furthermore, shoots harvested on the fourth sampling showed the worst morphologic characteristics for consumption. Plants cultivated at 1500 m a.s.l. were more productive and more developed than those at 1000 m a.s.l. One accession differed from the others for producing heavier shoots. Regarding their chemical composition, shoots from four different accessions, the three cultivated ones and one collected in the wild, were analyzed by HPLC-DAD. Five phenolic acids derivatives of the caffeic acid and one sesquiterpene lactone glucoside derivative of lactucin, the main bitter compound of the species, were identified and quantified. Pronounced variability in the content of all compounds was observed within samples from the same accession; nevertheless, samples collected from the wild population differed from two of the cultivated ones in the contents of two phenolic acids. A positive correlation was observed between the caffeic acid derivatives, while no correlation existed between the phenolic compounds and the sesquiterpene lactone. We conclude that it is possible to cultivate *C. alpina* starting by seed, at altitudes not lower than 1000 m a.s.l., starting to harvest the shoots on the second year from planting, preferably carrying out three samplings per year. The yields obtained in the experimental trials, equal to 9 kg 100 m⁻² fresh weight, justify the opportunity of growing the species and processing the shoots by the farmers of the interested zones in order to increase their income. The edible shoots of the species contain large amounts of antioxidant caffeic acid derivatives, whose antioxidant properties are largely acknowledged, and the observed variability within the species offers opportunities to start a breeding program finalized to obtain a cultivar rich in antioxidants and with moderate levels of bitter compounds.

Capitolo I

Generalità

Cenni di botanica ed ecologia della specie

Riguardo all'inquadramento sistematico, secondo Pignatti (1982), *Cicerbita alpina* (L.) Wallr. appartiene alla famiglia delle Compositae (attualmente Asteraceae), sottofamiglia Liguliflorae o Cichorioideae, e all'interno di questa, al gruppo delle Liguliflore, piante con fiori tutti ligulati, generalmente laticifere. Allo stesso gruppo appartengono, tra gli altri, i generi *Lactuca* e *Cichorium*. Il sinonimo riportato dallo stesso autore è *Mulgedium alpinum* Lessing, il cui nome deriva dal latino *mulgere*, cioè mungere, perché pianta ricca di lattice (Dalla Fior, 1969). Sell (1976), che ne offre lo stesso inquadramento sistematico, riporta come ulteriore sinonimo quello di *Sonchus alpinus* L. . L'inquadramento sistematico del genere *Cicerbita* Wallr. è stato discusso in passato (Koopman *et al.*, 1998) ed è attualmente in fase di revisione da parte di alcuni autori (Fisher *et al.*, 2008), secondo i quali la specie *C. alpina* apparterebbe al genere *Lactuca*, assumendo il binomio latino *Lactuca alpina* (L.) A. Gray. Nel presente studio, ci riferiamo ad un inquadramento sistematico secondo cui *C. alpina* appartiene, all'interno della famiglia delle Asteraceae, alla tribù delle Lactuceae, subtribù Lactucineae (Bremer, 1994).

C. alpina è una pianta erbacea perenne, emicriptofita. Presenta un rizoma obliquo senza stoloni, da cui al risveglio primaverile si schiudono i germogli che danno origine a fusti ascendenti, tubulosi, con setole rivolte verso il basso, che assumono in alto un aspetto ramoso-corimbo e sono densamente coperti di ghiandole stipitate purpuree. Le foglie inferiori sono pennatopartite a contorno spatolato con base auricolata amplessicaule e rachide alato; la lamina presenta il segmento terminale triangolare, acuto, e due paia di grossi denti rivolti verso la base. Le foglie cauline sono ridotte e quasi intere (Pignatti, 1982). Le foglie sono comunque glauche sulla pagina inferiore, mentre la pianta è setolosa-ghiadolosa in alto sul fusto e nell'infiorescenza (Fiori, 1929). Presenta un'infiorescenza paniculata (Sell, 1976) composta da capolini, molto numerosi, recanti involucro subcilindrico e fiori violetti, da cui il nome volgare di "Cicerbita violetta" (Figura 1). L'achenio fusiforme, strozzato all'apice, dove è munito di un orlo cigliolato, è striato, minutamente scabro e provvisto di pappo (Fiori, 1929; Pignatti, 1982). Secondo l'inquadramento sistematico di Pignatti (1982), è il pappo, formato da peli di dimensioni diseguali, a distinguere il genere *Cicerbita* Wallr. dal genere *Lactuca* L., in cui il pappo è formato da peli della stessa lunghezza. Il peso di mille semi è di 1,05 g (Aiello *et al.*, 2005).

La pianta adulta raggiunge nel periodo di fioritura (da Giugno ad Agosto) dimensioni variabili tra i 50 e 150 cm (Dalla Fior, 1969; Pignatti, 1982), fino a 200-250 cm secondo altri autori (Aeschimann *et al.*, 2004; Sell, 1976). E' specie altamente allogama, diploide ($2n=18$) (Yurukova-Grancharova *et al.*, 2003).

Riguardo alla sua origine e diffusione, il genere *Cicerbita* Wallroth comprende a livello mondiale trentacinque specie (Bremer, 1994), delle quali quattro distribuite in Europa: *Cicerbita alpina* (L.) Wallr., *Cicerbita plumieri* (L.) Kirschl., *Cicerbita macrophylla* (Willd.) Wallr., *Cicerbita pancicii* (Vis.) Beauverd (Sell, 1976), le prime due delle quali sono diffuse nell'Arco Alpino (Aeschimann *et al.*, 2004). Considerata europea montana, *C. alpina* è diffusa in Europa in Fennoscandia e nelle principali catene montuose del Sistema Alpino (Aeschimann *et al.*, 2004; Sell, 1976); è inoltre segnalata, come rara, nelle Isole Britanniche (Marren *et al.*, 1986; Long, 2005). In Italia è presente nell'intero Arco Alpino, dove è comune (Pignatti, 1982; Aeschimann *et al.*, 2004), e nell'Appennino settentrionale, dove è segnalata come molto rara (Pignatti, 1982). E' diffusa nel piano sub-alpino, occasionalmente in quello montano (Aeschimann *et al.*, 2004), ovvero ad altitudini comprese tra i 1000 e 2200 m s.l.m. (Pignatti, 1982). In provincia di Trento, esistono numerose segnalazioni storiche da parte di vari autori (Dalla Torre, 1912; Dalla Fior, 1969); più recentemente, secondo la Cartografia Floristica della Provincia di Trento, tutt'ora in compilazione, nel 2006 erano note 270 rilevazioni (Prosser, 2006).

Riguardo all'ecologia della specie, gli indici ecologici riportati da Landolt (1977), relativi alla flora svizzera, la definiscono indicatrice di umidità e di humus, descrivendola più frequente su suoli umidi, ricchi di sostanze nutritive ed humus; riguardo alla reazione del terreno, riportano che preferisce suoli debolmente acidi, con pH compreso tra 4,5 e 7,5, e, per quanto riguarda la granulometria, suoli con sabbia fine, polverosi, poveri in ghiaia. Lo stesso autore riporta inoltre che la specie rifugge i suoli salsi, che cresce spesso in mezza ombra, incontrandosi raramente in piena luce, e che si incontra perlopiù nella zona subalpina, definendola pianta alpina o boreale, che non sopporta le gelate tardive o valori estremi di temperatura. Gli indici ecologici di Ellenberg (Ellenberg *et al.*, 1991), relativi alla flora centro-europea, ne definiscono le esigenze per terreni intermedi tra freschi ed umidi, a reazione intermedia tra lievemente acida e poco acida, con elevata presenza di azoto. Definiscono la pianta non tollerante la salinità, intermedia tra mediamente

mesoeliofila e mesoeliofila, ovvero presente in luoghi con almeno il 10% di luminosità e con ombreggiamento massimo del 30%, e, per quanto riguarda la temperatura, adatta a luoghi freschi, tipici delle zone subalpine.

Riguardo all'habitat, gli ambienti della specie sono i tagli rasi forestali, le schiarite, i megaforbieti, i veli nitrofilo, i popolamenti a felci, gli ontaneti verdi, i saliceti subalpini. L'optimum fitosociologico è quello dell'alleanza Adenostylion, ordine Calamagrostietalia villosae, classe Mulgedio-aconitetea, formazione delle comunità delle macro e megaforbie terrestri (Aeschimann *et al.*, 2004). L'habitat descritto in provincia di Trento è "Praterie alpine e subalpine di megaforbie eutrofiche" (Lasen, 2006).

Nei rilevamenti eseguiti durante il reperimento delle accessioni oggetto del presente studio, le specie consociate più frequentemente riscontrate sono state le seguenti: *Peucedanum ostruthium* (L.) Koch (Apiaceae); *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott (Aspidiaceae); *Adenostyles alliariae* (Gouan) Kerner, *Petasites hybridus* (L.) Gaertn, *Petasites albus* (L.) Gaertn., *Senecio germanicus* Wallr. (Asteraceae); *Alnus viridis* (Chaix) DC. (Betulaceae); *Aconitum napellus* L. emend. Skalický (Ranunculaceae); *Salix* spp. (Salicaceae); *Urtica dioica* L. (Urticaceae).

I nomi volgari italiani della specie sono "Cicerbita violetta" (Pignatti, 1982) e "Cicerbita azzurra" (Dalla Fior, 1969). A livello locale, la specie è conosciuta come "*Radic de l'ors*" in provincia di Trento; "*Radic di mont*" (Picchi *et al.*, 2005) e "*Lidric*" (Cividino *et al.*, 2006) in Friuli-Venezia Giulia; "*Radec salvadegh*" in provincia di Brescia (Arietti, 1974); sempre in Friuli-Venezia Giulia, sono riportati in letteratura i nomi volgari di "*Latisùl*" (Penzig, 1924) e "*Latizùl salvàdi*" (Gortani, 1905) nella zona della Carnia.

In altre nazioni europee, i nomi volgari sono "*Alpen-Milchlattich*" in Germania e Austria; "*Laitue des alpes*" in Francia e Svizzera; "*Alpine Blue Sow-thistle*" in Inghilterra (Aeschimann *et al.*, 2004).



Figura 1 – *C. alpina* in natura in fase di fioritura.



Figura 2 – Germogli di *C. alpina* in pianta spontanea.

Raccolta spontanea ed utilizzo alimentare

Le testimonianze reperibili in letteratura in merito alla raccolta ed all'utilizzo a scopi alimentari di *C. alpina* sono scarse: secondo Hegi (1929), i fusti triturati e mescolati insieme a *Oxyris digyna* e latte di renna venivano utilizzati dalle popolazioni lapponi per preparare un alimento. Un'esauriente documentazione relativa all'utilizzo alimentare della specie nelle province di Brescia e Trento è fornita invece da Arietti (1974), insieme ad una descrizione delle stazioni di raccolta e di alcune ricette per preparare i germogli eduli. Nella letteratura più recente, viene citato l' utilizzo dei giovani germogli, cotti o conservati, in Friuli, Trentino Alto-Adige e Veneto (Corradini *et al.*, 2002; Picchi *et al.*, 2005; Ghirardini *et al.*, 2007)

Durante lo svolgimento del presente studio è stata personalmente osservata la raccolta spontanea e l'utilizzo alimentare di *C. alpina* in alcune località della provincia di Trento, che si vuole qui brevemente documentare. Le aree in cui viene tradizionalmente effettuata la raccolta spontanea sono le Valli del Chiese, Giudicarie e Rendena, situate nella parte occidentale del territorio provinciale. Qui, secondo i raccoglitori abituali, la pianta viene raccolta da tempo immemore, e la pratica, così come la localizzazione dei siti di raccolta, è stata tramandata attraverso le generazioni. La parte utilizzata è costituita dai germogli che si sviluppano in primavera dai rizomi a livello del terreno. La fase fenologica di sviluppo, che varia a seconda dell'altitudine del sito di raccolta, condiziona l'epoca di raccolta: questa coincide comunque con la ripresa del ciclo vegetativo della pianta, che si verifica allo sciogliersi delle nevi. In questo momento, i germogli che fuoriescono dal terreno si presentano eziolati e compatti, simili nell'aspetto ad un asparago. Nei siti di crescita spontanea, spesso il terreno è ricoperto da uno strato di materiale vegetale indecomposto che funge da pacciamatura naturale: un ambiente tipico di crescita è quello degli ontaneti e saliceti subalpini. Gli ambienti di crescita della specie sono vari, sempre comunque ad altitudini superiori ai 1000 m s.l.m.: nei versanti esposti a nord o ad ovest, ai margini dei boschi, nelle schiarite; in ambienti umidi, non troppo esposti, vicino a torrenti; nelle forre, nei canali soggetti a slavina. Questi ultimi sono i luoghi preferiti dai raccoglitori, secondo i quali i germogli che qui si formano presentano le migliori caratteristiche qualitative: nel corso di un'escursione compiuta nel maggio 2006 assieme ad un raccoglitore, abbiamo potuto osservare le caratteristiche dei germogli raccolti tra i residui di

neve in scioglimento in un canale esposto a nord ovest a quota 1800 m s.l.m.: i germogli si presentavano compatti e colorati di rosso, probabile indice di un accumulo di antociani dovuto alle particolari condizioni micro-climatiche (Figura 2). La raccolta viene effettuata a mano, scavando con le dita intorno al germoglio per una profondità di pochi centimetri, ed effettuando una leggera torsione che fa sì che questo si distacchi dal rizoma sottostante. Il germoglio così raccolto presenta alla sua base tracce della fuoriuscita di un lattice biancastro, caratteristica del gruppo a cui appartiene la specie. Questa caratteristica, conosciuta dai raccoglitori, permette di distinguere *C. alpina* da un'altra specie che spesso cresce negli stessi ambienti ma non è commestibile: *Petasites hybridus* (L.) P. Gaertn, simile nell'aspetto esteriore al momento del germogliamento ma che non produce lattice quando reciso. I germogli di *C. alpina* vengono generalmente consumati previa trasformazione. Le modalità di preparazione del prodotto trasformato possono variare soggettivamente, ma presentano caratteristiche comuni: i germogli vengono dapprima puliti, poi scottati per pochi istanti in una miscela di acqua e aceto al fine di abbassare il pH e la carica microbica; vengono quindi fatti asciugare, collocati in un recipiente di vetro e conservati sotto una salamoia a base olio di oliva o di semi, in cui possono rientrare come ingredienti aglio, sale, pepe, chiodi di garofano, vino bianco. I germogli in più avanzato stadio di sviluppo, parzialmente inverditi, possono essere consumati crudi come insalata, o utilizzati per la preparazione di salse e risotti.

Commercializzazione del prodotto ed aspetti legislativi

La raccolta e l'utilizzo alimentare dei germogli di *C. alpina* in provincia di Trento costituisce una pratica tradizionale per cui il prodotto, di massima, viene destinato all'autoconsumo familiare. Nel corso degli ultimi anni tuttavia il prodotto trasformato è comparso sul mercato locale, sia nelle province di Trento e Brescia, sia in Friuli Venezia-Giulia. I canali di commercializzazione del prodotto fresco sono i mercati ortofrutticoli ambulanti durante la stagione di raccolta; quelli del prodotto trasformato, i ristoranti, gli agriturismi, le ditte locali di trasformazione alimentare: di queste ultime, alcune operano da diversi anni nella provincia di Trento, commercializzando il prodotto conservato sott'olio o come ingrediente di salse. Si tratta in questi casi di un prodotto a filiera chiusa, cioè consumato pressochè integralmente nella ristretta area di produzione (Cividino *et al.*, 2006). Negli ultimi anni tuttavia, il prodotto trasformato è stato inserito tra i "Presidi Slow Food" per la Regione Venezia-Giulia sotto la denominazione di "*Radice di mont*", ed è comparso nelle ultime edizioni del "Salone del gusto" di Torino, ampliando così la sua diffusione oltre il mercato locale. I prezzi del prodotto, secondo le informazioni raccolte da più fonti, sono molto variabili. Quelli del prodotto fresco variano dai 15 euro kg⁻¹ pagati ai raccoglitori che riforniscono i ristoranti e le ditte agroalimentari, ai 20-25 euro kg⁻¹ per il prodotto in vendita sulle bancarelle dei mercati ambulanti di Trento e Brescia. Quelli del prodotto trasformato variano dai 7,5 euro per una confezione da 200 g (prezzo all'ingrosso praticato da un'azienda agroalimentare in Provincia di Trento), ai 15 euro per una confezione da 250 g (prezzo di vendita al consumatore rilevato in Friuli Venezia Giulia). Nel caso dei fornitori di ristoranti e ditte agroalimentari, la materia prima proviene in ogni caso da raccolta in ambiente naturale, ed i canali di approvvigionamento e i siti di raccolta non sono resi noti. Non esistendo attualmente coltivazioni, la comparsa sul mercato locale del prodotto trasformato ha necessariamente causato negli ultimi anni un intensificarsi della raccolta, prima praticata per esclusivo autoconsumo, nelle tradizionali zone di raccolta in provincia di Trento, come testimoniato dalla stampa locale (L'Adige, 5 Giugno 2004; 15 Maggio 2007); lo stesso fenomeno si è verificato nella regione Friuli Venezia Giulia (Cividino *et al.*, 2006). L'intensificarsi della raccolta spontanea ha indotto le autorità locali a porre delle limitazioni tramite appositi provvedimenti legislativi.

In Provincia di Trento, il Decreto del Presidente della Provincia n°19-140/Leg. consente la raccolta “...dalle ore 8 alle 19 per un quantitativo massimo giornaliero di 2 kg di prodotto fresco per persona di età superiore ai 10 anni...”; nella Regione Friuli Venezia-Giulia le Leggi Regionali n°34/1981 e n°32/1996 permettono “...la raccolta di un quantitativo massimo di parti eduli pari a 1 kg a persona e per giorno...”. Tali limitazioni, sebbene costituiscano un deterrente contro la raccolta indiscriminata, non sono in grado di risolvere da soli il problema, come testimoniato dalla già citata stampa locale, e dai risultati di un’indagine compiuta in provincia di Trento, secondo cui raccoglitori specializzati possono arrivare a raccogliere 30 kg per persona al giorno (Fusani *et al.*, 2008). Attualmente non esistono, nelle zone citate, studi dedicati al supposto rischio di rarefazione della specie, come è il caso di altre zone Europee, in particolare la Scozia, dove la specie è considerata vulnerabile, cioè “esposta a un alto rischio di estinzione in natura” (Long, 2005). La specie non è del resto compresa nelle Liste rosse della flora italiana, in particolare di quella della flora della regione Trentino Alto-Adige (Prosser, 2001).

Capitolo II

Sperimentazione agronomica di campo

Introduzione

Studi precedenti e correlati con il presente

Uno studio sulle possibilità di domesticazione di *C. alpina* è stato condotto tra il 1999 e il 2000 dal Centro di Ecologia Alpina di Trento, ed ha riportato come conclusioni la scarsa germinabilità del seme e la conseguente difficoltà di moltiplicazione, tali da pregiudicare un impiego economico della specie (Ambrosi *et al.*, 2001).

Un altro studio è stato condotto dall'ERSA (Ente Regionale per la promozione e lo Sviluppo dell'Agricoltura) di Udine, nell'ambito della propria attività sperimentale, in collaborazione con il vivaio forestale regionale di Pradandons (UD), nel periodo 2000-2006. Lo studio, intitolato "Messa a coltura del radicchio di monte", è consistito in prove di coltivazione della specie in diversi ambienti di montagna, per cui sono state inizialmente utilizzate piante propagate per porzioni di rizoma, poi piantine prodotte da seme. Tra i risultati, è stata definita la tecnica vivaistica per ottenere piantine da seme adatte al trapianto (Cattivello *et al.* 2006).

A partire da Gennaio 2008 lo stesso Ente è impegnato nel progetto "BioInnovErbe", riguardante la sperimentazione di tecniche colturali per la produzione con metodi biologici di piante alimentari spontanee regionali, tra cui *C. alpina*. Il progetto, di durata triennale, è condotto dall'ERSA in collaborazione con il CirMont, Laboratorio di ricerca per la valorizzazione dei prodotti agroalimentari; il Dipartimento di Scienze degli Alimenti dell'Università di Udine; l'Ispettorato Ripartimentale delle Foreste di Udine; nonché Consorzi, Associazioni di categoria e di produttori, e singole aziende agricole operanti nel circuito biologico (Progetto BioInnovErbe).

Oltre a quelli citati, prima dell'inizio del presente studio di dottorato, il CRA - Unità di Monitoraggio e Pianificazione Forestale di Trento aveva intrapreso alcuni studi sulla specie, che hanno riguardato i seguenti aspetti:

- la definizione delle tecniche per aumentare la germinabilità del seme (Aiello *et al.*, 2005);
- la definizione della tecnica di imicropropagazione della specie (Scartezzini, 2005);
- la definizione della tecnica di moltiplicazione della specie a partire da seme (Scartezzini, 2008).

Si ricorda infine uno studio di genetica delle popolazioni, secondo cui *C. alpina* presenta una notevole variabilità genetica anche su scala regionale (Michl *et al.*, 2007), il che giustifica e motiva il confronto tra accessioni della specie operato in una delle prove agronomiche oggetto del presente studio.

Motivazioni

Gli aspetti principali che motivano lo studio sulla domesticazione della specie sono i seguenti:

- esistenza di un mercato del prodotto trasformato, a livello locale e nazionale;
- intensificazione della raccolta spontanea e supposto rischio di rarefazione della specie nei siti di crescita naturale.

Per entrambe questi motivi, la coltivazione costituirebbe una valida alternativa, o almeno una possibilità di integrazione, alla raccolta spontanea, diminuendo la pressione di raccolta nei siti di crescita e salvaguardando le popolazioni naturali.

Altri aspetti che motivano l'opportunità della coltivazione della specie rispetto alla raccolta spontanea sono i seguenti:

- i luoghi di raccolta spontanea si trovano spesso in località disagiate, difficili da raggiungere;
- il prodotto ha un limitato intervallo temporale di raccolta, che nel caso della coltivazione è più facilmente individuabile e controllabile;
- il prodotto deperisce velocemente, se non trasformato;
- il prodotto trasformato, considerate le zone di origine, la dimensione locale del mercato, il suo carattere di nicchia ed il forte legame con il territorio, costituisce una possibilità di integrazione del reddito per le aziende agricole di montagna.

Un ulteriore aspetto che motiva lo studio sulla domesticazione della specie è la scarsa letteratura esistente sul tema.

Obiettivi

Gli obiettivi dello studio sulla domesticazione della specie sono i seguenti:

1. confrontare le rese ottenibili iniziando a raccogliere a distanza di due, tre e quattro anni dall'impianto;
2. valutare le rese ottenibili dopo più anni successivi di raccolta;

3. verificare le caratteristiche dei germogli prodotti nel corso dei vari prelievi;
4. verificare l'effetto delle raccolte sullo sviluppo e la sopravvivenza delle piante;
5. confrontare il comportamento vegeto-produttivo di tre diverse accessioni, coltivate in due campi sperimentali situati a differente altitudine.

Alla risposta dei primi quattro obiettivi è stata dedicata una prima prova sperimentale, denominata “Effetti dell’anno di raccolta sulla resa in germogli e sullo sviluppo delle piante”; alla risposta al quinto ed ultimo obiettivo è stata dedicata una seconda prova denominata “Confronto fra tre accessioni coltivate a differente altitudine”. Le due prove vengono descritte nel paragrafo “Materiali e metodi”.

Ambito di lavoro

Lo studio si è svolto nell’ambito del progetto P.A.R.M.A. (Piante Alimentari, aromatiche e Medicinali Alpine: una risorsa da valorizzare), coordinato dalla Dott.^{ssa} Carla Vender del CRA - Unità per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale di Villazzano, Trento. Il progetto, finanziato dal Servizio Università e Ricerca Scientifica della Provincia Autonoma di Trento il 9 Luglio 2004 con provvedimento n°1587, è iniziato nell’Agosto 2004 ed è terminato nell’Agosto 2008. Ha coinvolto come partner il Dott. Michele D’Ambrosio del Laboratorio di Chimica Biorganica dell’Università di Trento ed il Dott. Matteo Komjanc del Dipartimento di Biologia e genetica molecolare dell’Istituto Agrario di San Michele all’Adige (Trento), impegnati rispettivamente nella caratterizzazione chimica ed in quella molecolare delle specie oggetto di studio. Gli obiettivi del progetto hanno riguardato la caratterizzazione morfologica, chimica e molecolare di sei specie di vegetali spontanee di interesse officinale o alimentare diffuse in provincia di Trento, il reperimento di germoplasma nel territorio provinciale, la sua conservazione, moltiplicazione, e l’allestimento di prove agronomiche al fine di individuarne la corretta tecnica di coltivazione. Tra le specie del progetto era anche presente *C. alpina*, che è stata scelta come oggetto del presente studio di Dottorato.

Materiali e metodi

La sperimentazione agronomica si è svolta mediante due prove sperimentali descritte nei rispettivi seguenti paragrafi.

Prima prova sperimentale: “Effetti dell’anno di raccolta sulla resa in germogli e sullo sviluppo delle piante”

L’impianto della prova è stato realizzato durante l’estate 2004. Sono state poste a confronto tre tesi, che differiscono per l’anno in cui eseguire la prima raccolta:

1. Tesi 1: prima raccolta al secondo anno dall’impianto (2006);
2. Tesi 2: prima raccolta al terzo anno dall’impianto (2007);
3. Tesi 3: prima raccolta al quarto anno dall’impianto (2008);

più il testimone non raccolto, sul quale sono stati eseguiti rilievi morfologici.

La prova è stata allestita in un campo sperimentale situato in località Frisanchi nel Comune di Centa di San Nicolò in Provincia di Trento. Le coordinate geografiche del campo sperimentale, rilevate con GPS GSMAP 60 (Garmin) ed usando come sistema di riferimento WGS 84, erano le seguenti: N 45° 58’ 19’’; E 11° 13’ 16’’. L’altitudine, rilevata con la stessa strumentazione, era di 1078 m s.l.m. . Il campo era in leggera pendenza (3%), la sua esposizione era di 79° N. Dall’analisi del terreno, effettuata dal Laboratorio dell’Istituto di San Michele all’Adige (TN), risulta che il terreno del campo sperimentale era franco-limoso, leggermente acido, poco calcareo, con tracce di calcare attivo, con elevato contenuto di sostanza organica e azoto totale, carente in fosforo assimilabile e potassio scambiabile (Tabella 1).

Tabella 1 – Risultati dell’analisi chimico-fisica del terreno del campo di Frisanchi.

Determinazione	Valore	Unità di misura
Sabbia	446	g kg ⁻¹
Limo	524	g kg ⁻¹
Argilla	30	g kg ⁻¹
pH	6,16	
Calcare totale	16	g kg ⁻¹ CaCO ₃
Calcare attivo	Tracce	g kg ⁻¹ CaCO ₃
Sostanza organica	67	g kg ⁻¹
Azoto totale	4	g kg ⁻¹
Fosforo	9	mg kg ⁻¹ P ₂ O ₅
Potassio	84	mg kg ⁻¹ K ₂ O

Il precedente colturale era il prato stabile. Le temperature minime e massime mensili rilevate nel 2008 nel sito della prima prova sperimentale sono descritte nel successivo paragrafo nella Tabella 4. Le piante impiegate nella prova sono state ottenute da semi raccolti da piante spontanee in località “Malga Bondolo” (comune di Condino, TN) ed appartengono quindi tutte alla stessa accessione, denominata appunto “Bondolo” dal nome del luogo d’origine. La popolazione da cui è stato raccolto il seme si estendeva su di una superficie di circa 5000 metri quadrati, ed era composta da circa 100 individui. Le coordinate geografiche e l’altitudine del sito di raccolta, rilevati con la stessa strumentazione già descritta, sono indicate in Tabella 2. Il seme è stato raccolto in data 6 Agosto 2003, selezionato con soffiatore per sementi per eliminare le impurità ed i semi privi di endosperma o con endosperma poco sviluppato, e successivamente conservato sottovuoto in congelatore alla temperatura di -4°C fino alla primavera seguente. L’anno successivo, in data 3 Aprile 2004, il seme, una volta riportato a temperatura ambiente, è stato immerso per 24 ore in acido gibberellico (Fluka, 90% GA₃) ad una concentrazione di 25 ppm alla temperatura di 20°C, per rimuovere la dormienza e favorire la germinabilità (Aiello *et al.*, 2005). Il giorno successivo 4 Aprile, il seme così trattato è stato seminato in serra non riscaldata, distribuendo a spaglio 1 g circa di seme in contenitori di superficie di

circa 0,5 m², utilizzando come substrato terriccio “StatoHum 1”, substrato di torba bionda e nera con pH 5,2-6-2 (Manna, Italia), mescolato ad un terzo di sabbia per aumentarne la capacità drenante. L'emergenza è avvenuta nell'arco di una settimana; dopo tre settimane, il 4 Maggio, le piantine sono state ripicchettate in contenitori alveolati (Amprica 1286/9, con volume di circa 8 cm³: Figura 3) e successivamente, nel periodo compreso tra il 4 ed il 16 Giugno, in vasi da 10 cm di diametro. Le piantine ottenute sono state messe a dimora quando hanno raggiunto uno sviluppo adeguato (Figura 4), in un periodo compreso tra il 13 Luglio e il 24 Agosto. Prima del trapianto, è stata eseguita una lavorazione preparatoria del terreno tramite aratura e fresatura. Al momento del trapianto, sono stati incorporati al terreno 300 kg di terriccio “StatoHum 1” per rendere il substrato più soffice, dopodichè è stata effettuata una rincalzatura ed un'irrigazione localizzata per favorire l'attecchimento delle piantine. Negli anni successivi, le uniche operazioni colturali eseguite sono state la rincalzatura, la sarchiatura e la scerbatura manuali tra le file e sulla fila. Non è stata effettuata alcuna concimazione.



Figura 3 – Piantine ottenute da seme nel contenitore alveolato.



Figura 4 - Piantine al momento del trapianto in pieno campo.



Figura 5 – Germogli prodotti nella prima prova sperimentale.

Lo schema sperimentale adottato nella prima prova era il blocco randomizzato con 4 repliche. La parcella elementare, di superficie $5,4 \text{ m}^2$, era costituita da 3 file di 12 piante ciascuna. Le distanze d'impianto erano $0,6 \times 0,25 \text{ m}$, corrispondenti ad una densità di $6,7$ piante m^{-2} . La superficie totale investita era di 126 m^2 .

Ogni tesi è stata raccolta anche negli anni successivi al primo, per cui:

- la Tesi 1 è stata raccolta nel 2006, 2007 e 2008;
- la Tesi 2 nel 2007 e 2008;
- la Tesi 3 nel 2008.

Per "raccolta" si intende l'esecuzione di 4 prelievi eseguiti a cadenza settimanale. Ogni anno, il primo prelievo è stato eseguito sull'intera prova nel momento in cui i germogli presentavano le caratteristiche e le dimensioni adatte al consumo, e precisamente:

- 8 Maggio 2006;
- 23 Aprile 2007;
- 28 Aprile 2008.

Ad ogni anno di prova ed in ciascuno dei quattro prelievi che vi erano eseguiti sono state rilevate le rese in termini di:

- numero di germogli prodotti per unità di superficie ($\text{N}^\circ \text{ m}^{-2}$);
- peso fresco dei germogli prodotti per unità di superficie (g m^{-2}).

Inoltre, su di un campione di 30 germogli per replica, sono stati rilevati per ogni singolo germoglio:

- il peso fresco (g);
- la lunghezza (cm);
- il diametro (mm).

In Figura 5, è riportata l'immagine di alcuni germogli prodotti nella prima prova sperimentale.

Inoltre, su un campione di circa 100 g di germogli freschi per replica è stata determinata la percentuale di sostanza secca (s.s.) mediante essiccazione in stufa ($T 105^\circ\text{C}$ per 24 h).

Questa percentuale è stata utilizzata per determinare rispettivamente:

- la resa in peso secco per unità di superficie (g m^{-2});
- il peso secco (g) dei singoli germogli.

Per quanto riguarda lo sviluppo delle piante, ogni anno al momento della piena fioritura sono stati eseguiti i seguenti rilievi:

- il numero di piante presenti ed il numero di piante fiorite (su tutte le piante della parcella);
- l'altezza (cm) delle singole piante (sulla fila centrale).

Infine, solo nel 2008, al termine della prova ed in fase di riposo vegetativo, è stato rilevato il peso fresco delle radici di 8 piante per parcella mediante escavazione delle stesse (rilievo distruttivo). Il peso secco delle radici è stato determinato in base alla percentuale di sostanza secca di un campione di 3 radici per replica essiccate in stufa (T 105°C per 48 h).

Le elaborazioni statistiche sono state condotte utilizzando i *software* SPSS e MSTAT-C. I dati percentuali sono stati sottoposti a trasformazione angolare (tavole di Bliss) prima di essere elaborati.

Seconda prova sperimentale: “Confronto fra tre accessioni coltivate in due località poste a differente altitudine”

Le tre accessioni erano costituite da piante ottenute a partire da seme prelevato dalle piante spontanee presenti in tre diversi luoghi d'origine, situati in provincia di Trento, da cui le accessioni hanno preso il nome. Le accessioni, i rispettivi luoghi d'origine, le coordinate ed altitudine di questi ultimi nonché le date in cui è stato prelevato il seme sono indicati nella Tabella 2.

Tabella 2 - Descrizione dei luoghi e date di raccolta del seme di origine delle accessioni coltivate.

Accessione	Località (Comune)	Coordinate (WGS 84)	Altitudine (m s.l.m.)	Data di prelievo nel 2004
Bondolo	Malga Bondolo (Condino)	N 45° 55' 35'' E 10° 31' 05''	1840	8 Settembre
Peller	Rifugio Monte Peller (Cles)	N 46° 19' 24'' E 10° 57' 00''	1950	21 Settembre
Zambana	Malga Zambana (Andalo)	N 46° 09' 00'' E 11° 01' 39''	1777	26 Agosto

Le popolazioni da cui è stato raccolto il seme delle accessioni Peller e Zambana si estendevano su una superficie rispettivamente di circa 5000 e di 2000 m², ed erano composte rispettivamente da circa 150 e 100 individui. Il seme raccolto è stato trattato con le stesse modalità descritte nella prova precedente. Il giorno successivo al trattamento, 24 Marzo 2005, il seme è stato seminato in serra non riscaldata, a spaglio, in appositi contenitori di superficie di circa 0,5 m², nella dose di 2,5 g per contenitore, utilizzando come substrato terriccio “Stato Hum1” mescolato ad un terzo di sabbia per aumentarne la capacità drenante. L'emergenza è avvenuta nell'arco di una decina di giorni; dopo tre settimane, il 26 Aprile, le piantine sono state ripicchettate in contenitori alveolati (Amprica 1286/9, con volume di circa 8 cm³) ed infine sono state messe a dimora nei due campi sperimentali che hanno ospitato la prova nelle date del 23 e 25 Maggio 2005. Prima del trapianto, in entrambe i campi è stata svolta una lavorazione preparatoria del terreno tramite aratura e fresatura. Al momento del trapianto, è stato incorporato al terreno terriccio “Stato Hum1” nella quantità di 30 kg per fila mediante il quale è stata effettuata una rincalzatura. E' stata inoltre effettuata una irrigazione localizzata per favorire l'attecchimento delle piantine. Negli anni successivi, le uniche operazioni colturali eseguite sono state la rincalzatura, la sarchiatura e la scerbatura manuale tra le file e sulla fila. Non è stata effettuata alcuna concimazione.

La prova è stata allestita in due campi sperimentali, il primo dei quali è lo stesso che ha ospitato la prima prova sperimentale, ed è già stato descritto nel precedente paragrafo ad essa relativa. Il secondo campo sperimentale era situato in località Viote del Monte Bondone nel comune di Trento. Le sue coordinate geografiche, rilevate con GPS GSMAP 60 (Garmin) ed usando come sistema di riferimento WGS 84, erano le seguenti: : N 46° 01' 16''; E 11° 02' 11''. La sua altitudine, rilevata con la stessa strumentazione, era di 1540 m s.l.m. . Il campo era in leggera pendenza (2%), la sua esposizione di 90° N. L'analisi del terreno effettuata dal Laboratorio dell'Istituto di San Michele all'Adige (Trento) ha fornito i seguenti risultati: il terreno era sabbio-limoso, a reazione moderatamente acida, con elevato contenuto in sostanza organica e azoto totale, carente in fosforo assimilabile e con un buon contenuto in potassio scambiabile (Tabella 3).

Tabella 3 – Risultati dell'analisi chimico-fisica del terreno del campo delle Viote.

Determinazione	Valore	Unità di misura
Sabbia	520	g kg ⁻¹
Limo	260	g kg ⁻¹
Argilla	220	g kg ⁻¹
pH	5,78	
Calcarea totale	25,9	g kg ⁻¹ CaCO ₃
Calcarea attivo	5,1	g kg ⁻¹ CaCO ₃
Sostanza organica	59	g kg ⁻¹
Azoto totale	3,1	g kg ⁻¹
Fosforo	4	mg kg ⁻¹ P ₂ O ₅
Potassio	110	mg kg ⁻¹ K ₂ O

Il precedente colturale del campo delle Viote era il prato stabile.

Nel corso dei primi dieci mesi del 2008, quindi per l'intera durata del ciclo vegetativo, è stata rilevata la temperatura dell'aria nei due campi sperimentali, tramite due *data logger* (Hobo H1 Pro Series) posizionati a 1,5 m da terra, che hanno registrato le temperature con cadenza di 15 min. Le temperature minime e massime mensili, media rispettivamente delle minime e massime giornaliere registrate, sono descritte in Tabella 4.

Tabella 4 – Temperature minime e massime dell’aria (medie mensili) rilevate nei primi dieci mesi del 2008 nei due campi sperimentali.

Mese	Frisanchi		Viote	
	T min (°C)	T max (°C)	T min (°C)	T max (°C)
Gennaio	-2,8	2,3	-8,0	1,2
Febbraio	-2,3	6,1	-8,1	5,8
Marzo	-1,0	7,0	-5,4	5,3
Aprile	2,5	10,3	-1,5	7,7
Maggio	8,0	16,7	2,8	14,5
Giugno	11,7	20,4	7,3	17,8
Luglio	12,3	22,2	7,8	19,7
Agosto	12,5	22,5	8,0	19,4
Settembre	8,2	16,7	3,7	14,4
Ottobre	5,5	13,2	0,8	11,2

Nelle Figure 6 e 7 sono riportate le immagini della seconda prova sperimentale situata nei due campi sperimentali, che d’ora in poi saranno indicati con il semplice nome della località.



Figura 6 – Seconda prova sperimentale allestita nel campo di Frisanchi.



Figura 7 – Seconda prova sperimentale allestita nel campo delle Viote.

Il disegno sperimentale adottato nella seconda prova, in entrambi i campi, era la completa randomizzazione delle tesi con 3 repliche per accessione. La parcella elementare, di 1,8 m², era costituita da un'unica fila di 12 piante; le distanze di impianto erano 0,5 x 0,3 m, per una densità di 6,7 piante m⁻². La superficie totale della prova in entrambe i campi sperimentali era di 16,2 m². La prima ed unica raccolta è stata eseguita nel 2008, terzo anno dall'impianto, tramite due prelievi successivi, eseguiti nel momento in cui i germogli presentavano le caratteristiche adatte al consumo (Tabella 5).

I rilievi, eseguiti solo nel 2008, sono gli stessi descritti nella prima prova sperimentale. I rilievi produttivi sono stati eseguiti in occasione di entrambi i prelievi, quelli morfologici in fase di piena fioritura, quelli relativi alla determinazione del peso delle radici in fase di riposo vegetativo. Data la diversa altitudine dei campi sperimentali, e la conseguente diversa fenologia, queste operazioni sono state compiute in date diverse nei due campi, come risulta dalla tabella che segue:

Tabella 5 – Anno 2008: date di esecuzione dei prelievi dei germogli e dei rilievi morfologici sulle piante coltivate nei due campi sperimentali situati a diversa altitudine.

Campo sperimentale	Prelievo		Rilievo	Prelievo
	1°	2°	morfologico	radici
Frisanchi	28/4	12/5	25/6	7/10
Viote	21/5	28/5	26/7	7/10

L'elaborazione è stata eseguita seguendo uno schema fattoriale con due fattori: Località (campo) ed Accessione. I dati percentuali sono stati sottoposti a trasformazione angolare (tavole di Bliss) prima di essere elaborati. L'elaborazione è stata condotta con il *software* MSTAT-C.

Risultati

Risultati della prima prova sperimentale

Rese nei tre anni di prova

Le rese delle tre tesi della prima prova sperimentale, espresse in Numero di germogli prodotti per unità di superficie ($\text{N}^\circ \text{m}^{-2}$) e Peso secco per unità di superficie (g m^{-2}), ottenute in occasione di ciascun prelievo e totali di ogni anno di raccolta, sono riportate nella Tabella 6, in cui la resa totale dell'anno di ciascuna tesi è stata calcolata sommando la produzione ottenuta nei quattro successivi prelievi.

Tabella 6 - Rese in germogli delle tre tesi nei tre anni, per prelievo e totali di ogni anno, espresse in Numero e Peso secco per unità di superficie (Media \pm Errore Standard).

Anno	Prelievo	Tesi 1		Tesi 2		Tesi 3	
		Numero (N° m ⁻²)	Peso secco (g m ⁻²)	Numero (N° m ⁻²)	Peso secco (g m ⁻²)	Numero (N° m ⁻²)	Peso secco (g m ⁻²)
2006	1°	5,2 \pm 1,3	1,9 \pm 0,5	-	-	-	-
	2°	3,0 \pm 0,8	0,9 \pm 0,3	-	-	-	-
	3°	3,0 \pm 0,4	0,6 \pm 0,1	-	-	-	-
	4°	7,3 \pm 0,9	1,2 \pm 0,3	-	-	-	-
	Totale	18,5 \pm 2,1	4,6 \pm 0,8				
2007	1°	0,0	0,0	3,3 \pm 0,2	1,2 \pm 0,1	-	-
	2°	8,9 \pm 1,6	2,7 \pm 0,5	5,9 \pm 0,7	3,2 \pm 0,9	-	-
	3°	2,3 \pm 0,3	0,3 \pm 0,1	5,0 \pm 1,3	1,2 \pm 0,2	-	-
	4°	3,0 \pm 0,6	0,7 \pm 0,2	6,2 \pm 0,9	2,3 \pm 0,5	-	-
	Totale	14,2 \pm 1,3	3,7 \pm 0,4	20,4 \pm 1,1	7,9 \pm 1,3		
2008	1°	3,8 \pm 0,9	0,7 \pm 0,3	4,4 \pm 1,1	0,9 \pm 0,3	3,8 \pm 0,7	0,9 \pm 0,1
	2°	7,0 \pm 0,8	1,2 \pm 0,2	16,2 \pm 2,8	4,5 \pm 0,7	21 \pm 1,9	5,0 \pm 0,7
	3°	5,5 \pm 1,0	0,7 \pm 0,2	8,2 \pm 1,5	1,2 \pm 0,3	5,1 \pm 0,8	1,0 \pm 0,1
	4°	9,2 \pm 1,5	1,0 \pm 0,2	12,1 \pm 2,4	1,2 \pm 0,4	13,1 \pm 1,3	1,6 \pm 0,4
	Totale	25,5 \pm 3,0	3,6 \pm 0,7	40,9 \pm 5,3	7,8 \pm 1,2	43,0 \pm 2,4	8,5 \pm 0,2

La produzione della Tesi 1 in occasione del primo prelievo del 2007 è uguale a zero, in quanto il momento in cui effettuare la raccolta sull'intera prova è stato scelto in base allo sviluppo raggiunto dai germogli della Tesi 2, ed in quel momento i germogli della Tesi 1 non erano ancora pronti per la raccolta.

Per rispondere al primo obiettivo della prova, quello di confrontare le rese ottenibili iniziando a raccogliere a distanza di due, tre e quattro anni dall'impianto, è stato eseguito un primo confronto tra le rese delle tre tesi nel rispettivo primo anno di raccolta, quindi tra le rese della Tesi 1 nel 2006, le rese della Tesi 2 nel 2007 e le rese della Tesi 3 nel 2008. Tale confronto ha prodotto i seguenti risultati, illustrati nelle figure indicate:

- il numero di germogli prodotti per unità di superficie ($N^{\circ} m^{-2}$) è superiore nella Tesi 3, raccolta a partire dal quarto anno dall'impianto (Figura 8);
- le rese in peso secco per unità di superficie ($g m^{-2}$) delle Tesi 2 e 3, raccolte per la prima volta a distanza di tre e quattro anni dall'impianto, sono più elevate di quelle della Tesi 1, raccolta per la prima volta a distanza di due anni (Figura 9).

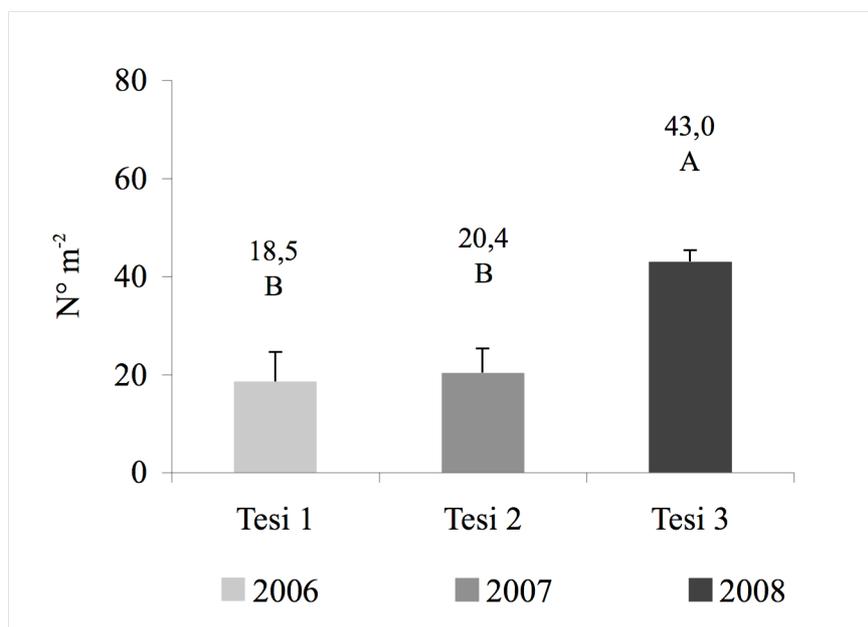


Figura 8 - Numero di germogli per unità di superficie prodotti dalle tre tesi nel rispettivo primo anno di raccolta (Media \pm Errore Standard)^a.

^a I valori seguiti da lettere diverse sono differenti per $P < 0,01$. Medie separate con Test di Duncan.

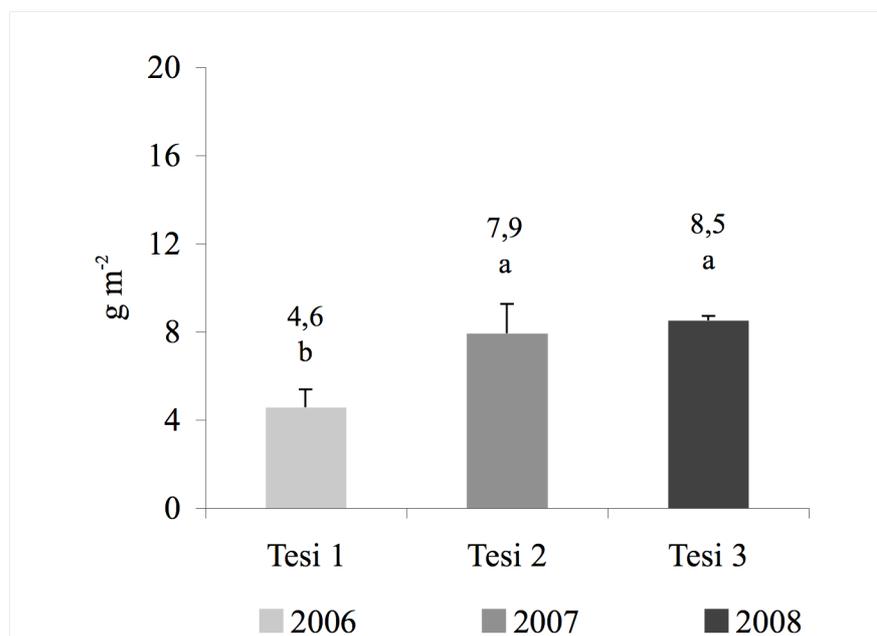


Figura 9 - Rese in peso secco per unità di superficie delle tre tesi nel rispettivo primo anno di raccolta (Media \pm Errore Standard)^a.

^a I valori seguiti da lettere diverse sono differenti per $P < 0,05$. Medie separate con Test di Duncan.

I risultati descritti nelle Figure 8 e 9 sono riferiti a diversi anni di raccolta, per cui è stato eseguito un secondo confronto, tra le rese cumulate al 2008 delle tre tesi: in questo caso, i risultati sono riferiti allo stesso anno. Questo secondo confronto risponde ad un obiettivo che si può così enunciare: valutare la produzione cumulata dopo uno, due e tre anni di raccolta. I risultati sono i seguenti:

- il numero di germogli prodotti per unità di superficie ($N^{\circ} m^{-2}$) cumulato al 2008, ottenuto iniziando a raccogliere al secondo (Tesi 1) e terzo anno dall'impianto (Tesi 2), è maggiore rispetto a quello ottenuto iniziando la raccolta al quarto anno (Tesi 3) (Figura 10);
- le rese in peso secco per unità di superficie ($g m^{-2}$) cumulate al 2008, ottenute iniziando a raccogliere a distanza di tre anni dall'impianto (Tesi 2), sono superiori a quelle ottenute iniziando la raccolta al quarto anno (Tesi 3) (Figura 11).

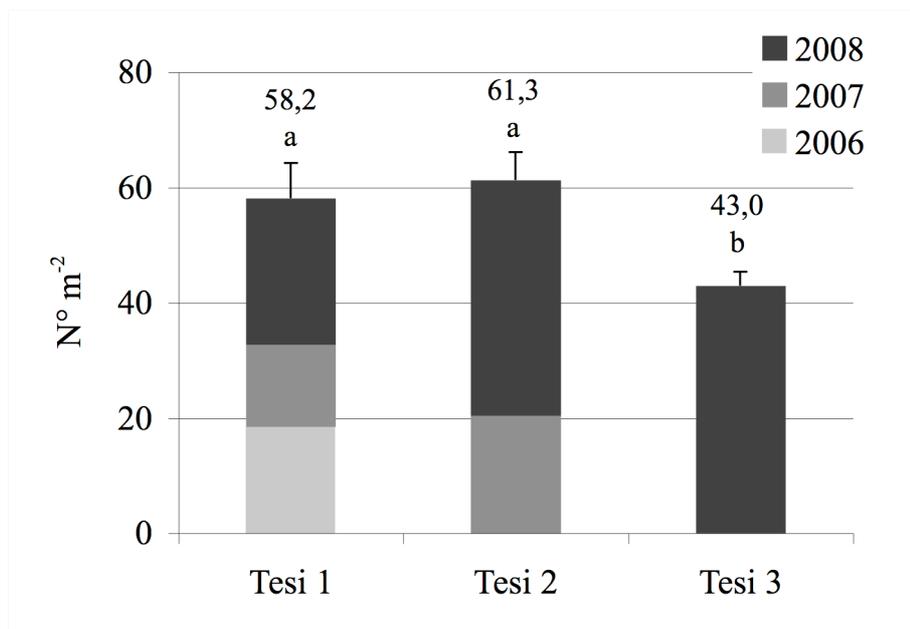


Figura 10 - Numero di germogli per unità di superficie cumulato al 2008 prodotti delle tre tesi (Media \pm Errore Standard)^a.

^a I valori seguiti da lettere diverse sono differenti per $P < 0,05$. Medie separate con Test di Duncan.

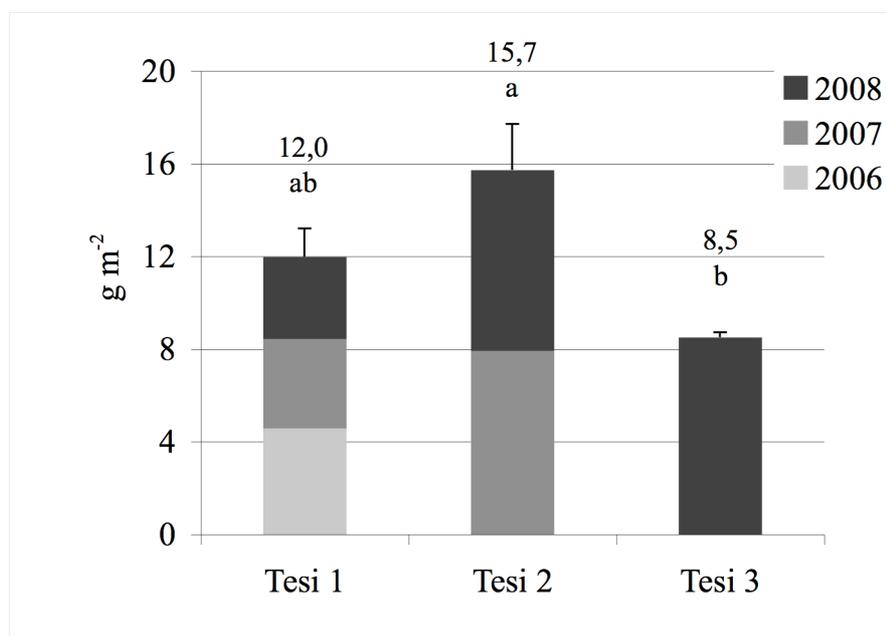


Figura 11 - Rese in peso secco per unità di superficie cumulate al 2008 delle tre tesi (Media \pm Errore Standard)^a.

^a I valori seguiti da lettere diverse sono differenti per $P < 0,05$. Medie separate con Test di Duncan.

Per rispondere al secondo obiettivo della prova, valutare le rese ottenibili dopo più anni successivi di raccolta, sono stati eseguiti due ulteriori confronti:

- terzo confronto: tra le produzioni della Tesi 1 nei tre successivi anni di raccolta: 2006, 2007 e 2008;
- quarto confronto: tra le produzioni della Tesi 2 nei due successivi anni di raccolta: 2007 e 2008.

Dal terzo confronto è risultato che il numero di germogli prodotti per unità di superficie ($N^{\circ} m^{-2}$) dalla Tesi 1 è superiore nel 2008, quarto anno dall'impianto, rispetto al 2007, terzo dall'impianto (Figura 12).

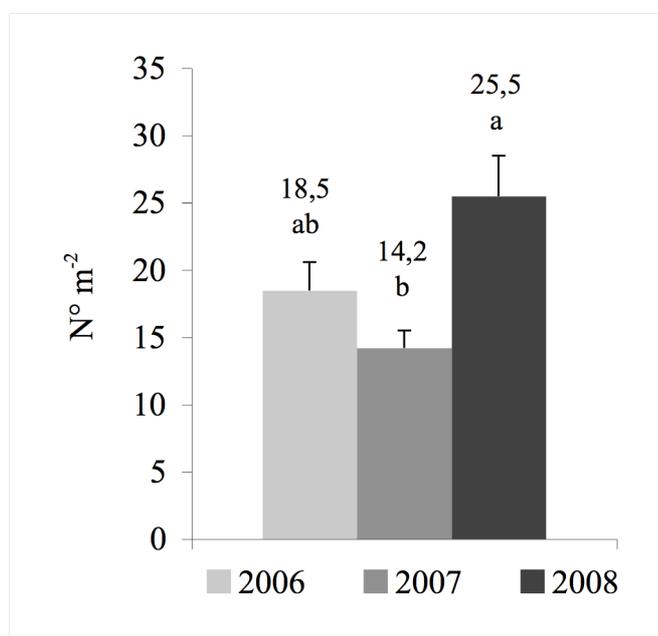


Figura 12 - Numero di germogli per unità di superficie prodotti dalla Tesi 1 nei tre anni successivi di raccolta (Media \pm Errore Standard)^a.

^a I valori seguiti da lettere diverse sono differenti per $P < 0,05$. Medie separate con Test di Duncan.

Dal quarto confronto, tra le rese della Tesi 2 ottenute negli anni 2007 e 2008, non è emersa alcuna differenza significativa (Tabella 7).

Tabella 7 - Rese in germogli della Tesi 2 nel 2007 e 2008, espresse in Numero e Peso secco per unità di superficie (Media \pm Errore standard).

Anno	Numero (N° m ⁻²)	Peso secco (g m ⁻²)
2007	20,4 \pm 1,1	7,9 \pm 1,3
2008	40,9 \pm 5,3	7,8 \pm 1,2

I risultati del terzo e quarto confronto appena esposti sono relativi ad anni di raccolta diversi, per cui per rispondere all'obiettivo di definire le rese dopo più anni successivi di raccolta, è stato eseguito un ulteriore confronto, tra le produzioni ottenute nel 2008 dalle tre tesi: in questo caso i risultati sono riferiti allo stesso anno 2008.

Questo confronto risponde ad un obiettivo che si può così enunciare: confronto, nel corso del 2008, delle rese delle tre tesi che differiscono per il numero di raccolte subite.

Nel 2008 la Tesi 1 è al suo terzo anno di raccolta, la Tesi 2 al secondo, la Tesi 3 al primo. I risultati sono i seguenti: nel 2008 le Tesi 2 e 3, raccolte rispettivamente per uno e due anni, hanno rese maggiori rispetto alla Tesi 1 raccolta per tre anni consecutivi, sia in termini di numero di germogli prodotti per unità di superficie (N° m⁻²) che di peso secco (g m⁻²) (Figure 13 e 14).

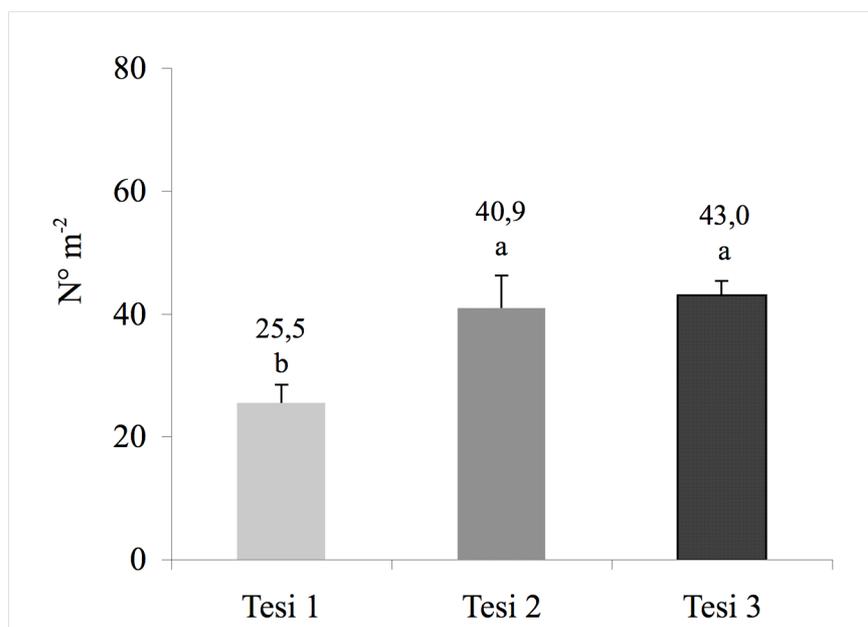


Figura 13 - Numero di germogli per unità di superficie prodotti dalle tre tesi nel 2008 (Media \pm Errore Standard)^a.

^a I valori seguiti da lettere diverse sono differenti per $P < 0,05$. Medie separate con Test di Duncan.

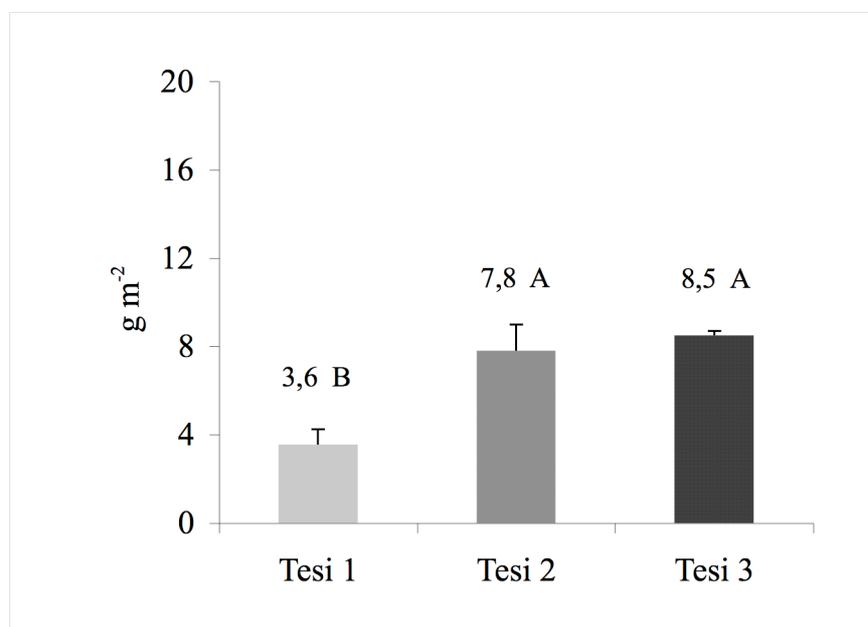


Figura 14 - Rese in peso secco per unità di superficie delle tre tesi nel 2008 (Media \pm Errore Standard)^a.

^a I valori seguiti da lettere diverse sono differenti per $P < 0,01$. Medie separate con Test di Duncan.

Rese cumulate nei singoli prelievi

Le rese ottenute in occasione dei singoli prelievi, per ogni tesi ed anno di raccolta, espresse in Numero di germogli prodotti ($N^{\circ} m^{-2}$) e Peso secco per unità di superficie ($g m^{-2}$), sono descritte nella Tabella 6.

Dai risultati ottenuti, è stato possibile confrontare le rese cumulate ottenute mediante uno, due, tre e quattro prelievi. Sono state dapprima calcolate le rese cumulate in ciascuno dei singoli prelievi, nell'ambito di ogni tesi ed anno di raccolta, sia in termini di numero di germogli che di peso secco per unità di superficie; le rese cumulate così ottenute sono state quindi confrontate tra loro, sempre nell'ambito di ogni tesi ed anno di raccolta. I risultati sono descritti nelle tabelle seguenti, riassuntive di ciascuna Tesi ed anno di raccolta:

Tabella 8 - Rese in germogli della Tesi 1, cumulate nei quattro prelievi del 2006, espresse in Numero e Peso secco per unità di superficie (Media \pm Errore Standard)^a.

Prelievo	Numero cumulado ($N^{\circ} m^{-2}$)	Peso secco cumulado ($g m^{-2}$)
1°	5,2 \pm 1,3 B	1,9 \pm 0,5
2°	8,2 \pm 1,7 B	2,8 \pm 0,6
3°	11,2 \pm 1,8 AB	3,4 \pm 0,5
4°	18,5 \pm 2,1 A	4,6 \pm 0,8

^a Valori seguiti da lettere diverse sono differenti per $P < 0,01$. Medie separate con Test di Duncan.

Tabella 9 - Rese in germogli della Tesi 1, cumulate nei quattro prelievi del 2007, espresse in Numero e Peso secco per unità di superficie (Media \pm Errore Standard)^a.

Prelievo	Numero cumulato (N° m ⁻²)	Peso secco cumulato (g m ⁻²)
1°	0,0	0,0
2°	8,9 \pm 1,6	2,7 \pm 0,5
3°	11,2 \pm 1,4	3,0 \pm 0,5
4°	14,2 \pm 1,3	3,7 \pm 0,4

Tabella 10 - Rese in germogli della Tesi 2, cumulate nei quattro prelievi del 2007, espresse in Numero e Peso secco per unità di superficie (Media \pm Errore Standard)^a.

Prelievo	Numero cumulato (N° m ⁻²)	Peso secco cumulato (g m ⁻²)
1°	3,3 \pm 0,2 D	1,1 \pm 0,1 B
2°	9,2 \pm 0,6 C	4,4 \pm 0,8 AB
3°	14,2 \pm 1,0 B	5,6 \pm 0,8 A
4°	20,4 \pm 1,1 A	7,9 \pm 1,3 A

^aValori seguiti da lettere diverse sono differenti per P<0,01. Medie separate con Test di Duncan.

Tabella 11 - Rese in germogli della Tesi 1, cumulate nei quattro prelievi del 2008, espresse in Numero e Peso secco per unità di superficie (Media \pm Errore Standard)^a.

Prelievo	Numero cumulato (N° m ⁻²)	Peso secco cumulato (g m ⁻²)
1°	3,8 \pm 0,9 C	0,7 \pm 0,3 c
2°	10,8 \pm 0,9 BC	1,9 \pm 0,5 b
3°	16,3 \pm 1,7 B	2,6 \pm 0,5 ab
4°	25,5 \pm 3,0 A	3,6 \pm 0,7 a

^a Valori seguiti da lettere diverse sono differenti per P<0,01 (maiuscole) e P<0,05 (minuscole).
Medie separate con Test di Duncan.

Tabella 12 - Rese in germogli della Tesi 2, cumulate nei quattro prelievi del 2008, espresse in Numero e Peso secco per unità di superficie (Media \pm Errore Standard)^a.

Prelievo	Numero cumulato (N° m ⁻²)	Peso secco cumulato (g m ⁻²)
1°	4,4 \pm 1,1	0,9 \pm 0,3 B
2°	20,6 \pm 3,1	5,4 \pm 0,8 A
3°	28,8 \pm 3,1	6,6 \pm 1,0 A
4°	40,9 \pm 5,3	7,8 \pm 1,2 A

^a Valori seguiti da lettere diverse sono differenti per P<0,01. Medie separate con Test di Duncan.

Tabella 13 - Rese in germogli della Tesi 3, cumulate nei quattro prelievi del 2008, espresse in Numero e Peso secco per unità di superficie (Media \pm Errore Standard)^a.

Prelievo	Numero cumulado (N° m ⁻²)	Peso secco cumulado (g m ⁻²)
1°	3,8 \pm 0,7 C	0,9 \pm 0,1 C
2°	24,8 \pm 1,6 B	5,9 \pm 0,6 B
3°	29,9 \pm 1,2 B	6,9 \pm 0,5 AB
4°	43 \pm 2,4 A	8,5 \pm 0,2 A

^aValori seguiti da lettere diverse sono differenti per P<0,01. Medie separate con Test di Duncan.

Caratteristiche morfologiche dei germogli nei singoli prelievi

Per rispondere al terzo obiettivo della prova, definire le caratteristiche morfologiche dei germogli prodotti in occasione dei vari prelievi, queste sono state confrontate nell'ambito di ogni tesi e di ogni anno di raccolta.

Nel 2006, la raccolta ha interessato la sola Tesi 1: i risultati del confronto tra le caratteristiche morfologiche dei germogli prodotti nei vari prelievi sono descritti nella Tabella 14. La Media indicata in questa e nelle tabelle seguenti (Tabelle 15, 16 e 17) è ponderata, vale a dire calcolata adottando come pesi il numero di germogli prodotti in occasione di ciascun prelievo.

Tabella 14 - Caratteristiche morfologiche dei germogli della Tesi 1 nei quattro prelievi del 2006 (Media \pm Errore standard)^a.

Prelievo	Lunghezza (cm)	Diametro (mm)	Peso secco (g)
1°	11,4 \pm 0,7	7,1 \pm 0,2 A	0,38 \pm 0,27 A
2°	11,3 \pm 0,7	6,5 \pm 0,5 AB	0,27 \pm 0,04 AB
3°	11,8 \pm 0,5	5,5 \pm 0,2 BC	0,21 \pm 0,02 B
4°	13,3 \pm 0,4	5,0 \pm 0,1 C	0,22 \pm 0,01 B
Media	12,2 \pm 0,8	5,9 \pm 0,3	0,27 \pm 0,02

^a Valori seguiti da lettere diverse sono differenti per $P < 0,01$. Medie separate con Test di Duncan.

Nel 2007, la raccolta ha interessato le Tesi 1 e 2. Per ogni prelievo, sono state dapprima confrontate tra loro, singolarmente, le caratteristiche dei germogli prodotti dalle due tesi. Risultando queste differenti, il confronto tra le caratteristiche dei germogli prodotti nei vari prelievi è stato condotto separatamente per le due tesi. I risultati sono descritti di seguito nella Tabella 15, relativa alla Tesi 1, e nella Tabella 16, relativa alla Tesi 2.

Tabella 15 - Caratteristiche morfologiche dei germogli della Tesi 1 nei quattro prelievi del 2007 (Media \pm Errore standard) ^a.

Prelievo	Lunghezza (cm)	Diametro (mm)	Peso secco (g)
1°	-	-	-
2°	11,8 \pm 0,1	5,9 \pm 0,2	0,32 \pm 0,01 a
3°	10,5 \pm 0,9	5,0 \pm 0,5	0,17 \pm 0,03 b
4°	12,2 \pm 0,6	5,5 \pm 0,3	0,25 \pm 0,04 ab
Media	11,7 \pm 1,8	5,7 \pm 0,9	0,28 \pm 0,05

^aValori seguiti da lettere diverse sono differenti per $P < 0,05$. Medie separate con Test di Duncan.

Tabella 16 - Caratteristiche morfologiche dei germogli della Tesi 2 nei quattro prelievi del 2007 (Media \pm Errore standard) ^a.

Prelievo	Lunghezza (cm)	Diametro (mm)	Peso secco (g)
1°	9,2 \pm 0,3	8,5 \pm 0,5 a	0,38 \pm 0,04
2°	12,3 \pm 0,5	8,3 \pm 0,6 a	0,53 \pm 0,09
3°	9,9 \pm 0,7	4,7 \pm 1,5 b	0,27 \pm 0,07
4°	12,9 \pm 0,1	6,5 \pm 0,4 ab	0,38 \pm 0,03
Media	11,4 \pm 0,6	6,9 \pm 0,3	0,40 \pm 0,02

^aValori seguiti da lettere diverse sono differenti per $P < 0,05$. Medie separate con Test di Duncan.

Nel corso del 2008, la raccolta ha interessato le Tesi 1, 2 e 3. Per ogni prelievo, sono state dapprima confrontate tra loro, singolarmente, le caratteristiche dei germogli prodotti dalle tre tesi. Non essendo stata riscontrata alcuna differenza tra le tre tesi, sono stati mediati, per ciascun prelievo, i dati delle tre tesi, e questi dati medi sono stati elaborati nel confronto tra i quattro prelievi. I risultati sono descritti nella Tabella 17.

Tabella 17 - Caratteristiche morfologiche dei germogli, medie delle tre Tesi, nei quattro prelievi del 2008 (Media \pm Errore standard) ^a.

Prelievo	Lunghezza (cm)	Diametro (mm)	Peso secco (g)
1°	6,8 \pm 0,4 C	7,4 \pm 0,5 A	0,14 \pm 0,02 b
2°	9,9 \pm 0,4 A	7,1 \pm 0,5 A	0,25 \pm 0,05 a
3°	8,2 \pm 0,3 B	5,1 \pm 0,3 B	0,15 \pm 0,02 b
4°	7,9 \pm 0,2 BC	4,9 \pm 0,3 B	0,12 \pm 0,02 b
Media	8,6 \pm 0,7	6,1 \pm 0,5	0,18 \pm 0,02

^a Valori seguiti da lettere diverse sono differenti per P<0,01 (maiuscole) e P<0,05 (minuscole).

Medie separate con Test di Duncan.

Sviluppo delle piante

Per rispondere al quarto obiettivo della prova, si è considerato il fatto che al termine della raccolta del 2008, le tre tesi erano state sottoposte ad un diverso numero di raccolte, e precisamente:

- la Tesi 1 a tre raccolte, negli anni 2006, 2007 e 2008;
- la Tesi 2 a due raccolte, negli anni 2007 e 2008;
- la Tesi 3 ad una raccolta, nel 2008.

I risultati relativi allo sviluppo delle piante sono quindi descritti di seguito.

Per quanto riguarda le fallanze, la Tesi 1, raccolta per tre anni consecutivi, mostra nel 2008 una percentuale più elevata rispetto a quella raccolta un solo anno, come indicato nella seguente Figura 15.

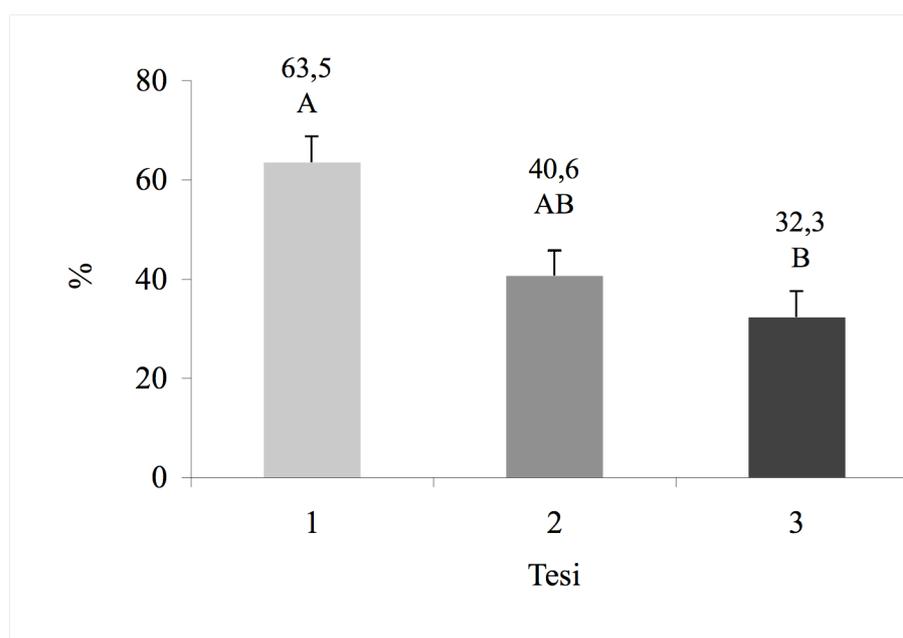


Figura 15 - Fallanze (%) rilevate nel 2008 nelle tre tesi (Media \pm Errore Standard)^a.

^a I valori seguiti da lettere diverse sono differenti per $P < 0,01$. Medie separate con Test di Duncan.

Per quanto riguarda le piante fiorite (%), la Tesi 3, raccolta un solo anno, ha fatto registrare una percentuale più alta della Tesi 2, raccolta per due anni, mentre la Tesi 1, raccolta per tre anni, non si differenzia dalle altre due. I risultati sono descritti nella seguente Figura 16.

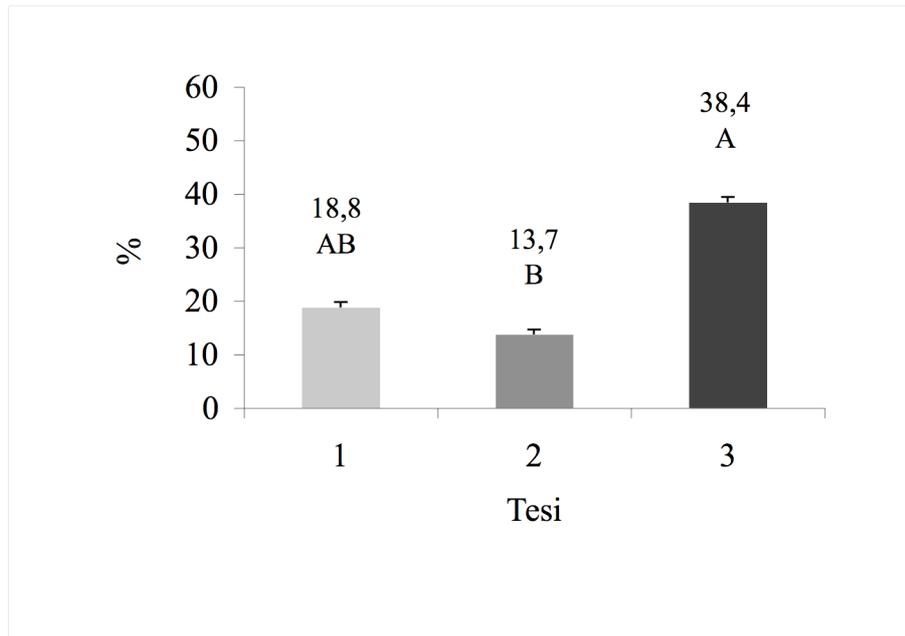


Figura 16 - Piante fiorite (%) rilevate nel 2008 nelle tre tesi (Media \pm Errore Standard)^a.

^a I valori seguiti da lettere diverse sono differenti per $P < 0,01$. Medie separate con Test di Duncan.

Per quanto riguarda i caratteri “Altezza delle piante” e “Peso secco della radice” rilevati sulle tesi in prova e sul testimone non raccolto, i risultati, rappresentati dalle Figure 17 e 18 che seguono, indicano che le piante del testimone sono più alte e hanno una radice più pesante rispetto alle tesi raccolte.

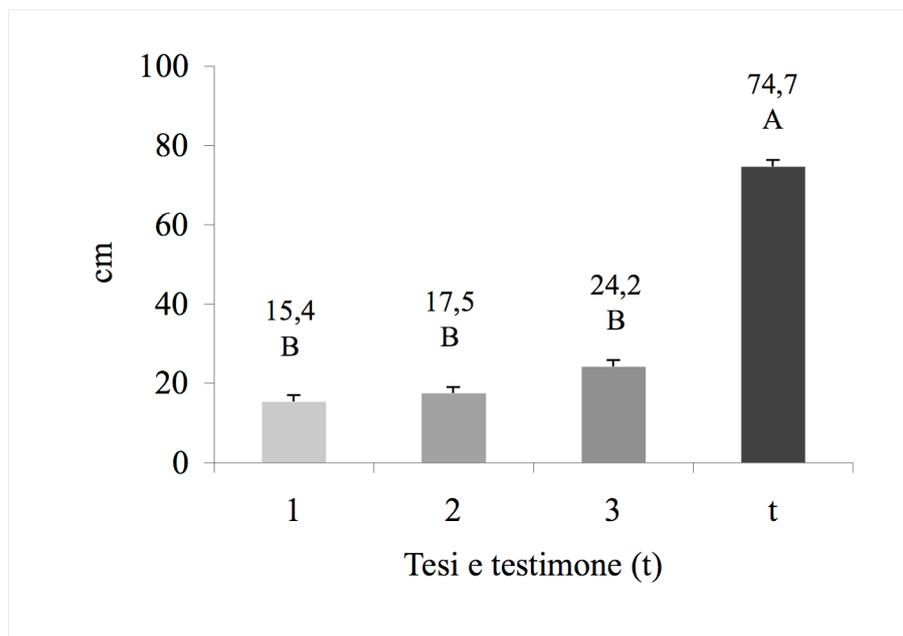


Figura 17 - Altezza media delle piante rilevata nel 2008 nelle tre tesi e testimone (Media \pm Errore Standard)^a.

^a I valori seguiti da lettere diverse sono differenti per $P < 0,01$. Medie separate con Test di Duncan.

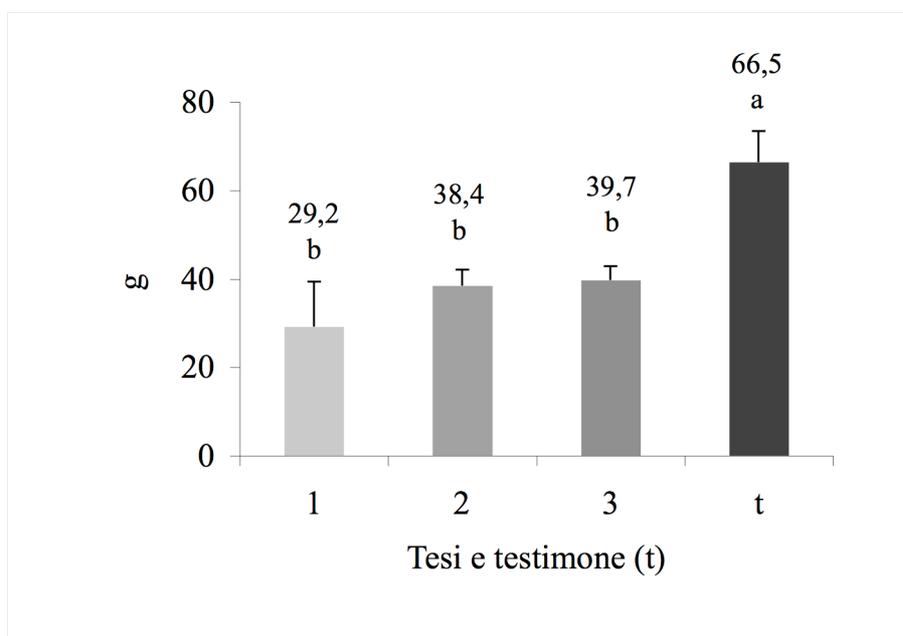


Figura 18 - Peso secco delle radici rilevato nel 2008 nelle tre tesi e testimone (Media \pm Errore Standard)^a.

^a I valori seguiti da lettere diverse sono differenti per $P < 0,05$. Medie separate con Test di Duncan.

Risultati della seconda prova sperimentale

Per quanto riguarda il confronto tra i due campi, le piante coltivate nel campo ad altitudine maggiore (Viote) hanno mostrato rese più elevate, sia in termini di peso secco che di numero di germogli prodotti (Tabella 18), e sono risultate più alte e con radice più pesante, indici di un maggiore sviluppo (Tabella 19).

Per quanto riguarda il confronto tra le accessioni, Peller ha prodotto i germogli più pesanti (Tabella 20). Nell'interazione "Località x Accessione", nel campo Viote l'accessione Zambana ha prodotto più germogli di Peller, mentre Bondolo si è distinta dalle altre due, sempre nel campo Viote, per il maggior peso della radice (Tabella 21).

Tabella 18 – Rese in germogli, espresse in Numero e Peso secco per unità di superficie, delle piante coltivate nei due campi sperimentali posti a differente altitudine (Media \pm Errore standard)^a.

Campo sperimentale	Numero (N° m ⁻²)	Peso secco (g m ⁻²)
Frisanchi (1078 m.s.l.m.)	15,1 \pm 1,3 B	4,9 \pm 0,4 B
Viote (1540 m.s.l.m.)	43,7 \pm 3,4 A	8,7 \pm 0,5 A
CV %	21,3	17,3

^a I valori seguiti da lettere diverse sono differenti per P<0,01.

Tabella 19 – Peso secco della radice ed Altezza delle piante coltivate nei due campi sperimentali posti a differente altitudine (Media \pm Errore standard)^a.

Campo sperimentale	Peso secco della radice (g)	Altezza delle piante (cm)
Frisanchi (1078 m.s.l.m.)	26,5 \pm 2,6 B	27,4 \pm 2,2 b
Viote (1540 m.s.l.m.)	60,9 \pm 8,3 A	55,6 \pm 7,1 a
CV %	24,3	29,1

^a I valori seguiti da lettere diverse sono differenti per P<0,01 (maiuscole) e P<0,05 (minuscole).

Tabella 20 - Peso secco dei germogli prodotti dalle tre accessioni nella seconda prova sperimentale (Media \pm Errore standard) ^a.

Accessione	Peso secco (g)
Bondolo	0,22 \pm 0,01 b
Peller	0,27 \pm 0,01 a
Zambana	0,22 \pm 0,01 b
CV %	16,3

^a I valori seguiti da lettere diverse sono differenti per $P < 0,05$. Medie separate con il Test di Duncan.

Tabella 21 - Interazioni tra i fattori “Campo” e “Accessione” per le variabili “Numero di germogli” prodotti per unità di superficie e “Peso secco della radice” nella seconda prova sperimentale (Media \pm Errore standard) ^a

Campo sperimentale	Accessione	Numero di germogli (N° m ⁻²)	Peso secco della radice (g)
Frisanchi	Bondolo	13,4 \pm 2,4 c	24,8 \pm 4,1 d
Frisanchi	Peller	17,8 \pm 0,7 c	30,6 \pm 4,7 cd
Frisanchi	Zambana	13,9 \pm 2,9 c	23,9 \pm 2,1 d
Viote	Bondolo	42,5 \pm 4,3 ab	82,2 \pm 9,4 a
Viote	Peller	35,0 \pm 1,3 b	53,6 \pm 8,0 b
Viote	Zambana	53,6 \pm 5,3 a	46,9 \pm 6,5 bc

^a Valori seguiti da lettere diverse sono differenti per $P < 0,05$. Medie separate con il Test di Duncan.

Discussione

Discussione dei risultati della prima prova sperimentale

Rispondendo al primo obiettivo, definire le rese ottenibili iniziando a raccogliere a diversi anni dall'impianto, i risultati produttivi delle tre tesi nel loro primo anno di raccolta indicano che il numero maggiore di germogli si ottiene raccogliendo al quarto anno dall'impianto (Figura 8), e le rese in peso secco più elevate si hanno raccogliendo al terzo e quarto anno dall'impianto (Fig. 9): tuttavia questi risultati sono riferiti ad anni diversi, pertanto possono essere influenzati da altri fattori (climatici *etc.*) oltre al fattore “anni di distanza dall'impianto”. Inoltre, l'obiettivo non è di stabilire le rese ottenute durante il solo primo anno di raccolta, ma quelle ottenibili iniziando la raccolta a partire da un certo anno, considerando quindi anche le rese ottenute negli anni successivi al primo di raccolta. E' pertanto più corretto rispondere all'obiettivo in questione valutando i risultati delle rese cumulate al 2008, che sono riferiti allo stesso anno, e che tengono conto dell'intero periodo di osservazione della prova, ovvero i primi quattro anni successivi all'impianto. Da questi risultati, emerge che il numero di germogli prodotti cumulato al 2008, quarto anno dall'impianto, ottenuto iniziando a raccogliere al secondo o al terzo anno dall'impianto è maggiore di quello ottenuto iniziando a raccogliere al quarto anno (Fig. 10), e le rese in peso secco cumulate al 2008, quarto anno dall'impianto, ottenute iniziando a raccogliere a partire dal terzo anno sono più elevate di quelle ottenute iniziando a raccogliere a partire dal quarto anno (Fig. 11). Per quanto riguarda le rese, al termine di quattro anni di osservazione si può pertanto concludere che è conveniente iniziare a raccogliere prima del quarto anno dall'impianto, essendo indifferente iniziare al secondo o al terzo anno.

Per rispondere al secondo obiettivo della prova, determinare le rese produttive dopo più anni successivi di raccolta, si possono considerare i risultati produttivi delle Tesi 1 e 2 nei successivi anni di raccolta, secondo i quali la Tesi 1 produce un maggior numero di germogli nel quarto anno di raccolta rispetto al terzo (Fig. 12). Tuttavia, questo risultato, oltre che parziale, è relativo ad anni diversi, su cui altri fattori (climatici *etc.*) oltre al fattore “anni di distanza dall'impianto” possono avere influito. Per rispondere al secondo obiettivo della prova è quindi più corretto osservare i risultati relativi alle rese delle tre tesi nello stesso anno 2008, da cui risulta che la Tesi 1, al suo terzo anno consecutivo di raccolta, ha

rese più basse sia in numero di germogli prodotti (Fig. 13) e sia in peso secco (Fig. 14) rispetto alle Tesi 3 e 2, raccolte rispettivamente per uno e due anni consecutivi. Si può concludere pertanto che, effettuando la raccolta con le modalità adottate nella prova sperimentale, al terzo anno consecutivo di raccolta le rese diminuiscono sia in termini di peso secco che di numero di germogli prodotti.

Dal confronto effettuato tra le rese cumulate nei vari prelievi, per quanto riguarda il numero di germogli prodotti, i risultati del 2006 indicano che il numero cumulado al terzo prelievo non è differente da quello cumulado al quarto (Tabella 8), mentre i risultati del 2007, relativi alla Tesi 2 (Tab. 10), e quelli del 2008, relativi alle Tesi 1 (Tab. 11) e 3 (Tab. 13), indicano che il numero cumulado più alto si ottiene al quarto prelievo. I risultati espressi in peso secco per unità di superficie (g m^{-2}) relativi alla Tesi 2 sia nel 2007 sia nel 2008 indicano che la resa cumulata al secondo prelievo non è diversa da quella ottenuta nei prelievi successivi (Tab. 10 e 12); i risultati del 2008 relativi alle Tesi 1 e 3 indicano invece che la resa cumulata al terzo prelievo non è differente da quella cumulata al quarto (Tab. 11 e 13). Considerando le rese in termini di peso secco, si può concludere che non è necessario eseguire più di tre prelievi, mentre considerando il numero di germogli prodotti, che è opportuno eseguire quattro prelievi.

Nel rispondere al terzo obiettivo, definire le caratteristiche morfologiche dei germogli prodotti nei vari prelievi, si osserva che:

- per quanto riguarda la lunghezza, i risultati del 2008, relativi a tutte le tesi, indicano che i germogli più lunghi si hanno in occasione del secondo prelievo (Tab. 17);
- per quanto riguarda il diametro, i risultati del 2006 relativi alla Tesi 1 (Tab. 14), quelli del 2007 relativi alla Tesi 2 (Tab. 16), e quelli del 2008 relativi a tutte le tesi (Tab. 17), indicano che i germogli raccolti nei primi due prelievi hanno il diametro maggiore;
- per quanto riguarda il peso, i risultati del 2006 relativi alla Tesi 1 indicano che i germogli più pesanti sono quelli raccolti nei primi due prelievi (Tab. 14), quelli del 2008, relativi a tutte le tesi, in occasione del secondo prelievo (Tab. 17).

Considerando che i germogli con dimensioni maggiori, soprattutto diametro e peso, sono più adatti alla trasformazione e preferiti dal consumatore, si può concludere che i germogli con le caratteristiche morfologiche migliori si ottengono in occasione dei primi due prelievi.

Considerando congiuntamente sia le rese che le caratteristiche morfologiche dei germogli prodotti nel corso dei vari prelievi, si può concludere che è opportuno effettuare la raccolta mediante non più di tre prelievi, dato che nel quarto prelievo non si ottengono rese in peso più elevate, ma solo un maggior numero di germogli con caratteristiche morfologiche peggiori.

Rispondendo al quarto obiettivo, verificare l'effetto delle raccolte sullo sviluppo delle piante in prova, le piante raccolte per tre anni consecutivi mostrano un maggior numero di fallanze rispetto a quelle raccolte per un solo anno (Fig. 15). La raccolta, effettuata per uno o più anni consecutivi, riduce lo sviluppo delle piante raccolte rispetto alle piante non raccolte (Figg. 17, 18). Si può concludere che la raccolta effettuata anche per un solo anno incide negativamente sullo sviluppo delle piante, e, se protratta per tre anni successivi, sulla loro sopravvivenza.

Discussione dei risultati della seconda prova sperimentale

I risultati della seconda prova sperimentale permettono di concludere che la specie è meglio adattata nel campo "Viote" rispetto a "Frisanchi", come testimoniano le maggiori rese, sia in termini di peso secco che di numero di germogli prodotti (Tab. 18) e il maggior sviluppo delle piante (Tab. 19). Come descritto nel capitolo dei Materiali e metodi, le piante sono state coltivate nei due campi osservando le stesse operazioni colturali, compiute nelle stesse epoche; i due terreni presentano inoltre analoghe caratteristiche, per cui in definitiva le differenze tra i due campi sono dovute essenzialmente a fattori ambientali. Tra questi ultimi, visto che i due campi sono situati a pochi chilometri di distanza e presentano quindi analoghi andamenti climatici stagionali, un fattore decisivo è la differente altitudine, dalla quale i parametri climatici locali (temperatura, precipitazioni, luminosità) sono influenzati. In definitiva, si può concludere che le piante coltivate a quota 1540 m s.l.m. presentano rese e sviluppo maggiori di quelle coltivate a 1078 m s.l.m.. Considerando i luoghi di reperimento del seme che ha originato le accessioni coltivate, si può concludere che la specie si adatta meglio ad altitudini prossime a quelle dei siti di crescita spontanea, ponendo dei limiti alle sue possibilità di coltivazione.

Capitolo III

Analisi chimiche di laboratorio

Introduzione

Studi precedenti

La composizione chimica di radici e foglie di *Cicerbita alpina* (L.) Wallr. è stata in passato oggetto di ricerca da parte di vari autori, che hanno riportato l'identificazione di vari sesquiterpenlattoni, tra cui l' 8-*O*-acetil-15- β -D-glucopiranosil-lattucina (Appendino *et al.*, 1991; Zidorn *et al.*, 2005a), un glucoside derivato dalla lattucina, responsabile del sapore amaro di cicoria (Van Beek *et al.*, 1990) e di alcune lattughe selvatiche (Sessa *et al.*, 2000). Tra le classi di composti oggetto di studio nelle piante alimentari negli ultimi anni, un particolare interesse è stato rivolto agli acidi fenolici, per il loro potenziale effetto terapeutico dovuto all'attività antiossidante (Rice-Evans *et al.*, 1996). Tuttavia, al momento di compiere questa ricerca, non era stato pubblicato alcuno studio riguardante la composizione chimica di germogli di *C. alpina*, né sulla presenza di acidi fenolici in estratti della specie.

Motivazioni

Una prima motivazione al presente studio è consistita nella scarsa letteratura esistente sulla composizione chimica di estratti della specie, ed in particolare nell'assenza di studi riguardanti la composizione di estratti dei germogli. Lo studio sulla composizione chimica dei germogli è motivato dall'interesse che questi rivestono per il loro utilizzo alimentare, già descritto nel primo capitolo. L'informazione sul profilo fenolico dei germogli è potenzialmente utile nel valutare le proprietà chemoprotettive dovute all'attività antiradicalica di questi composti, mentre la quantificazione del sesquiterpenlattone sopra citato può fornire una stima del livello di sapore amaro apprezzabile da parte del consumatore. I possibili sviluppi futuri della ricerca risiedono nell'ottenimento di una cultivar con un alto contenuto di acidi fenolici dalle proprietà antiossidanti ed un contenuto moderato di principi amari.

Obiettivi

Sulla base dei precedenti studi di carattere chimico condotti su *C. alpina*, l'obiettivo della ricerca si è focalizzato sull'identificazione e quantificazione degli acidi fenolici e del sesquiterpenlattone sopra citato nei germogli di diverse accessioni della specie.

Ambito di lavoro

La ricerca è stata condotta nell'ambito di un periodo di ricerca fuori sede condotto presso l'Institut für Pharmazie dell'Università di Innsbruck (<http://www.uibk.ac.at/pharmazie/>), sotto la supervisione del Prof. Christian Zidorn.

Materiali e metodi

Materiale vegetale

I germogli di *C. alpina* sono stati raccolti da piante appartenenti a quattro diverse accessioni: tre costituite da piante coltivate e una da piante spontanee. I germogli raccolti da piante coltivate provenivano dalla prova sperimentale già descritta nel secondo capitolo, situata in località Frisanchi (Centa di S. Nicolò, Trento) ad un'altitudine di 1078 m s.l.m., ed appartenevano alle tre accessioni qui coltivate (Bondolo, Peller e Zambana). Le date e le località di reperimento dei semi da cui hanno avuto origine le piante coltivate nonché le modalità della loro coltivazione sono descritte rispettivamente nella Tabella 2 e nel paragrafo "Materiali e metodi" del secondo capitolo. I germogli raccolti da piante spontanee provengono dalla località Monte Peller (Cles, Trento), situata ad un'altitudine di 1950 m s.l.m., la stessa da cui è stato prelevato il materiale di propagazione (semi) da cui ha avuto origine l'omonima accessione (Peller), una delle tre coltivate nella citata prova sperimentale. I germogli sono stati raccolti al momento in cui hanno raggiunto le dimensioni e caratteristiche adatte al consumo, nelle date del 23 Aprile 2007 (sulle piante coltivate) e 24 Maggio 2007 (sulle piante spontanee). Nello stesso giorno della raccolta, sono stati conservati alla temperatura di -18°C e successivamente liofilizzati a -80°C nel Dicembre 2007.

Estrazione

Dieci germogli liofilizzati per accessione, raccolti da altrettante piante e costituenti le repliche, sono stati macinati con un mulino elettrico e pesati. L'estrazione è stata condotta su ogni singolo germoglio seguendo il protocollo descritto da Zidorn (Zidorn *et al.*, 2005b), modificato secondo quanto descritto di seguito, con lo scopo di estrarre simultaneamente gli acidi fenolici ed i sesquiterpenlattoni. A 250 mg di germoglio secco macinato sono stati aggiunti 10 ml di soluzione contenente 0,25 mg ml⁻¹ di standard interno (quercetina) e 15 ml di una miscela di metanolo, acetone ed acqua (3/1/1, v/v/v); la soluzione è stata passata agli ultrasuoni per 30 minuti, quindi centrifugata (4000 rpm per 7 min), dopodiché l'estratto liquido è stato separato. Il materiale vegetale rimanente è stato estratto successivamente due volte con 25 ml di una miscela di metanolo, acetone ed acqua (3/1/1,

v/v/v), mediante gli stessi cicli di ultrasuoni e centrifugazione, separando ogni volta l'estratto liquido. Gli estratti liquidi assemblati sono stati portati al volume di 100 ml con la miscela di metanolo, acetone ed acqua (3/1/1, v/v/v); 50 ml di questa soluzione sono stati portati a secco sotto vuoto (Rotavapor) e ri-dissolti in 2 ml della miscela di metanolo, acetone ed acqua (3/1/1, v/v/v). In seguito a filtrazione, questa soluzione è stata utilizzata per le analisi HPLC. Estrazioni di confronto condotte con un numero maggiore di cicli hanno dimostrato che la procedura scelta ha condotto ad una estrazione completa dei composti da analizzare.

Reagenti

La quercetina è stata acquistata da Sigma (St Louis, USA); l'acido trifluoroacetico, il tetraidrofurano, il metanolo e l'acetone da Merck (Darmstadt, Germania). Metanolo e acetone erano di grado HPLC. L'acqua era di grado analitico quando utilizzata per l'estrazione, di grado HPLC quando usata per HPLC.

Analisi cromatografiche

Le analisi cromatografiche sono state condotte mediante HPLC impiegando un apparecchio cromatografico Hewlett-Packard HP-1090 (Waldbronn, Germania) equipaggiato con DAD detector e utilizzando i seguenti parametri: colonna HP ODS Hypersil 200 x 2,1 mm (5 μ m di materiale, Hewlett-Packard, Waldbronn, Germania); precolonna: Merck, RP-18 (5 μ m di materiale, Darmstadt, Germania); la fase mobile A era costituita da una miscela di H₂O con lo 0,1% di acido trifluoroacetico e lo 0,5% di tetraidrofurano; la fase mobile B da una miscela di metanolo con lo 0,1% di acido trifluoroacetico e lo 0,5% di tetraidrofurano; il flusso era di 0,22 ml min⁻¹; il volume di iniezione di 5 μ l; la temperatura di esercizio di 40°C; il gradiente lineare era il seguente: 0 min 15% B; 25 min 27,5% B; 55 min 30,5% B; 65 min 32,5% B; 95 min 65,5% B; 100 min arresto; ricondizionamento 15 min. I composti fenolici sono stati rilevati a 350 nm, i sesquiterpenlattoni a 260 nm. L'identificazione si è basata sul tempo di ritenzione e lo spettro UV mediante confronto con composti puri di riferimento, isolati in precedenti indagini condotte sulla stessa specie. La quantità dei composti di entrambe le classi è stata stimata sulla base del rapporto tra le aree dei picchi relativi e l'area della quercetina utilizzata come standard interno. Per la quantificazione dei composti fenolici è stato utilizzato il fattore di correzione ottenuto per l'acido clorogenico a

350 nm [$1,519 \pm 0,029$], per il sesquiterpenlattone sopracitato quello ottenuto per lo stesso composto a 260 nm [$1,736 \pm 0,013$]. Le analisi dei campioni sono state condotte in tre repliche; quelle per il calcolo del fattore di correzione in sei repliche.

Elaborazione statistica

I valori quantitativi percentuali sono stati sottoposti a trasformazione angolare (tavole di Bliss) prima di essere elaborati; le differenze quantitative nei composti analizzati tra le accessioni sono state determinate con ANOVA, le medie separate con Test di Duncan. Per le elaborazioni è stato utilizzato il *software* SPSS 13.0.

Risultati

Il metodo impiegato consente di effettuare al medesimo tempo la separazione e la quantificazione sia degli acidi fenolici che dei sesquiterpenlattoni (Figura 19). In tutti i campioni analizzati sono stati identificati e quantificati i seguenti acidi fenolici, tutti derivati dall'acido caffeico: acido clorogenico (1), acido 3,5 dicaffeoilquinico (2), acido caffeoiltartarico (3) e acido cicorico (4); nonché il sesquiterpenlattone 8-*O*-acetil-15- β -D-glucopiranosil-lattucina (5). La loro struttura è descritta nella Figura 20.

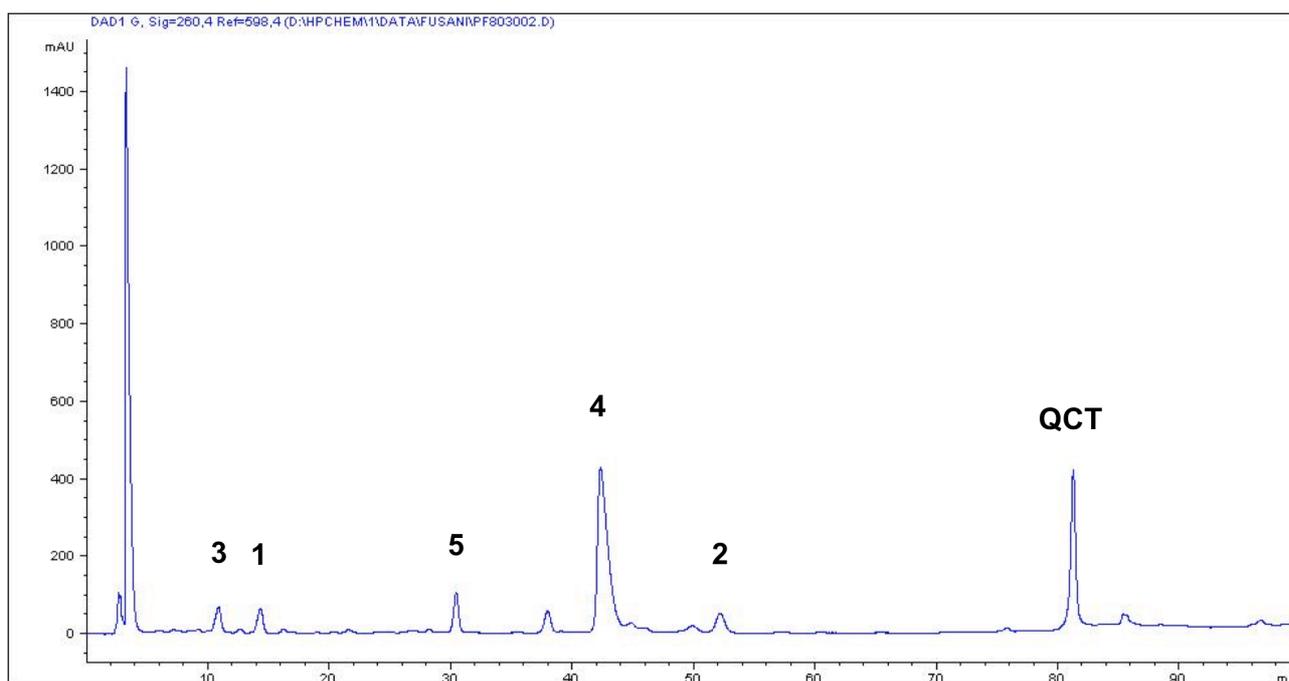
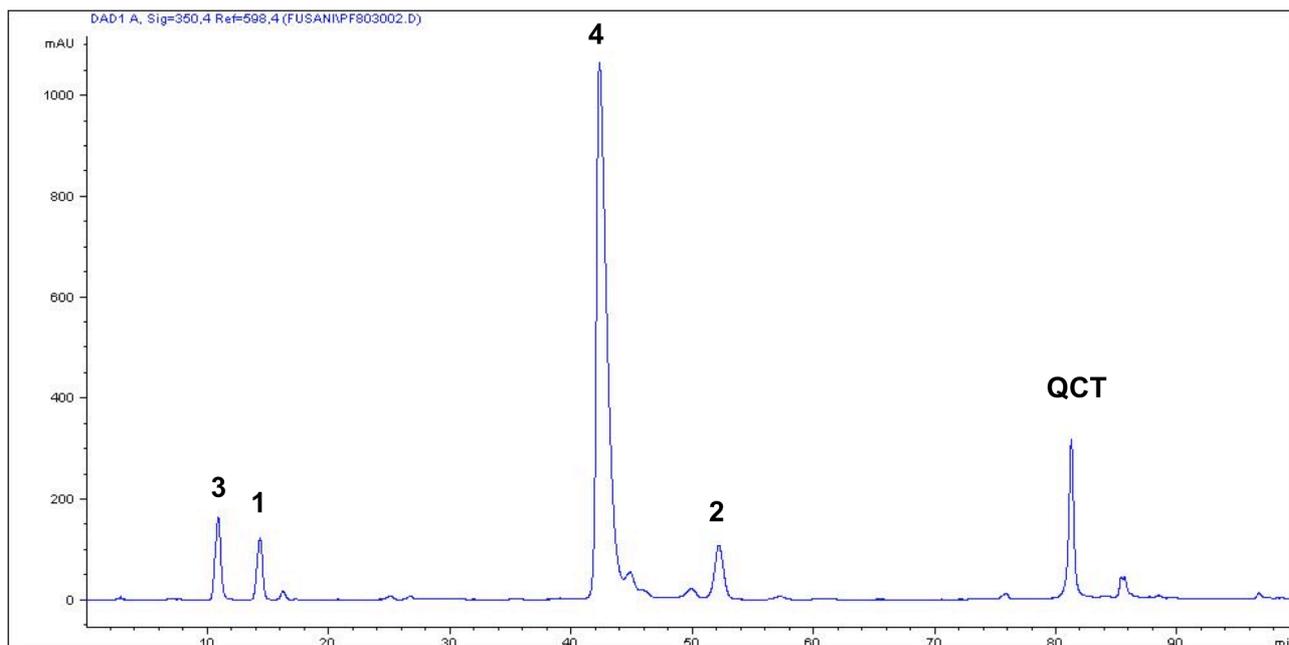


Figura 19 - Cromatogrammi HPLC-DAD a 350 (sopra) e 260 nm (sotto) di uno dei campioni analizzati. 1: acido clorogenico; 2: acido 3,5-dicaffeoilquinico; 3: acido caffeoiltartarico; 4: acido cicorico; 5: 8-O-acetyl-15- β -D-glucopiranosil-lactucina; QCT: quercetina (Standard interno).

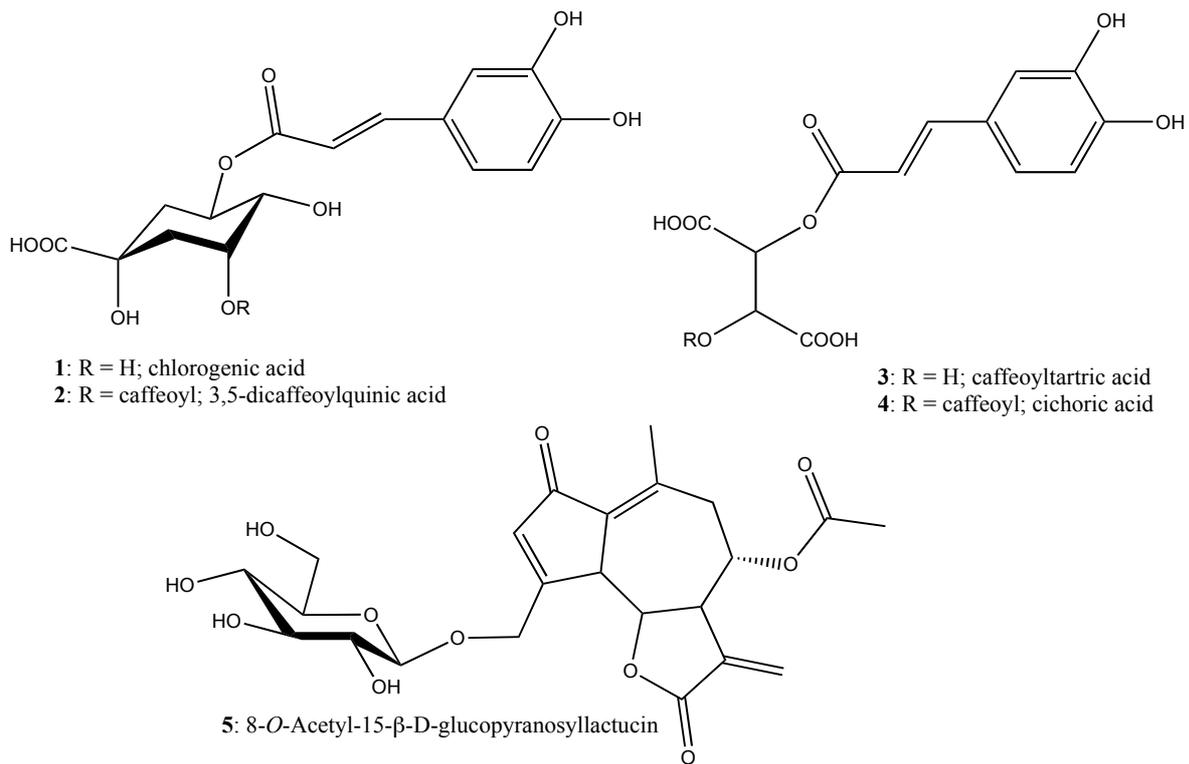


Figura 20 - Strutture chimiche dei composti identificati nei germogli di *C. alpina*.

Il composto più abbondante è risultato essere l'acido cicorico, con un valore medio tra tutti i campioni analizzati di $54,6 \text{ mg g}^{-1}$ (peso secco). Le accessioni si sono distinte tra loro per i quantitativi dei composti acido clorogenico (Figura 21) ed acido cicorico (Figura 22).

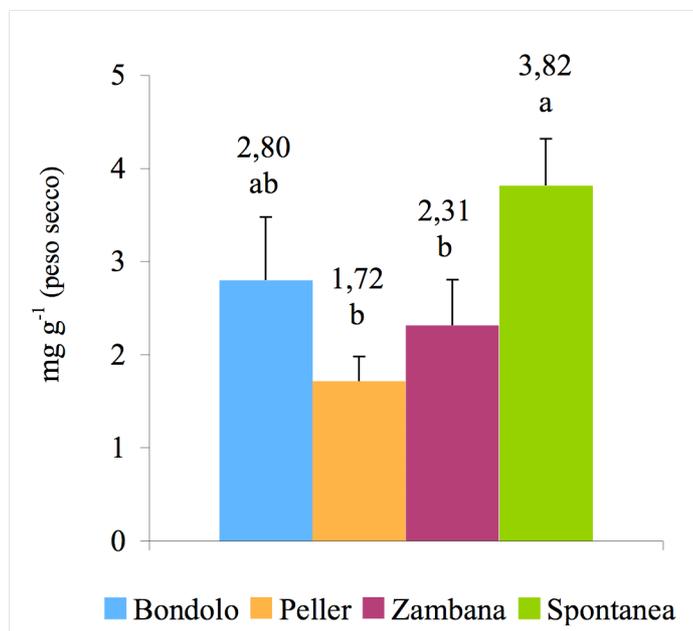


Figura 21 - Contenuto in acido clorogenico nelle diverse accessioni (Media \pm Errore standard)^a.

^a I valori seguiti da lettere diverse sono differenti per $P < 0,05$. Medie separate con Test di Duncan.

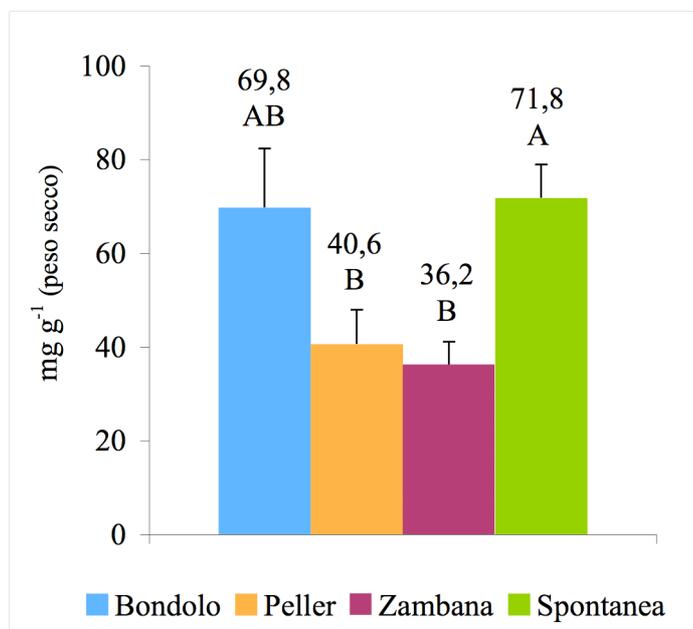


Figura 22 - Contenuto in acido cicorico nelle diverse accessioni (Media \pm Errore standard).

^a I valori seguiti da lettere diverse sono differenti per $P < 0,01$. Medie separate con Test di Duncan.

Per gli altri composti analizzati, non sono state riscontrate differenze tra le accessioni, ed i valori medi dei quantitativi di questi composti in tutti i campioni analizzati sono descritti nella Tabella 22.

Tabella 22 - Quantitativi medi nei campioni analizzati dei composti per i quali non è risultata differenza tra le accessioni (Media \pm Errore Standard).

Composto	Quantità (mg g ⁻¹ , peso secco)
acido 3,5 dicaffeoilquinico	5,44 \pm 0,64
acido caffeoiltartarico	5,14 \pm 0,43
8-O-acetyl-15- β -D-glucopiranosil-lactucina	2,36 \pm 0,21

Considerando l'insieme dei campioni analizzati, tutti i derivati dell'acido caffeico sono correlati positivamente, mentre non c'è correlazione tra alcuno di essi ed il sesquiterpenlattone sopra citato. La matrice di correlazione è indicata in Tabella 23.

Tabella 23 - Matrice di correlazione tra i quantitativi dei diversi composti analizzati ^a.

Variabile ^b	1	2	3	4
2	0.692			
3	0.713	0.803		
4	0.785	0.735	0.894	
5	-0.034	0.114	0.166	0.024

^a Correlazione di Pearson. I valori in grassetto sono diversi da zero con P < 0,05.

^b 1: acido clorogenico; 2: acido 3,5-dicaffeoilquinico; 3: acido caffeoiltartarico; 4: acido cicerico; 5: 8-O-acetil-15- β -D-glucopiranosil-lattucina.

Discussione

La ricerca qui descritta costituisce il primo studio quantitativo dei metaboliti secondari presenti nei germogli eduli di *C. alpina*, e la prima indagine sulla presenza di composti fenolici nella specie. Il sesquiterpenlattone (5) era già stato identificato nella specie (Appendino *et al.*, 1991; Djordjevic *et al.*, 2004; Zidorn *et al.*, 2005a), ma non nei germogli eduli. Gli acidi fenolici (1-4) sono stati identificati per la prima volta nella specie. Il valore medio tra tutti i campioni analizzati del sesquiterpenlattone (5) è di 2,36 mg g⁻¹ (peso secco), corrispondenti allo 0,23%. Appendino *et al.* (1991) avevano precedentemente isolato lo stesso composto nei quantitativi dello 0,13% e dello 0,15% su peso secco rispettivamente nelle radici e nelle foglie. All'interno di ogni accessione, è stata riscontrata un'ampia variabilità nei quantitativi dei vari composti. Questo risultato non è inatteso, dal momento che le piante spontanee spesso mostrano un'ampia variabilità nella loro composizione in metaboliti secondari. Lo stesso dicasi per le piante coltivate di prima generazione, come quelle da cui provengono i campioni di piante coltivate oggetto del presente studio. Nonostante questa ampia variabilità, l'accessione spontanea si differenzia da due delle coltivate, Peller e Zambana, per il più alto contenuto degli acidi clorogenico e cicorico. Considerando il fatto che i germogli da piante spontanee sono stati raccolti a quote maggiori rispetto a quelli da piante coltivate (1950 m s.l.m. vs 1078 m s.l.m.), questo risultato è in accordo con precedenti studi che correlano positivamente l'altitudine del sito di crescita delle piante con il contenuto di derivati dell'acido caffeico (Zidorn *et al.*, 2005b; Spitaler *et al.*, 2006 e 2008; Ganzera *et al.*, 2008), anche se molti altri fattori come l'età delle piante, il differente stadio di sviluppo al momento della raccolta o altri fattori ambientali possono influenzare questo contenuto. Le tre accessioni coltivate non differiscono tra loro per nessuno dei composti analizzati. Per quanto riguarda i rapporti tra i quantitativi dei composti analizzati, la correlazione positiva tra i diversi acidi fenolici motiva la possibilità di adottare un programma di miglioramento per la specie finalizzato all'ottenimento di una cultivar con un alto contenuto di tutti e quattro i derivati dell'acido caffeico. L'assenza di correlazione tra il sesquiterpenlattone e ciascuno dei derivati dell'acido caffeico non è inattesa, in quanto le due classi di composti sono sintetizzate mediante vie metaboliche differenti. Inoltre, le due classi di composti sono riconosciute in letteratura responsabili di diverse azioni: i sesquiterpenlattoni sono comunemente ritenuti

responsabili di attività repellente contro parassiti (Pickman, 1986), mentre i derivati dell'acido caffeico sono utilizzati dalla pianta come protezione contro i raggi ultravioletti, oltre ad essere importanti nell'alimentazione umana per la loro azione antiossidante. In conclusione, è possibile selezionare linee di *C. alpina* con un alto contenuto di composti antiossidanti ed un contenuto moderato di sesquiterpenlattoni che conferiscano al prodotto il giusto grado di sapore amaro.

Conclusioni

Conclusioni della sperimentazione agronomica

Dai risultati emersi nelle prove sperimentali agronomiche, si può concludere che *Cicerbita alpina* (L.) Wallr. può essere coltivata a partire da seme, mediante trapianto in pieno campo di piantine ottenute in vivaio nello stesso anno, non richiedendo particolari operazioni colturali oltre a una preparazione del terreno, un'irrigazione al trapianto e alcune scerbature e rincalzature negli anni successivi. Si tratta comunque di una pianta dalle particolari esigenze climatiche, per cui la coltivazione è sconsigliata a quote inferiori ai 1000 m s.l.m., e dà risultati migliori a quote più elevate, prossime a quelle di raccolta spontanea (1500 m s.l.m.). E' possibile iniziare la raccolta già al secondo anno dall'impianto, in modo da ottenere anticipatamente la produzione vendibile, oppure al terzo, in modo da contenere i costi di raccolta. La raccolta va effettuata mediante non più di tre prelievi successivi, per non compromettere la capacità produttiva negli anni e per ottenere germogli dalle caratteristiche morfologiche adatte al consumo. Le rese in peso secco ottenute nelle prove sperimentali oscillano tra un minimo di 4 g m⁻², nel campo dei Frisanchi, di 5 g m⁻², nel campo delle Viote, ed un massimo di 9 g m⁻² in entrambi i campi.

Conclusioni delle analisi chimiche

Il risultato più importante ottenuto è che i germogli di *C. alpina* sono una ricca fonte di derivati dell'acido caffeico, dei quali è nota l'attività antiossidante. Il profilo quantitativo all'interno della specie mostra un ampio grado di variabilità, ed offre opportunità per intraprendere un programma di miglioramento con l'obiettivo di ottenere una cultivar ricca in sostanze ossidanti ed un livello moderato di sesquiterpenlattone amaro. Inoltre, la ricerca nel settore chimico descrive un facile ed efficace metodo per la simultanea quantificazione dei derivati dell'acido caffeico e dei sesquiterpenlattoni.

Ricadute pratiche e possibilità applicative

Le tecniche colturali adottate nelle prove sperimentali, nonché le conclusioni riportate, possono essere prese in considerazione nell'intraprendere la coltivazione di *C. alpina* a fini produttivi. Le rese ottenibili calcolate a partire dai dati sperimentali, riportate in peso fresco, visto che il prodotto è trasformato e commercializzato fresco, e su una superficie di 100 m², dimensione di riferimento per piccole aziende agricole di montagna che possono praticare la coltivazione, oscillano tra i 4 e i 9 kg. Considerando che è consigliabile ridurre il numero di prelievi rispetto a quelli adottati nelle prove sperimentali, ma anche che alcune tecniche colturali possono essere migliorate rispetto a quelle adottate nelle prove stesse, questi valori possono essere presi come riferimento nel calcolare la Produzione Lorda Vendibile (PLV) ottenibile dalla coltivazione di *C. alpina*.

Nel calcolare la PLV, è opportuno riferirsi al prezzo di mercato del prodotto trasformato, in quanto:

- il mercato del prodotto fresco è di tipo occasionale ed interessa volumi di prodotto limitati;
- il valore aggiunto dovuto alla trasformazione è alto;
- la trasformazione del prodotto in azienda è praticabile in proprio senza particolari attrezzature o tecnologie.

La PLV dipende dal prezzo di vendita del prodotto trasformato, che come è riportato nell'introduzione, è variabile tra i 37,5 e i 60 euro kg⁻¹: ipotizzando un prezzo intermedio di 49 euro kg⁻¹ e considerando le perdite del 35% in peso dovute alla trasformazione, nonché i costi di confezionamento di circa 4 euro kg⁻¹ (Cattivello *et al.*, 2006), la PLV ricavabile dalla trasformazione di 1 kg di prodotto fresco è di 36 euro. Ottimizzando le rese, in modo da uguagliare i valori più alti ottenuti nelle prove sperimentali, la PLV ottenibile da una superficie investita di 100 m² può raggiungere i 324 euro, e giustificare la coltivazione di *C. alpina* da parte di piccole aziende di montagna che siano in grado di trasformare in proprio il prodotto, come integrazione del reddito derivante da altre colture.

Bibliografia

- Aeschimann, D., Lauber, K., Moser, D.M., e Theurillat, J.P. (2004) Flora Alpina. Bologna, Zanichelli: 656.
- Aiello N. e Fusani P. (2005) Metodi per rimuovere la dormienza del seme in *Cicerbita alpina*. Sementi Elette, 3: 52-54.
- Ambrosi G., Gianelle D. e Nicolini G. (2001) Studio sulla possibilità di coltivazione di *Cicerbita alpina* (L.) Wallr.. Centro di Ecologia Alpina, Trento, Report 24.
- Appendino, G., Tettamanzi, P., e Gariboldi, P. (1991) Sesquiterpene lactones and furanocoumarins from *Cicerbita alpina*. Phytochemistry, 30, 1319-1320.
- Arietti N. (1974) La flora economica e popolare del territorio bresciano. Brescia Ateneo.
- Bremer, K. (1994) Asteraceae. Cladistics & Classification. Portland, Oregon: Timber Press.
- Cattivello C., Danielis R. e Cisilino L. (2006) Radicchio di monte: dalla raccolta di materiale spontaneo alla coltivazione. Notiziario ERSA 3-4: 3-6.
- Cividino S.R.S., Gussetti I. e Colussi L. (2006) Aspetti economici legati alla coltivazione del radicchio di monte (*Cicerbita alpina*). Notiziario ERSA 3-4: 7-10.
- Corradini, C., Bonessi, M. e Innocente, N. (2002) Cibario del Friuli-Venezia Giulia. Atlante dei prodotti della tradizione. Udine: ERSA.
- Dalla Fior, G. (1969) La nostra flora. Trento, Monauni: 664.
- Dalla Torre, K. W. (1912) Flora von Tirol. Innsbruck: Verlag Der Wagnerschen Universitäts-Buchhandlung.
- Djordjevic I., Tesevic, V., Janacjovic, P., Milosavljevic, S. e Vajs, V. (2004) Sesquiterpene lactones from *Cicerbita alpina*. Biochemical systematics and ecology 32: 209-210.
- Ellenberg H., Weber H.E., Dull R.P.G., Wirth V., Werner W. e Paulissen D. (1991) Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Erich Golze KG, Gottingen.
- Fiori, A. (1929) Nuova Flora Analitica d'Italia. Paoletti. Ristampa anastatica: (1969) Edagricole, Bologna: 819.
- Fischer M. A., Oswald K. e Adler W. (2008) Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol. Linz: Land Oberösterreich, Biologiezentrum der oberösterreichischen Landesmuseen.
- Fondazione Slow Food per la Biodiversità Onlus (2008) Presidi Italiani. <http://www.fondazioneSlowFood.it> (27/12/2008).

- Fusani P. e Vender C. (2008) Raccolta di piante alimentari spontanee in provincia di Trento: un caso di studio. Poster presentato al VIII Convegno Nazionale “La Biodiversità – una risorsa per i sistemi multifunzionali”. Lecce, 21-23 Aprile 2008 (Atti del convegno in corso di stampa).
- Fusani P., Scartezzini F., Aiello N. e Vender C. (2007) Cicerbita alpina: an alpine edible vegetable resource to value. Poster presented at the 1st ISHS International Medicinal and Aromatic Plants conference on Culinary Herbs. Antalya, Turkey, 29 April – 4 May 2007. Book of abstracts.
- Ganzer, M., Guggenberger, M., Stuppner, H., Zidorn, C. (2008) Altitudinal variation of secondary metabolite profiles in flowering heads of *Matricaria chamomilla* cv. BONA. *Planta Med.*, 74, 453-457.
- Ghirardini M. P., Carli M., Del Vecchio N., Rovati A., Cova O., Valigi F., Agnetti G., Macconi M., Adamo D., Traina M. Laudini F., Marcheselli I., Caruso N., Gedda T., Donati F., Marzadro A., Russi P., Spaggiari C., Bianco C., Binda R., Barattieri E., Tognacci A., Girardo M., Vaschetti L., Caprino P., Sesti E., Andreozzi G., Coletto E., Belzer G. e Pieroni A. (2007) The importance of a taste. A comparative study on wild food plant consumption in twenty-one local communities in Italy. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 3: 22.
- Gortani L. e Gortani M. (1905) Flora friulana, con speciale riguardo alla Carnia. Udine.
- Hegi, (1928/9), *Illustrierte Flora von Mitteleuropa* Vol, VI/2, p. 1101.
- Koopman W. J. M., Guetta E., Van de Wiel C. C. M. e Van den Berg R. (1998) Phylogenetic relationships among *Lactuca* (Asteraceae) species and related genera based on ITS-1 DNA sequences. *American Journal of Botany*, 85 (11): 1517-1530.
- Landolt E. (1977) *Okologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora*. ETH, Zurich.
- Lasen, C. (2003) *Habitat Natura 2000 in Trentino*. Trento, Provincia autonoma di Trento, Servizio parchi e conservazione della natura.
- Long D. (2005) Senza titolo. *Plantlife Scotland*.
[http:// www.plantlife.org.uk/uk/assets/saving-species/saving-species-dossier/Cicerbita_alpina_summary.pdf](http://www.plantlife.org.uk/uk/assets/saving-species/saving-species-dossier/Cicerbita_alpina_summary.pdf) (16/12/2008)
- Marren P.R., Payne A.G. e Randall R.E. (1986) The past and present status of *Cicerbita alpina* (L.) Wallr. in Britain. *Watsonia*, 16: 131-142

- Michl T., Huck S., Haase P. e Büdel B. (2007) Genetic differentiation among populations of *Cicerbita alpina* (L.) Wallroth (Asteraceae) in the western Alps. *Z. Naturforsch.* 62: 747-756.
- MSTAT-C. (1993) Michigan University.
- Penzig, O. (1972) *Flora popolare italiana*. Bologna: Edagricole
- Picchi G. e Pieroni A. (2005) *Atlante dei prodotti tipici. Le erbe*. INSOR
- Pickman, A. K. (1986) Biological activity of sesquiterpene lactones. *Biochem. Syst. Ecol.* 3: 255-281.
- Pignatti, S. (1982) *Flora d'Italia*. Bologna, Edagricole.
- Progetto BioInnovErbe. <http://www.ersa.fvg.it> (27/12/2008)
- Prosser F. (2001) *Lista Rossa della Flora del Trentino. Pteridofite e Fanerogame*. Museo Civico di Rovereto, Ed. Osiride.
- Prosser, F. (2006) Comunicazione personale.
- Rice-Evans, C.A., Miler, N. J., e Paganga G. (1996) Structure- antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Rad. Biol. Med.*, 20, 933-956.
- Scartezzini F. (2008) *Prime esperienze nella produzione di piantine di Cicerbita alpina*. *Terra Trentina*, 2: 29-33.
- Scartezzini F., Vender C., Aiello N. e Fusani P. (2005) Domestication and field management trials of *Cicerbita alpina* (L.) Wallr. First International Conference on Crop Wild Relative Conservation and use, 14-17 September 2005, Agrigento, Italy. *Book of abstracts*: 126. (www.pgrforum.org/Publications.htm.)
- Scartezzini, F. (2005) *Micropropagazione della cicerbita violetta*. *Sementi Elette*, 3: 55-59.
- Sell, P. D. (1976) *Cicerbita* Wallr. . In T. G. Tutin, V. H. Heywood, N. A. Burges, D. M. Moore, D. H. Valentine, S. M. Walters, e D. A. Webb, *Flora Europaea*, IV: 331. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Sessa, R.A., Bennett, H. M., Lewis, J. M., Mansfield, W. J., e Beale, H. M. (2000) Metabolite profiling of sesquiterpene lactones from *Lactuca* species. *The Journal of Biological chemistry*, 275, 26877-26884.
- Spitaler, R., Schlorhauser, P. D., Ellmerer, E. P., Merfort, I., Bortenschlager, S., Stuppner, H. e Zidorn, C. (2006) Altitudinal variation of secondary metabolite profiles in flowering heads of *Arnica montana* cv. ARBO. *Phytochemistry*, 67, 409-417.

- Spitaler, R., Winkler, A., Lins, I., Yanar, S., Stuppner, H. e Zidorn, C. (2008) Altitudinal variation of phenolic contents in flowering heads of *Arnica montana* cv. ARBO: a 3-year comparison. *J Chem. Ecol.*, 34, 369-375.
- SPSS 13 for Mac OS X Release 13.0.0. (2006)
- Van Beek, T.A., Maas, P., King, M. B., Leclercq, E., Voragen, G.J.A., e De Groot, A. (1990) Bitter Sesquiterpene lactones from Chicory Roots. *J. Agric. Food Chem.*, 38, 1035-1038.
- Vender C., Aiello N., Fusani P., Scartezzini F., Zini E., Eggher P., D'Ambrosio M. e Komianc M. (2005) Edible, aromatic and medicinal plants of the alps: a resource to value. Poster presentato al XLIX Italian Society of Agricultural Genetics Annual Congress, 12-15 Settembre 2005, Potenza, Italia.
- Yurukova-Grancharova P. e Baldjiev G. (2003) Development of the female gametophyte in *Cicerbita alpina* (Asteraceae). *Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences*, 56, 7: 99-104.
- Zidorn C. (2008) Sesquiterpene lactones and their precursors as chemosystematic markers in the tribe Cichorieae of the Asteraceae. *Phytochemistry* 69, 12: 2270-2296.
- Zidorn, C., Schwaha, R.E., Ellmerer, E.P., e Stuppner, H. (2005a) On the occurrence of sonchuside A in *Cicerbita alpina* and its chemosystematic significance. *J. Serb. Chem. Soc.*, 70, 171-175.
- Zidorn, C., Schubert, B., e Stuppner, H. (2005b) Altitudinal differences in the contents of phenolics in flowering heads of three members of the tribe Lactuceae (Asteraceae) occurring as introduced species in New Zealand. *Biochem. Syst. Ecol.*, 33, 855-872.