



CORSO DI DOTTORATO DI RICERCA IN ORTOFLOROFRUTTICOLTURA

XXV Ciclo

**Interventi agronomici e genetici per la definizione della tecnica
colturale e la costituzione di ibridi F₁ in carciofo**

s.s.d. AGR/04

Tesi di dottorato di

Dott. Luigi Cardarelli

Coordinatore del corso

Dott. Giuseppe Colla

Tutore

Dott. Olindo Temperini

.....

Data della discussione: 07 giugno 2013

DEDICA

A tutte le persone a cui voglio bene

ABSTRACT

In recent years, the artichoke has undergone intense genetic improvement both on the part of multinational seed companies and scientific institutions. This has led to the first uniform and stable F₁ hybrids, with high agronomic and commercial value.

However, it should be noted that despite the several studies concerning physiology, farming techniques and phytosanitary protection about conventional culture, there are only few indications regarding the management of the artichoke field implanted from plants obtained by gametic pathway, both as regards the use of seedlings with protected root and, even less, the direct seeding.

Therefore, in a modern cultivation of artichoke which is likely to increase the use of plants obtained via seed, it is crucial to deepen the knowledge of appropriate techniques regarding the time of sowing, density of transplanting, the weeds control and the irrigation system. Those techniques should consider not only the type of production (fresh market, industrial processing, production of achenes) but also the implantation technique adopted such as direct seeding (e.g. U.S.A.) or transplant (e.g. Italy).

The achenes net yields, although lower, are comparable to those of plants such as sunflower and cultivated cardoon, species already involved in specific genetic improvement programs.

Hence, considering that the recent genetic improvement of the artichoke has been concentrated mainly on the production of immature heads (i.e. fresh market and processing industry), it is assumed that there are good possibilities to increase both the net yield in achenes and oil through the formation of F₁ hybrids.

Thereafter, the present Ph.D. project had, as its main objective, the setup of agricultural techniques in the cultivation of the artichoke propagated by seed to be used both in direct seeding and for obtaining seedlings with protected root.

A second issue of the research was to study the effect of sowing on the yield response for some F₁ artichoke's hybrids, making direct seeding on a monthly basis for a total of 15 months.

In the course of the project it has been also possible to cooperate in the work of genetic improvement in place for several years at the DAFNE in order to contribute to the establishment of F₁ hybrids. From the experiments it emerged that the time and density of

transplantation significantly influence both the growth of the plant and the heads production both in terms of quantity and quality.

Anticipating the transplant to the first days of July, it is possible to advance to the month of November the collection of the heads of very early varieties such as Istar Hy. Conversely no significant advances for late hybrids have been recorded.

Also, it was noted that if the transplant is delayed beyond the third decade of July, for the early varieties, and over the end of August, for the late cultivars, both types show a reduction of the biomass produced.

Such behavior suggests that, despite being considered a microthermal species the artichoke prefers high levels of temperature and light in the first phase of growth.

Besides the time of planting, the density was also important to achieve satisfying levels of production. As a matter of fact, for the Istar variety, the optimum density was much larger than for the Romolo cultivar which requires densities equal to, or even lower than that usually achieved in the Lazio region for the old cultivars used.

Relatively to the test of direct sowing, it was observed a similar behavior to the one detected in the test that involved the use of protected root seedling for the constitution of the artichoke.

In fact, the cv Romolo was more productive with lower densities while the production of Istar, being less vigorous, reached the highest levels with the highest density. Regarding the times, none of the two varieties showed significant differences in the two compared periods.

Among the cultivars used in the study of the thermo-photoperiodic response, the insertion of an early cultivar as Istar was found very important as it has responded differently to all other cultivars used. In particular, the first three sowing have underlined the precocity of Istar. As a matter of fact, the plants sown in March and April in both years have started the production cycle in the fall.

For the Romolo cultivar, the heads yield was not affected by the time of sowing.

The experience gained on some cross-combinations has showed that the use of the two selections of cultivated and wild cardoon is very useful in order to obtain information on the possible use of new male sterile in breeding programs, reducing the number of hybrids to be tested.

In fact, being the two cardoon lines stable and uniform, because of the cross within very small populations followed by a few cycles of selfing, any variability observed in hybrid plants can be likely attributed to the male sterile used in the cross.

The best male sterile identified, will be subsequently used in specific cross, not only to test the uniformity of the hybrid but also some morpho-physiological and agronomic features, essential for their future cultivation.

Based on the experience gained, a positive opinion on the use of new genotypes multiplied by "seed" can be expressed.

The use of seed varieties characterized by different degree of precocity and low cost of the seedlings can be an advantage for both covering those market niches where the supply of artichokes can not meet the demand and reducing the production costs and, thus, make the Italian artichoke more competitive.

During the course of the PhD interesting material (clones) to be multiplied by vegetative propagation and suitable for the fresh market has been selected.

RIASSUNTO

Negli ultimi anni il carciofo è stato oggetto di una intensa attività di miglioramento genetico sia da parte di ditte sementiere multinazionali che da parte delle istituzioni scientifiche; ciò ha portato all'ottenimento dei primi ibridi F_1 uniformi e stabili di particolare valore agronomico e commerciale. Tuttavia, va rilevato che pur esistendo moltissimi lavori bibliografici inerenti la fisiologia, la tecnica agronomica, la difesa fitosanitaria, ecc., relativamente alla coltura convenzionale (carducci, ovoli e piante micropropagate), poche indicazioni sono presenti per quanto riguarda la gestione della carciofaia impiantata mediante piante ottenute per via gamica, sia per quanto riguarda l'impiego di piantine a radice protetta e ancor meno attraverso la semina diretta.

Pertanto, risulta particolarmente importante, per una cinaricoltura moderna che sicuramente farà sempre più uso di piante ottenute via seme, approfondire le conoscenze di un appropriato itinerario tecnico ed in particolare riguardo l'epoca di semina, il sesto di impianto, il controllo della flora infestante e il sistema di irrigazione, in funzione non solo della tipologia di produzione (mercato fresco, trasformazione industriale, produzione di acheni) ma anche della tecnica di impianto adottata: semina diretta (come negli U.S.A) oppure trapianto (come avviene in Italia).

Le rese produttive in acheni, seppur inferiori, sono paragonabili a quelle di piante come il girasole ed il cardo coltivato, specie sottoposte ormai da molti anni a programmi specifici di miglioramento genetico; pertanto, considerando che l'attività di miglioramento genetico del carciofo è recente, e che è stata concentrata prevalentemente per la produzione di capolini immaturi (mercato del fresco e industria di trasformazione), si presume che esistono ampi margini di miglioramento sia per incrementare la resa in acheni, sia per la resa in olio degli stessi, attraverso la costituzione di ibridi F_1 .

Tenendo conto di quanto sopra riportato, la presente ricerca di dottorato ha avuto come principale obiettivo la messa a punto della tecnica agronomica per la coltivazione del carciofo propagato via seme, impiegato sia per semina diretta in campo che per l'ottenimento di piantine a radice protetta da utilizzare per la costituzione della carciofaia.

Altro aspetto affrontato è stato quello di studiare l'effetto dell'epoca di semina sulla risposta produttiva di alcuni ibridi F_1 di carciofo, effettuando la semina diretta con cadenza mensile per un totale di 15 mesi.

Nel corso del dottorato è stato anche possibile collaborare nel lavoro di miglioramento genetico in atto da diversi anni presso il DAFNE al fine di contribuire alla costituzione di ibridi F1.

Dalla sperimentazione è emerso che l'epoca e la densità di trapianto influenzano in maniera significativa sia l'accrescimento della pianta che la produzione di capolini sia sotto l'aspetto quantitativo che qualitativo. Anticipando ai primi giorni di luglio il trapianto è possibile anticipare al mese di novembre la raccolta dei capolini delle varietà precocissime come Istar Hy, mentre non sono stati osservati anticipi significativi degli ibridi tardivi. È stato inoltre osservato che se si ritarda il trapianto oltre la terza decade di luglio per le varietà precoci e oltre la fine di agosto per le cultivar tardive si verifica per entrambe le tipologie una riduzione della biomassa prodotta. Da tale comportamento si evince che il carciofo, pur essendo considerata una specie microterma, durante la prima fase di crescita predilige elevati livelli di temperatura e di luce;

Oltre all'epoca di impianto anche la densità è risultata importante per ottenere livelli produttivi soddisfacenti; infatti, per la varietà Istar, la densità ottimale è risultata decisamente superiore rispetto alla cultivar Romolo che, invece, richiede densità uguali o addirittura inferiori a quella operata usualmente nella Maremma laziale per le vecchie cultivar impiegate.

Relativamente alla prova di semina diretta è stato osservato un comportamento analogo a quanto rilevato nella prova che prevedeva l'impiego di piantine a radice protetta per la costituzione della carciofaia; infatti, la cv Romolo è risultata più produttiva con densità più basse mentre la produzione della cv Istar, essendo meno vigorosa, ha raggiunto i livelli più alti con la massima densità studiata. Riguardo alle epoche, nessuna delle 2 varietà ha mostrato differenze significative nelle 2 epoche a confronto.

Tra le cultivar utilizzate nello studio della risposta termo-fotoperiodica, l'inserimento di una cultivar precoce come Istar si è rilevato molto importante in quanto ha risposto in modo differente a tutte le altre cultivar impiegate. In particolare le prime tre semine effettuate in entrambi gli anni oggetto di studio hanno esaltato la precocità di Istar. Infatti le piante seminate in entrambi gli anni in marzo e aprile hanno iniziato il ciclo produttivo in autunno.

Per la cultivar Romolo la produzione dei capolini non ha risentito dell'epoca di semina.

L'esperienza maturata su alcune combinazioni di incrocio ha evidenziato che l'utilizzo delle due selezioni di cardo selvatico e coltivato, si è rivelato molto utile al fine di ottenere informazioni sul possibile impiego di nuovi maschiosterili in programmi di incrocio,

riducendo il numero di ibridi da testare. Infatti, essendo le 2 linee di cardo molto stabili e uniformi, a causa di incroci all'interno di popolazioni molto piccole seguite da alcuni cicli di autofecondazione, l'eventuale variabilità riscontrata nelle piante ibride, potrà essere attribuita per buona parte al maschiosterile utilizzato nell'incrocio. I migliori maschiosterili così individuati, verranno successivamente impiegati in incroci specifici, per testare non solo l'uniformità dell'ibrido ma anche alcune caratteristiche morfo-fisiologiche, nonché agronomiche indispensabili per una loro futura coltivazione.

Sulla base dell'esperienza maturata può quindi essere espresso un giudizio positivo sull'impiego dei nuovi genotipi moltiplicati via "seme" a condizione di valutarne in anticipo l'adattabilità nelle condizioni di coltivazione in cui si opera e della risposta alla tecnica colturale adottata.

L'impiego di varietà da seme caratterizzate da diverso grado di precocità e a basso costo delle piantine può risultare vantaggioso sia per coprire quelle nicchie di mercato in cui l'offerta di carciofo sul mercato italiano non riesce a soddisfare la domanda, sia per ridurre i costi di produzione e quindi rendere la cinaricoltura italiana più competitiva.

Nel corso dell'attività di dottorato è stato selezionato materiale interessante (cloni) da moltiplicare per via vegetativa, adatti per il mercato del fresco.

INDICE	
1 - Parte generale	1
1.1 - Cenni storici	1
1.2 - Diffusione ed importanza economica nel mondo	3
1.2.1 - Diffusione ed importanza economica In Italia	7
1.2.2 - Diffusione ed importanza economica nel Lazio	8
1.3 - Cenni tassonomici	8
1.4 - Descrizione botanica	10
1.5 - Biologia ed esigenze ambientali	13
1.6 - Panorama varietale italiano	14
1.7 - Metodi di propagazione	20
1.7.1 - Moltiplicazione tramite ovoli	20
1.7.2 - Moltiplicazione tramite carducci	21
1.7.3 - Moltiplicazione tramite “zampe”	22
1.7.4 - Moltiplicazione per propagazione in vitro di meristemi apicali	23
1.7.5 - Moltiplicazione gamica	24
1.8 - Avversità biotiche ed abiotiche	26
1.9 - Tecnica colturale	33
1.10 - Raccolta e commercializzazione dei capolini	37
1.11 - Raccolta del carciofo e del cardo da seme	40
1.12 - Trasformazione industriale ed utilizzo dei sottoprodotti	43
1.13 - Alimentazione	51
1.13.1 - Aspetti nutrizionali	51
1.13.3 - Fitoterapia e medicina	54
1.14 - Miglioramento genetico	55
1.14.1 - Risorse genetiche	55
1.14.2 - Miglioramento genetico via agamica	56
1.14.3 - Miglioramento genetico via gamica	58
1.14.4 - Controllo genetico di alcuni caratteri	62
2 - Parte Sperimentale	64
2.1 - Premessa	64
2.2 - Obiettivi del lavoro	66
2.3. - Materiali e metodi	67
2.3.1. - Cultivar impiegate nella sperimentazione	67

2.3.2 - Condizioni pedoclimatiche delle località oggetto della sperimentazione	77
2.3.3 - Studio dell'epoca e modalità di impianto per la produzione di capolini e di acheni. ...	85
2.3.4 - Attività di miglioramento genetico	91
2.4 - Risultati e discussione	95
2.4.1 - Studio dell'epoca di impianto sulla produzione di capolini per il mercato del fresco ..	95
2.4.2- Studio della densità di impianto sulla produzione di capolini per il mercato del fresco	101
2.4.3. - Studio dell'effetto del genotipo, dell'epoca e della densità di semina sulla produzione di acheni e capolini per il mercato del fresco	105
2.4.4 – Termo-fotoperiodismo	110
2.4.5 - Maschio-sterili e linee	113
2.5 - Conclusioni	123
3 - Bibliografia.....	125
4 - Ringraziamenti	132

1 - Parte generale

1.1 - Cenni storici

Il carciofo, essendo un ortaggio di cui si consumano parti erbacee e non dure ci ha lasciato solo molto raramente (a differenza di altre piante come cereali e legumi) resti archeologici da analizzare. Uno dei pochi siti archeologici, in cui è stato possibile rintracciare “semi” e brattee verosimilmente riconducibili a piante già allora conosciute come carciofo (Pignone, 2009) è quello dei recenti scavi archeologici effettuati nell’area egiziana di *Mons Claudianus*, colonia penale Romana (232-68 a.C.), a circa 500 km dal Cairo. Anche gli indizi che ci vengono offerti dalla letteratura e dall’arte sono molto labili, e le diverse attestazioni greche e romane sono di difficile decifrazione in quanto spesso gli scrittori antichi non usavano un solo nome per descrivere una specie mentre altre volte per un gruppo di specie diverse impiegavano un nome collettivo. Tuttavia il carciofo era ben noto agli antichi per i pregi organolettici del capolino tanto da essere annoverato tra gli ortaggi per i pranzi raffinati.

Le prime descrizioni risalgono al filosofo e botanico greco Teofrasto, che accenna alla coltura effettuata in Sicilia, successivamente informazioni più dettagliate sono riportate nel *Naturalis Historia* di Plinio il Vecchio e nel *De Re Rustica* di Columella. Gli scrittori arabi del periodo della riconquista islamica del Mediterraneo non danno indicazioni utili in quanto spesso si limitano a tradurre gli scrittori latini, Columella *in primis*.

Tuttavia, notizie più certe riguardo alla coltivazione del carciofo in Italia risalgono al XV secolo quando, a partire dalla zona di Napoli dove la coltivazione era stata introdotta da Filippo Strozzi, si era poi diffusa in Toscana ed in seguito in molte altre regioni d’Italia. La coltivazione del carciofo si è successivamente estesa a tutti i paesi del Mediterraneo e dell’Europa Centrale, fino ad arrivare agli Stati Uniti attorno al 1700 (Oliaro, 1967), e sempre a partire da questo periodo, troviamo le prime descrizioni delle diverse varietà di carciofo. Tuttavia già ai tempi di Plinio si faceva distinzione fra i carciofi provenienti dalla Numidia (attuale Algeria) e quelli importati dalla Libia. Nel 1735 si distinguevano varietà provviste e sprovviste di spine, mentre nel 1810 Filippo Re differenziava un carciofo domestico o “Mazzaferrata dei Toscani” da uno selvatico o “Sgalera dei Toscani” (Viviani, 1929).

Etimologicamente il termine *Cynara* nel greco antico era comune ad alcune piante spinose. I Greci usavano la parola *Scolymos* per indicare varie specie di cardo selvatico utilizzate dall'uomo (*Scolymos*, *Silybum*, *Cynara*) e la parola significa semplicemente spinoso o cardo.

Anche il sostantivo *carduus* (radice greca *ardis*: punta dello strale) si riferisce a specie diverse fornite di spine. Secondo gli scrittori Plinio e Columella, il nome *Cynara* è legato alla consuetudine di coltivare carciofi su terreni coltivati con cenere, inoltre è stata rilevata un'analogia fra il colore grigio verde delle foglie e quello della cenere. Secondo la mitologia greca il nome *Cynara*, poi usato per identificare non una singola pianta, ma un gruppo di piante spinose, apparteneva ad una bella fanciulla dai capelli color cenere trasformata per vendetta da Giove, che se ne era innamorato, in una pianta spinosa. Quasi tutti i nomi del carciofo derivano da tre radici principali: il Greco *Cynara* (in greco moderno *Agghinnara*), l'Arabo *al Qarshuff*, da cui l'Italiano carciofo, lo Spagnolo *Alcachofa* ed il Portoghese *Alcachofra*, e il Tardo Latino *Articoculus* (Du Cange, 1883 *ad vocem*), da cui l'Inglese *Artichoke* ed il Francese *Artichaut* (Pignone e Sonnatte, 2009). La parola *Articoculus* ha anche altre forme, come ad esempio, *Articoccus* o *Articactos* (Du Cange, 1883 *ad vocem*), e non ha una precisa definizione, essendo una parola del latino volgare, ma dovrebbe significare pigna pungente (*artus*: fitto, pericoloso e *coculum* o *coccum*: pigna, sfera, bacca) (Pignone e Sonnatte, 2009). In Greco invece la pianta è conosciuta come *Agghinara* che deriva dal Greco Antico "*Kyon*" cioè cane (*Küon*) per la forma dei denti del cane che richiama quella delle spine.

1.2 - Diffusione ed importanza economica nel mondo

Nel mondo la superficie coltivata a carciofo è stata stimata (Tab. 1) pari a 124.511 ha con una produzione di 1.440.903 tonnellate di prodotto. La superficie investita non ha subito grandi variazioni negli ultimi anni eccetto un picco di 152.494 ha coltivati nel 2005. In molte zone del mondo, come l'Oceania, il carciofo é praticamente sconosciuto, mentre in altre, come l'Africa e l'Europa (che ne è il principale produttore), viene coltivato prevalentemente nei Paesi che si affacciano sul bacino del mediterraneo.

Tabella 1 - Superficie in ha coltivata a carciofo nel mondo e per continenti dal 2000 al 2010 (Fonte dati: FAO)											
Diffusione	Anno										
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Continenti											
Europa	84.877	83.049	84.290	82.460	81.394	82.028	81.438	80.100	77.613	78.285	74.509
America	11.795	11.691	11.998	12.740	14.586	16.392	19.532	21.595	21.592	20.756	18.242
Africa	14.356	12.511	12.056	13.981	11.364	12.089	12.742	15.800	16.416	18.153	17.739
Asia	12.301	12.581	12.707	13.587	13.880	14.585	15.239	15.162	15.063	14.713	14.021
Oceania	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mondo	123.581	119.832	121.051	123.038	121.224	152.494	128.771	132.657	130.160	131.907	124.511

Nell'America del Nord la produzione è concentrata in California, mentre nell'America del Sud in Argentina.

Nell'ultimo ventennio, il maggior incremento delle superfici investite a carciofo è avvenuto in Cina ed in Perù, mentre in Francia è stato rilevato un importante decremento. Attualmente l'Italia è il maggior produttore mondiale con 50321ha, seguito dalla Spagna, dalla Cina, dall'Egitto, etc. (Tab. 2).

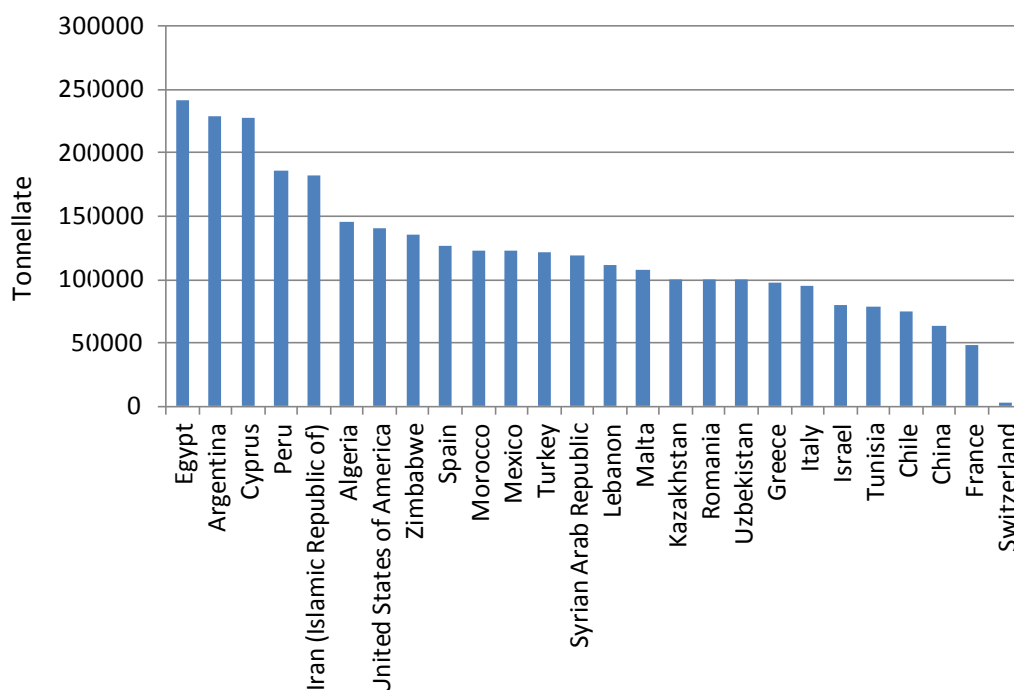
Tabella 2 - Paesi al Mondo con maggiore superficie (ha) coltivata a carciofo dal 2000 al 2010											
(Fonte dati: FAO)											
Paesi	Anno										
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Italia	50.283	49.324	50.524	49.898	50.071	50.127	50.383	50.120	49.952	50.694	50.321
Spagna	19.656	18.708	19.289	19.094	18.142	18.792	18.097	17.277	16.042	16.500	13.200
Cina	7.500	8.000	8.000	9.000	9.000	10.000	10.000	10.000	10.000	9.652	9.500
Egitto	4.566	3.506	3.131	5.761	2.806	3.500	5.600	8.001	7.661	8.401	8.909
Francia	11.823	11.702	11.062	10.453	10.257	10.179	9.991	9.745	9.475	9.069	8.690
Perù	383	411	498	1.280	2.816	4.242	6.762	7.779	7.779	6.409	6.848
Cile	3.102	3.200	3.400	3.700	4.000	4.200	4.300	4.996	4.996	5.875	4.651
Marocco	3.085	3.180	3.210	3.120	3.205	3.650	3.175	3.585	4.130	4.102	3.710
Argentina	4.500	4.500	4.600	4.700	4.600	4.600	4.600	4.700	4.700	4.858	3.700
U.S.A	3.560	3.240	3.320	2.910	3.040	3.200	3.520	3.890	3.560	3.480	2.910
Algeria	4.140	3.210	3.200	2.800	3.316	2.830	1.713	1.813	2.304	2.724	2.700
Turchia	2.300	2.300	2.400	2.500	2.500	2.600	2.900	2.800	3.000	2.900	2.400
Tunisia	2.550	2.600	2.500	2.250	2.000	2.080	2.220	2.380	2.300	2.900	2.400
Grecia	2.800	3.000	3.100	2.700	2.594	2.595	2.626	2.617	1.800	1.833	2.100
Iran	800	800	800	800	800	800	800	800	800	896	870
Siria	408	471	506	506	510	510	500	556	560	525	510
Israele	672	650	594	649	670	670	670	650	400	334	330
Malta	115	115	115	115	130	135	140	140	140	136	145
Cipro	160	160	155	150	170	175	169	156	111	131	121
Romania	200	200	200	200	200	200	200	200	200	50	50

In Europa (il maggior produttore al mondo), la produzione è concentrata in Italia, Francia, Grecia e Spagna. Produzioni marginali si registrano in Romania, Malta e Svizzera. (Tab. 3).

Tabella 3 - Superficie coltivata in Europa (ha) dal 2000 al 2010 (Fonte dati: FAO)												
Paesi	Anno											
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2010
Italia	50.283	50.283	49.324	50.524	49.898	50.071	50.127	50.383	50.120	49.952	50.694	50.321
Spagna	19.656	19.656	18.708	19.289	19.094	18.142	18.792	18.097	17.277	16.042	16.500	13.200
Francia	11.823	11.823	11.702	11.062	10.453	10.257	10.179	9.991	9.745	9.475	9.069	8.690
Grecia	2.800	2.800	3.000	3.100	2.700	2.594	2.595	2.626	2.617	1.800	1.833	2.100
Romania	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	50	50
Malta	115	115	115	115	115	130	135	140	140	140	136	145
Svizzera	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4	3	3

Come si evince dalla figura 1 la resa per ettaro è molto variabile da paese a paese, ed i produttori europei che investono grandi superfici hanno rese per ettaro non molto elevate. Esaminando la produzione in termini di tonnellate (Fonte dati FAO 2010) l'Italia resta comunque il primo produttore al mondo (480.112 t), seguita dall'Egitto (215.534 t), dalla Spagna (166.700 t), dal Perù (127.503 t), dall' Argentina(84.800 t), dalla Cina (59.900 t), dal Marocco (45.460 t), etc..

Figura 1 - Resa per ettaro nel 2010
(Fonte dati: FAO)



Per quanto riguarda gli scambi commerciali di prodotto fresco la Spagna è al primo posto per le esportazioni con circa il 10% dalla produzione nazionale destinato ai mercati esteri, seguita dall' Egitto con il 16% della produzione nazionale esportato. I principali importatori risultano invece Francia ed Italia ed in quantità più modeste Germania, Belgio ed Olanda. L'Italia oltre ad essere un grande importatore è a sua volta un importante esportatore destinando la propria produzione agli altri Paesi dell'Unione Europea ed in minima parte anche al Nord Africa.

L'Olanda importa carciofi per rilavorarli ed immetterli così sul mercato estero ad un prezzo più alto e, pur non essendo un produttore, riesce ad avere dei volumi di esportazione interessanti.

1.2.1 - Diffusione ed importanza economica In Italia

La superficie coltivata in Italia a carciofo nel 2010 ha superato di poco i 50.000 ha (Tab. 4), con la Puglia la Sicilia e la Sardegna che da sole rappresentano circa il 90% della produzione nazionale coltivata. La superficie coltivata è progressivamente aumentata a partire dal dopo guerra fino a raggiungere il picco di 63.742 ha nel 1971 dopo di che ha cominciato a riscendere gradualmente fino a toccare il valore minimo 47.100 ha del 1993 . Nell' ultimo decennio la produzione si è stabilizzata attorno ai 50.000 ha (Bianco e Calabrese, 2009).

Tabella 4: superficie coltivata in Italia (ha) dal 2001 al 2010 suddivisa per regioni. (Fonte dati: ISTAT 2010)												
Paesi	Anno											
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2010
Veneto	62	62	62	60	63	40	42	42	40	39	40	40
Liguria	76	76	76	76	58	59	57	57	58	59	75	76
Emilia-Romagna	160	160	160	164	172	165	174	185	193	205	207	197
Toscana	743	743	743	705	725	704	754	738	564	585	548	568
Umbria	48	48	48	48	49	50	50	52	54	54	54	54
Marche	450	450	450	481	466	481	473	474	474	476	146	82
La zio	1.139	1.139	1.139	1.196	1.105	1.050	1.042	1030	1.052	1.043	1.058	989
Abruzzo	461	461	461	432	442	427	431	436	428	426	426	424
Molise	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100
Campania	2.945	2.945	2.945	2.349	1.964	1.850	1.696	2.012	2.014	2.019	2.012	2.045
Puglia	16.652	16.652	16.652	16.875	16.968	16.700	16.540	16.720	16.775	17.085	16.930	16.825
Basilicata	500	500	500	400	400	480	400	420	435	435	433	433
Calabria	264	264	264	270	250	265	266	260	271	204	235	245
Sicilia	13.705	13.705	13.705	13.845	14.245	14.895	15.300	14.980	14.710	14.270	14.800	14.860
Sardegna	12.099	12.099	12.099	13.623	12.991	12.905	12.902	12.977	12.952	12.952	13.630	13.383
Italia	50.283	49.304	49.304	50.524	49.898	50.071	50.127	50.383	50.120	49.952	50.694	50.321

Negli ultimi anni è anche raddoppiato il quantitativo di prodotto importato proveniente dall'Egitto nel periodo fra dicembre e gennaio, quando in molte zone d'Italia è impossibile produrre per il freddo. Diversamente, la Francia esporta carciofi soprattutto nel periodo estivo, quando le carciofaie in Italia sono nella fase di riposo (Bianco e Calabrese, 2009).

1.2.2 - Diffusione ed importanza economica nel Lazio

Anche se questo ortaggio è stato coltivato fin dall' antichità, e ha una lunga tradizione nella cucina laziale, le superfici investite a carciofo Romanesco sono rimaste per secoli a livello di semplici orti familiari. I capolini di carciofo romanesco sono confluiti sul mercato di Roma soltanto dopo la Prima Guerra Mondiale, e in particolare quelli prodotti nei dintorni di Ladispoli, Cerveteri e Campagnano (Temperini, 2007).

Con l'avvento della riforma agraria la coltivazione del carciofo divenne intensiva, tanto che nel 1950 nel comune di Ladispoli ebbe luogo la prima edizione della Sagra Del Carciofo Romanesco (Temperini, 2007).

Nell'ultimo decennio le produzioni sono gradualmente diminuite passando da 1.139 ha del 2001 a 989 ha dal 2010 (Tab. 5).

Tabella 5 - Superficie (ha) coltivati nel Lazio dal 2000 al 2010 (Fonte dati:ISTAT 2010)												
Diffusione	Anno											
Regioni	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2010
Lazio	1.139	1.139	1.139	1.196	1.105	1.050	1.042	1.030	1.052	1.043	1.058	989
Viterbo	220	220	220	225	230	240	260	250	260	260	266	255
Rieti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Roma	490	490	490	486	470	485	480	500	510	505	510	511
Latina	429	429	429	485	405	325	302	280	282	278	282	223
Frosinone	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1.3 - Cenni tassonomici

Il carciofo [*Cynara (scolymus L. = Cynara cardunculus L. subsp. scolymus L.)* Fiori], chiamato in Inglese *Artichoke*, in Francese *Artichaut*, in Spagnolo *Alcachofa*, in Tedesco *Artischocke*, è una pianta angiosperma dicotiledone, appartenente all'ordine delle *Asterales*, famiglia delle *Asteraceae*, sottofamiglia *Tubuliflorae*, tribù *Cynareae*. Alla famiglia delle *Asteraceae* appartengono molte altre specie di notevole interesse sia dal punto di vista agronomico, come il cardo (*Cynara cardunculus*), il girasole (*Helianthus annuum*), il topinambur (*Helianthus tuberosus*), il cartamo (*Carthamus tinctorius*), la lattuga (*Lactuca sativa*), il radicchio (*Cichorium intybus*), la cicoria indivia (*Cichorium endivia*) sia dal punto di vista ornamentale come ad esempio il crisantemo (*Chrysanthemum*), la gerbera (*Gerbera*),

la calendula (*Calendula*), la dahlia (*Dahlia*) oltre ad innumerevoli specie spontanee utilizzate per l'alimentazione umana o note per le loro proprietà officinali. Le specie che costituiscono il genere *Cynara* sono diploidi ($2n=2x=34$) e sono suddivisibili in due gruppi. Ad un primo gruppo appartiene il carciofo coltivato (*Cynara cardunculus* var. *scolymus*) insieme al cardo coltivato (*Cynara cardunculus* var. *altilis*) ed il cardo selvatico (*Cynara cardunculus* var. *sylvestris*) (Foto. 1). In realtà il carciofo coltivato era inizialmente considerato una specie separata a cui nel 1753 fu dato per la prima volta da Linneo il nome di *Cynara scolymus*. In seguito Pignatti (1982) ha preferito considerarlo una sottospecie di *C. cardunculus* L. denominandolo perciò *Cynara cardunculus* L., subsp. *scolymus* (L.) Hayek (Bianco *et al.*, 1990). Vi è poi un secondo gruppo più eterogeneo che secondo Wiklund comprende sette specie selvatiche: *Cynara syriaca*, *Cynara aurantica*, *Cynara cornigera*, *Cynara algarbiensis*, *Cynara baetica*, *Cynara cyrenaica* e *Cynara humilis*. All'interno del genere *Cynara* tuttavia il cardo selvatico è l'unica entità selvatica che si incrocia facilmente con il carciofo ed il cardo coltivato, inoltre molti studi hanno dimostrato che il cardo selvatico è geneticamente più simile al carciofo ed al cardo coltivato che non alle altre specie di *Cynara* e che ne è il diretto progenitore. Il cardo selvatico, che differisce da quello coltivato per le lunghe e pungenti spine, è distinto essenzialmente in due tipi che differiscono per caratteristiche morfologiche e per la distribuzione geografica.



Foto 1 - infiorescenza di cardo selvatico

In Macaronesia, Portogallo e Mediterraneo nord-occidentale, si osservano piante e capolini più grandi, con spine ridotte e meno lunghe, classificati da Wiklund come subsp. *flavescens*. Viceversa, i tipi più orientali, sub *cardunculus*, distribuiti in Italia Tunisia e Grecia sono di

taglia più piccola con lunghe spine sulle foglie e soprattutto sulle brattee (Pignone e Sonnatte, 2009). Inoltre l'analisi di diverse regioni del DNA di vari campioni di *Cynara* ha evidenziato una serie di indicazioni che confermano, così come osservato da dati morfologici, che all'interno dei cardì selvatici si possono identificare due pool genici: quello centro-orientale e quello occidentale. Dal pool genico centro-orientale sarebbe stato domesticato il carciofo, mentre da quello occidentale il cardo coltivato (Pignone e Sonnatte, 2009).

1.4 - Descrizione botanica

Il carciofo è una pianta erbacea perennante con corredo cromosomico diploide ($2n=2x=34$), germinazione del seme di tipo epigea che dà origine, in caso di semina diretta, ad una pianta con radice principale di tipo fittonante e numerose radici secondarie, mentre le piante ottenute da ovulo o carduccio hanno radici fibrose avventizie, molto meno espanse in profondità rispetto alle piante ottenute da semina diretta, che con il tempo diventano grosse e carnose perdendo così la loro funzione di assorbimento a vantaggio della funzione di riserva. In seguito, con la ripresa vegetativa, le radici principali sono in grado di emettere un abbondante capillizio che assicura l'assorbimento dell'acqua e dei sali minerali. Mano a mano che la pianta si accresce, diventa sempre più evidente il rizoma (fusto trasformato volgarmente detto ceppaia o ceppo), dal quale si originano sia i germogli che le radici e che insieme alla radice contribuisce alla funzione di riserva. La differenziazione dei germogli non è contemporanea, perciò sulla stessa pianta si trovano germogli di diversa età. La differenziazione sembra legata a fenomeni di dominanza apicale e viene meno solo con la differenziazione del capolino principale (Bianco e Calabrese, 2009). Il caule è accorciato, porta inizialmente una rosetta di foglie tanto ravvicinate che il carciofo viene erroneamente considerato pianta acaule in quanto la struttura caulinare e quella radicale non sono ben distinte (Bianco e Calabrese, 2009). La gemma apicale, inizialmente presente allo stadio vegetativo, si evolve dando origine allo stelo o asse florale molto raccorciato nella fase vegetativa. In condizioni opportune passa allo stadio riproduttivo, per cui si allunga (raggiungendo mediamente altezze di 40-80 cm, ma le cultivar ibride possono raggiungere anche i 140 cm) e si origina lo scapo florale recante all'apice il capolino centrale detto "cimarolo", inoltre si ramifica portando in posizione terminale le infiorescenze. Le foglie hanno un colore verde di differente tonalità: la pagina inferiore per la presenza di peluria

tende al grigiastro ed inoltre possiede un maggior numero di stomi rispetto alla pagina superiore. La forma varia con la cultivar, l'età della pianta e la posizione lungo il fusto, ed in genere è lanceolata con margine intero o variamente seghettato nelle foglie più giovani e vicino al capolino, mentre nelle foglie più adulte il margine è profondamente intaccato, tanto che la foglia può considerarsi pennato settata o bipennato settata. In base alle dimensioni misurate sulla quinta settima foglia vengono classificate come foglie grandi quelle con lunghezza fra 90-100 cm e larghezza 50-60 cm, come foglie medie quelle con lunghezza di circa 70-80 cm e larghezza di 40-50 cm, come foglie piccole quelle con lunghezza inferiore ai 70 cm e larghezza minore di 40 cm. La spinosità è una caratteristica varietale; nelle varietà tipicamente spinose le spine sono lunghe e giallastre, presenti anche all'apice e nelle brattee dei capolini, tuttavia anche nelle varietà inermi si possono notare piccole spine (Marzi, 2001) se sottoposte a stress abiotici.

Il capolino compare circa 90 giorni dopo il risveglio vegetativo, per le cultivar precoci, e dopo 120-220 giorni per quelle tardive. La sua formazione, condizionata da foto e termoperiodo, inizia dall'apice vegetativo, quindi, attraverso una prima fase di transizione, giunge ad una successiva fase globosa, che poi si appiattisce e si allarga, mostrando il mantello costituito da due strati meristematici, che si sovrappongono allo strato parenchimoso.

In questa fase appaiono i primordi florali, che continueranno ad accrescersi centripetamente fino a interessare l'intero ricettacolo; ciò costituisce il completamento della fase di differenziazione, che coincide con la formazione del capolino (Bianco e Calabrese, 2009).

Il capolino principale viene detto cimaro e si trova all'apice del fusto principale, mentre all'ascella delle foglie si formano i braccioli sempre più piccoli con il procedere della ramificazione dal fusto principale. Il capolino si presenta più o meno compatto a seconda della cultivar e dello stadio in cui viene raccolto. Può presentarsi sotto varie forme (cilindrica, conica, ovoidale, ellissoidale, sferica e sub sferica) con colorazioni e pezzature molto diverse a seconda delle caratteristiche varietali. Comprende una parte basale, il ricettacolo carnoso detto anche fondo o talamo, sul quale sono inseriti fiori ermafroditi detti "flosculi" che a completa maturità sono lunghi anche oltre 8 cm; inframmezzati ai flosculi sono presenti sul talamo numerose setole bianche e traslucide che costituiscono il pappo.

Sul ricettacolo si inseriscono le brattee o squame involucri, di numero, colore, forma e grandezza diverse nelle varietà, inermi o spinose all'apice, a margine intero o inciso, a disposizione embricata l'una sull'altra, le più interne chiare e tenere, le più esterne

consistenti e fibrose. Il ricettacolo carnoso e le brattee interne costituiscono la porzione edule del carciofo, comunemente detto “cuore” (Marzi, 2001). Quando i capolini sono ultramaturi o in condizioni anomale, assumono colorazione violetta brillante a cominciare principalmente dalla zona centrale.

I fiori sono ermafroditi, tubulosi proterandri. Lo stigma diventa recettivo in un periodo di tempo variabile che va a seconda delle varietà, tra i 4-5 e gli 8 giorni dopo l'antesi, quando il polline vischioso dello stesso fiore ha generalmente perso la facoltà germinativa in quanto la sua fertilità dura soltanto 3-4 giorni; perciò l'autofecondazione dello stesso fiore è praticamente impossibile. Inoltre anche la morfologia florale ed il meccanismo di antesi impediscono normalmente l'autoimpollinazione. Gli stili, crescendo dentro il tubulo delle antere, portano via il polline, che fuoriesce all'interno del tubulo, usando peli spazzolanti dentro la superficie stilare, rendendo così il polline disponibile per gli insetti, la cui presenza diventa indispensabile per la fecondazione. La fioritura è scalare e, procedendo in modo centripeto nello stesso capolino, si completa in 3-5 giorni, permettendone però, anche se in misura ridotta, l'impollinazione tra fiori dello stesso capolino.

Il polline è di color bianco avorio, fortemente glutinoso, perciò i singoli grani aderiscono reciprocamente formando delle piccole masse compatte. Allo stato secco questi sono ellissoidali e presentano la superficie verrucosa. Le dimensioni medie di un granulo pollinico sono di 60 x 50 micron. Ciascun fiore produce un'elevata quantità di polline che, in gran parte, viene rapidamente bottinaio dalle api e dagli altri insetti pronubi che ne sono particolarmente attratti. Da un'unica infiorescenza sono stati raccolti fino a 400 mg di polline (Jacoboni, 1958).

Il frutto è un achenio tetragono-costato, commercialmente chiamato seme, di colore grigiastro bruno e screziato che matura circa 60 giorni dopo la fecondazione. Gli acheni centrali sono quasi sempre più piccoli di quelli periferici e con una minore capacità germinativa per via dalla fioritura centripeta. Il peso dei 1000 semi va dai 30 ai 70 g con una lunghezza media di circa 7 mm ed una larghezza di 3,5 mm.

1.5 - Biologia ed esigenze ambientali

Il carciofo è una pianta perennante e nelle zone a clima mediterraneo, in cui si ritiene avere origine, presenta un ciclo autunno primaverile. Laddove le condizioni climatiche sono sfavorevoli, con temperature o troppo alte o troppo basse, si ha una stasi o stadio di riposo più o meno prolungato a cui segue il risveglio della carciofaia. In genere la carciofaia va in riposo in piena estate, poi con le prime piogge o con l'irrigazione quando quest'ultime non sono sufficienti si ha, verso la fine dell'estate, la ripresa vegetativa durante la quale, a partire dalle gemme sul rizoma, si sviluppano i nuovi carducci. Si ha poi un'intensa crescita dell'apparato fogliare e radicale fino ad arrivare, dopo circa 60 giorni dall'inizio della ripresa vegetativa, alla fase riproduttiva, con l'apice caulinare che passa da vegetativo a riproduttivo. Il carciofo è considerato una specie a giorno lungo con periodo critico di 10,5 ore (Basnizky e Zohary, 1994). L'induzione alla fioritura sembra essere condizionata dal fotoperiodo (10,5 ore per le cultivar tardive), dalla temperatura (circa 7 °C) e dalla precocità, dopo che la pianta ha sviluppato 5-8 foglie. Nelle cultivar rifioventi tuttavia, il processo di induzione a fiore risulta meno dipendente dalle condizioni termofotoperiodiche (Foury, 1967); ciò è anche confermato dalla capacità di quest'ultime a differenziare gemme a fiore dall'autunno alla primavera.

La coltivazione di carciofo a produzione vernina può essere effettuata in condizione di temperature ottimali attorno ai 10-15 °C, tenendo conto che la soglia termica è sui 7-9° C. In generale la temperatura ottimale di crescita è compresa tra 14 e 18 °C; temperature inferiori a 10 °C sono critiche per la produzione.

Il carciofo resiste bene fino a 0 °C. Mano a mano che le temperature si abbassano ulteriormente, si verificano danni sempre più marcati sul capolino, su cui avviene il distacco della cuticola. Da 0 a -4 °C vengono fortemente danneggiate le infiorescenze, fra -4 e -7 °C anche le foglie, al di sotto dei -7 °C l'intera vegetazione. Al di sotto dei -10 °C possono essere compromesse anche le gemme del fusto rizomatoso.

Temperature superiori a 25 °C durante la transizione dell'apice da vegetativo a riproduttivo, determinano una intensa crescita della pianta, causando una carenza di Ca e Bo all'apice in differenziazione, che porta alla successiva comparsa di capolini atrofici (Tesi, 1994); inoltre, tali temperature, riducono la pigmentazione violetta dei capolini.

Le notevoli esigenze idriche della coltura, in alcune fasi del ciclo colturale, rendono necessaria l'irrigazione, soprattutto al Sud Italia e anche nelle altre zone di coltivazione, laddove si voglia anticipare il risveglio vegetativo a fine estate per ottenere produzioni

precoci. Il carciofo predilige terreni profondi, fertili, di medio impasto, pH compreso fra 6 ed 8 e ben drenati, in quanto i ristagni idrici sono particolarmente dannosi per la coltura .

I “semi” di carciofo presentano in molte cultivar attualmente propagate per seme una bassa uniformità di emergenza, inoltre vi sono in molti casi problemi di germinazione dovuti alla dormienza. L’utilizzo di tecniche come l’osmopriming per uniformare la germinazione del carciofo ha dato, fino ad ora, risultati negativi mentre a temperature comprese tra 20 e 25 °C sembra non esserci il fenomeno della dormienza pur rimanendo in alcune cultivar bassa contemporaneità di germinazione(Damato e Calabrese, 2007).

1.6 - Panorama varietale italiano

Le diverse varietà di carciofo si distinguono per diversi caratteri morfologici, con particolare riguardo alle caratteristiche del capolino, la precocità e l’attitudine produttiva.

I criteri di identificazione varietale possono essere comunque unificati sulla base di cinque parametri principali:

- epoca d’inizio raccolta (autunnale, primaverile);
- presenza o assenza di spine sulle foglie e sulle brattee del capolino in base alle quali le varietà si distinguono in inermi, poco spinescenti (con foglie inermi e capolini spinescenti) e spinescenti;
- precocità rispetto all’epoca di inizio di raccolta (precoci, medio precoci, intermedi, mediotardivi, tardivi);
- forma del capolino (cilindrica, conica, ovoidale, ellissoidale, sferica, subsferica);
- colore delle brattee esterne che va dal verde al violetto con diverse tonalità di verde e sfumature violacee.

La pezzatura del capolino viene invece adottata per la classificazione commerciale e comprende varie classi di calibro, mentre la compattezza è molto influenzata dall’andamento climatico e dall’epoca di raccolta (Marzi, 2001).

Le varietà di carciofo sono numerose, molte hanno solo importanza locale, mentre quelle che sono ampiamente diffuse sono poche e possono essere suddivise in quattro tipologie (“Catanese”, “Spinoso sardo”, “Romanesco”, “Violetto di Toscana”) che a volte assumono differenti denominazioni a seconda dei differenti areali di distribuzione.

Il tipo “Catanese”, diffuso nell’Italia meridionale con nomi diversi è caratterizzato da un capolino tendente al cilindrico, mediamente compatto, di media pezzatura, con brattee verdi

dalle sfumature violacee. La pianta è molto precoce e produttiva in quanto da ottobre fino a maggio è in grado di produrre un elevato numero di capolini.

Lo “Spinoso Sardo” è diffuso in Sardegna ed in Liguria, presenta un capolino conico, compatto, di media pezzatura, un po’ diverso dallo “Spinoso di Palermo” che ha il capolino dalla forma più ovoidale. Le brattee sono verde violetto con apice appuntito terminante con una grossa spina. È precoce e mediamente produttivo.

Il tipo “Romanesco” è diffuso in Campania, Lazio ed in altre zone dell’Italia centrale, presenta capolini sferici globosi e grandi, con depressioni in corrispondenza delle due estremità (lunghi mediamente 10,5 cm e larghi anche 10,5 cm) (Bianco, 1990); le brattee sono di colore verde con sfumature violette, serrate e disposte in modo da lasciare un foro al centro del capolino. Una pianta produce mediamente 8-10 capolini. Tra le cinque cultivar di romanesco più diffuse possiamo citare: Grato 1, Grato 2, Castellammare, Campagnano e C3.

La pianta di Grato 1 (Foto 2) è dotata di notevole vigoria, contrassegnata da un colore cinerino, a cui è associata una maggior tolleranza alle avversità di ordine biotico (peronospora) e abiotico (freddo).



Foto 2 - Capolini della cv Grato 1

Il capolino ha forma globosa, simile a quella del Campagnano ma con pezzatura superiore; le brattee sono intensamente colorate di violetto e molto carnose, con formazione molto ritardata della peluria del ricettacolo è più produttivo e leggermente più tardivo del Castellammare, ed è adatto sia per il consumo fresco che elaborato. È stato costituito dall’Università della Tuscia (Viterbo) e dall’Arsial, a seguito di un programma di miglioramento genetico del Carciofo Romanesco. La popolazione, ottenuta in prima

generazione dalla riproduzione per seme, proveniente da incroci spontanei tra le cultivar Castellammare, Campagnano e Terom, ha presentato alcune piante interessanti per vigoria, pezzatura, forma dei capolini e produttività.

La pianta di Grato 2 (Foto 3) è dotata di notevole vigoria e contrassegnata da foglie della stessa colorazione cinerea di Grato 1. Il capolino si differenzia da quello di Grato 1 per il colore delle brattee, che risultano molto più verdi, la pezzatura più grande e l'epoca di raccolta più tardiva di circa 7-10 giorni. Anch'esso, come il Grato 1, è stato costituito dall'Università della Tuscia (Viterbo) in collaborazione con Arsial, a seguito di un programma di miglioramento genetico del Carciofo Romanesco.



Foto 3 - Capolini della cv Grato 2

La cv Campagnano (Foto 4) è caratterizzata da piante di taglia grande, con altezza di inserzione del capolino principale intorno ai 50 cm, portamento molto espanso e attitudine pollonifera scarsa. Le foglie sono di colore verde cinerino inermi, di grandi dimensioni con eterofillia media. Il capolino principale è sferico, compatto, con caratteristico foro all'apice, di dimensioni molto grandi con brattee esterne di colore verde e sfumature violette, ad apice arrotondato, inciso e inerme. Il peduncolo è medio o lungo e di grosso spessore. Il diametro del capolino principale risulta mediamente superiore a 13 cm, mentre quello dei capolini secondari è compreso tra 9 e 13 cm. L'epoca di produzione è tardiva, con inizio marzo aprile, e il ciclo produttivo è breve.



Foto 4 – Capolini della cv Campagnano

Il Castellammare (Foto 5) è caratterizzato da piante di taglia media o grande, con altezza di inserzione del capolino principale intorno ai 30 cm, portamento espanso e attitudine pollonifera media. Le foglie sono di colore verde scuro, inermi, di grandi dimensioni con eterofillia media. Il capolino principale è di forma sferica, compatto, con caratteristico foro all'apice, di dimensioni grandi, con brattee esterne di colore verde e sfumature violette, ad apice arrotondato, inciso e inermi. Il peduncolo è medio- lungo e di grosso spessore. Il diametro del capolino principale è mediamente superiore a 13 cm, mentre quello dei capolini secondari è compreso tra 9 e 13 cm. L'epoca di produzione è precoce, con inizio a febbraio e il ciclo produttivo è medio-breve.



Foto 5 - Capolini della cv Castellammare

Il clone C3 (Foto 6) è una varietà precoce di carciofo “Romanesco”, ottenuto mediante selezione clonale, notevolmente diffusa sia nell’area del romanesco che nel Sud Italia, grazie anche alla metodologia di propagazione in vitro. È una pianta di media vigoria con foglie di colore verde chiaro; il capolino è di forma subsferica schiacciata, con brattee molto serrate di colore verde con sfumature violacee, disposte in modo da lasciare un incavo nel centro.



Foto 6 – Capolini della cultivar C3

Il “Violetto di Toscana” (Foto 7), coltivato in Toscana, Emilia Romagna e Marche presenta un capolino ellittico , compatto, di media pezzatura, con brattee di colore violetto con sfumature verde scuro, molto produttivo con produzione da marzo a giugno. La pianta fornisce un elevato numero di capolini (Marzi, 2001). All’interno di questa tipologia esistono tuttavia recenti costituzioni come ad esempio la cv. “Terom”, una varietà di tipo primaverile più precoce del “Violetto di Toscana” e caratterizzata da un capolino notevolmente più grande (Tesi, 1981) e la cv. “Tema 2000”, una varietà di tipo autunnale, isolata da una popolazione da seme derivata dalla cv “Terom” (Tesi, 1994).



Foto 7 – Capolini della cv Violetto di Toscana

Tre le cultivar più note ma diffuse solo a livello locale possiamo citare l’“Empolese”, l’“Ascolana”, il “Bianco Tarantino”, il “Precoce di Jesi”, il “Mazzaferrata”.

1.7 - Metodi di propagazione

I metodi di propagazione del carciofo possono essere suddivisi in due gruppi: metodi per via gamica (ovvero tramite “seme”), metodi per via agamica (carducci, ovoli e zampe, micropropagazione di apici vegetativi).

1.7.1 - Moltiplicazione tramite ovoli

L'impiego dell'ovolo sembra sia nato nella Piana di Catania ed è stato certamente reso possibile dalla concomitante presenza di varietà con particolari caratteristiche biologiche, la precocità soprattutto, e di condizioni ambientali che determinano l'arresto della vegetazione delle piante (Jannaccone, 1967).

In queste condizioni, la vegetazione dei carducci che non hanno dato luogo ad un caule si arresta e le foglie si disseccano. La parte ipogea viene così a dar vita al così detto “ovulo” il quale, in realtà è una ramificazione della parte basale del fusto. Esso ha forma quasi cilindrica, rastremato all'apice vegetativo ed è munito normalmente di più gemme (Jannaccone, 1967).

Gli ovoli di una stessa pianta possono dar luogo a piante con foglie diverse e quelli inseriti più profondamente, presentano quasi sempre dimensioni maggiori e danno costantemente luogo ad una più elevata percentuale di piante con foglie a lamina meno suddivisa, caratterizzate da maggiore precocità. Gli ovoli inseriti in posizione più vicina al colletto presentano invece dimensioni più ridotte e danno luogo, in più larga misura, a piante con lamina più suddivisa, meno precoci delle altre (Jannaccone, 1967).

Da ciò consegue che in un impianto per ovoli, notevole importanza assuma la loro posizione sul rizoma (Dellacecca e Bianco, 1967)

L'impianto della carciofaia non si può attuare indifferentemente tramite ovoli o carducci. Nelle varietà tardive infatti l'ovulo non si differenzia, mentre in quelle precoci non vi è coesistenza di ovoli o carducci (Jannaccone, 1967).

Ogni pianta può portare sino a 20 ovoli, ma non tutti raggiungono le dimensioni ottimali per l'impiego. In estate, al momento della dicioccatura, vengono prelevati dal rizoma da piante che sono entrate in riposo vegetativo e posti a germogliare in luogo fresco e ombreggiato. Prima di essere messi a dimora in campo, gli ovoli subiscono un trattamento di

pre-germogliamento su strati di paglia o sabbia e bagnati per una o due volte al giorno. Trascorsi circa 20 giorni, gli ovoli che hanno iniziato la fase di germogliamento vengono posti direttamente a dimora.

Spesso l'impianto estivo è fatto con ovoli provenienti da carducci messi in vivaio nell'annata precedente, quindi già ben radicati e formati, più raramente l'impianto è realizzato con parti di ceppaia, provenienti dall'estirpamento di vecchie carciofaie (zampe).

1.7.2 - Moltiplicazione tramite carducci

I carducci sono germogli che crescono alla base della pianta e vengono distaccati con una porzione di radice. I carducci per i nuovi impianti devono essere ben sviluppati, con lunghezza di 20-40 cm e provvisti di foglie, la cui parte distale viene tagliata al momento del trapianto (Marzi, 2001). Nella tecnica classica di coltivazione sono disponibili a distanza di 30-40 giorni dal risveglio vegetativo, che normalmente viene promosso con abbondanti irrigazioni nei primi giorni di agosto. Durante la fase di scarducciatura avviene l'asportazione di tutti i carducci ad eccezione di quello che andrà a costituire la parte aerea della pianta. Una singola pianta può produrne mediamente 8-10 di cui solo 4-5 hanno caratteristiche idonee al trapianto.

Per un buon attecchimento, i carducci devono presentare un buon numero di radici, 4-5 foglie, meglio a margine intero perché sembra che producano capolini più precoci e numerosi (Miccolis, 1996).

I carducci possono essere trapiantati direttamente dopo essere stati prelevati dalla pianta madre (sconsigliato in quanto comporta una elevata percentuale di fallanze) oppure si possono utilizzare quelli posti in precedenza a radicare in vivaio.

Questo metodo di propagazione è largamente utilizzato dall'autunno alla primavera e la percentuale di attecchimento varia a seconda del materiale di partenza. Con il trapianto autunnale, la produzione inizia generalmente ad aprile ed il primo anno è molto scarsa (Bianco *et al.*, 1990).

Per poter entrare in produzione al primo anno di impianto, alcuni agricoltori di Sermoneta (LT), su indicazione della cattedra di Orticoltura dell'Università di Viterbo, stanno impiegando una tecnica che prevede di utilizzare come materiale di propagazione i carducci prelevati in primavera da carciofaie giunte a fine ciclo. In particolare questa tecnica prevede l'eliminazione della parte aerea delle piante in aprile, cioè dopo la raccolta dei capolini di

maggior pregio: i cimaroli ed i capolini di primo e secondo ordine. Effettuato il taglio della parte aerea, si esegue un abbondante irrigazione per promuovere una rapida e cospicua emissione di carducci. A distanza di circa un mese (seconda decade di maggio) i carducci sono sufficientemente sviluppati, pertanto vengono distaccati dalle piante madri; sono quindi sottoposti a tolettatura e messi a radicare. A fine luglio le piante si presentano con apparato radicale ben sviluppato e sono pronte per essere messe a dimora. L'impianto avviene nella prima decade di agosto ed è immediatamente seguito da un'abbondante irrigazione. Con questo metodo si ha un ottimo accrescimento della carciofaia prima che sopraggiunga il freddo invernale, per cui l'entrata in produzione avviene già a partire dal primo anno di impianto (Temperini, 2009)

Negli ultimi anni è possibile trovare sul mercato anche piantine a radice protetta ottenute facendo radicare direttamente carducci provenienti da piante madri coltivate fuori suolo. Il materiale così ricavato è disponibile all'inizio dell'estate e normalmente viene posto a dimora nei primi giorni di agosto. L'impiego delle piantine provviste di pane di terra, oltre a garantire un attecchimento prossimo al 100% e quindi un'elevata uniformità della carciofaia, determina anche l'entrata in produzione della carciofaia già dal primo anno di coltivazione (Temperini, 2009).

.

1.7.3 - Moltiplicazione tramite “zampe”

Le ceppaie, in corrispondenza all'estirpamento della carciofaia, vengono divise in frazioni (dette “zampe”), tali che in ciascuna sia presente, oltre alle radici, anche un congruo numero di gemme da impiegare per un nuovo impianto. Con questo metodo, ormai in disuso, si assiste però ad una notevole difformità di produzione, ad una maturazione più tardiva, ad un elevato polimorfismo fogliare e a problemi fitosanitari. Tale metodo di impianto viene tuttavia utilizzato nei piccoli appezzamenti, soprattutto nelle zone più fredde, dove i pezzi di ceppo vengono fatti svernare interrati al coperto e trapiantati in aprile (Tesi, 1994).

1.7.4 - Moltiplicazione per propagazione in vitro di meristemi apicali

La propagazione in vitro, nota anche con il termine di micropropagazione o propagazione meristemica, è stata studiata e cominciata a mettere a punto a partire dal 1973 da De Leo e Greco ed è oggi la tecnica più all'avanguardia nel campo della moltiplicazione delle piante. Tale metodo consente, in spazi limitati, la produzione rapida di un gran numero di individui (cloni) genotipicamente e fenotipicamente identici alla pianta madre con il risultato di carciofaie uniformi e più sicure dal punto di vista sanitario. Le prime esperienze di moltiplicazione in vitro sono state effettuate utilizzando piantine derivate da seme, dal momento che, usando espianti di piante adulte, si è andato incontro a notevoli problemi di contaminazione. Altri tentativi negli anni sono stati effettuati da vari autori con materiale proveniente da espianti da radici, segmenti fogliari, scapo fogliare, ricettacolo, tessuti del rizoma, cotiledoni, semi fino ad arrivare all'apice meristemico. Attualmente la micropropagazione viene effettuata utilizzando apici vegetativi prelevati da carducci nel periodo febbraio-marzo. Lo sviluppo di tecniche di micropropagazione in vitro soprattutto per la tipologia Romanesco, sono state messe a punto in Italia a partire dagli anni ottanta presso i laboratori dell'ENEA. La micropropagazione viene condotta infatti in condizioni strettamente asettiche e con l'impiego di camere di crescita caratterizzate da parametri di luce e temperatura controllati. L'uso di fitoregolatori a base soprattutto di auxine per favorire l'attecchimento e la radicazione del materiale di moltiplicazione e i substrati nutritivi, possono essere specifici per ogni singola cultivar. Per ottenere materiale di propagazione virus esente è inoltre necessaria la termoterapia in vitro.

La disponibilità di piantine micropropagate, che tra l'altro presentano un rapido sviluppo in campo, ha consentito l'adozione di una tecnica agronomica che permette di entrare in produzione già nell'anno del trapianto delle piantine stesse (in tal modo è possibile un rapido ammortamento delle spese di impianto della carciofaia) (Saccardo e Ancora, 1985).

Sono state così messi a disposizione degli agricoltori diversi cloni di carciofo da moltiplicazione in vitro della tipologia Romanesco, in particolare il C3, che è risultato precoce e produttivo e alcune cultivar di nuova costituzione come Terom, Tema 2000, Grato 1, Grato 2, Exploter e Apollo.

Per quanto riguarda invece le cultivar precoci o autunnali, le tecniche di moltiplicazione in vitro si sono dimostrate inefficaci, soprattutto a causa della difformità del materiale micropropagato che acquisisce caratteristiche di tardività. Tale instabilità fenotipica sembra imputabile alla lunghezza del ciclo di moltiplicazione e alla dimensione dell'espianto. Per

queste tipologie, l'orientamento attuale è quello di utilizzare la coltura in vitro per la produzione di piante madri virus esenti da utilizzare poi per la propagazione con tecniche di moltiplicazione in vivo.

Studi recenti hanno però dimostrato che piante micropropagate di Catanese, trasferite in pien'aria, mantengono le caratteristiche morfologiche e di precocità quando gli espianti vengono sottoposti a un basso numero (3-4) di subcolture in fase di proliferazione (Calabrese, 2009).

La produzione di piantine da vitro è oggi presente su scala industriale ed ha permesso, almeno per le cultivar tardive, di ottenere un gran numero di vantaggi: materiale più sicuro dal punto di vista fitosanitario, piante omogenee, possibilità di produrre un elevato numero di piantine in spazi e tempi ridotti, entrata in produzione al primo anno di impianto (per le cultivar di tipo Romanesco), riduzione dei costi di impianto al primo anno non essendo necessarie operazioni di spollonatura, pulitura *etc.* Di contro, si ha un costo ancora elevato della piantina proveniente da vitro, che ha portato ad utilizzare la coltura in vitro per la produzione di piante madri virus esenti, propagate poi con tecniche di moltiplicazione in vivo.

1.7.5 - Moltiplicazione gamica

Il prolungato ricorso alla propagazione agamica ha favorito la diffusione dei patogeni e ha comportato l'attuale grave peggioramento delle condizioni fitosanitarie delle carciofaie; per questo negli ultimi anni, oltre a metodi agamici innovativi come la micropropagazione in vitro, si stanno studiando metodi di propagazione tramite "seme" (achenio, sotto il profilo botanico), anch'esso in grado di fornire materiale sicuro dal punto di vista sanitario.

Attualmente la semina diretta in campo non è proponibile a causa del costo troppo elevato del seme e la difficoltà di germinazione, pertanto si ricorre alla semina in contenitori alveolari ed all'allevamento delle piantine in vivaio. Il trapianto avviene in genere dopo 30-50 giorni dalla semina, quando le piantine hanno raggiunto lo stadio di 3-4 foglie vere e presentano un buon apparato radicale. Non essendo possibile la semina meccanica, si perdono molti vantaggi quali la diminuzione delle spese di manodopera all'impianto e la mancata formazione dell'apparato radicale fittonante, che permette alla radice di raggiungere profondità superiori e captare dal suolo più acqua ed elementi nutritivi.

Rimangono tuttavia molti benefici, quali l'entrata in produzione al primo anno di impianto, ottenimento di piante risanate dal punto di vista sanitario, elevata produttività e qualità.

Attualmente, soprattutto nei Paesi europei, la maggior parte delle cultivar impiegate sono propagate vegetativamente, vista l'impossibilità di queste varietà di essere propagate via seme, dovuta essenzialmente alla enorme variabilità riscontrata nelle loro progenie. Essendo il carciofo una specie allogama ad impollinazione entomofila ed interfertile con piante spontanee come il cardo, sono necessari particolari accorgimenti di isolamento per impedire agli insetti impollinatori di portare polline estraneo sulle piante utilizzate per ottenere seme commerciale. Inoltre, il meccanismo di auto incompatibilità dovuto alla proterandria rende difficoltose le operazioni di autoimpollinazione necessarie per ottenere linee stabili. Tutto questo comporta che, per ottenere cultivar da seme, vi siano ancora notevoli difficoltà tecniche, costi elevati e necessità di ulteriori sperimentazioni. Le prime ricerche per la costituzione di varietà propagate direttamente per seme sono state avviate in Francia a partire dalla metà degli anni 60 ed in seguito, ad opera degli Israeliani, sono state prodotte cultivar adatte ad essere commercializzate sui vari mercati fra cui quello Italiano. La prima cultivar da seme, costituita in ordine di tempo, è stata la "Talpiot", ad impollinazione aperta, dai capolini globosi, di pezzatura medio-grossa, di colore verde, che matura tardivamente e con produzioni medie di circa 7 capolini per pianta. Altre varietà sviluppate negli anni 80, quali "044", "Giorgio", "Agrinos" erano caratterizzate da epoca di maturazione primaverile, produzioni elevate e contemporaneità di emissione dei capolini, colorazione verde delle brattee (Mauromicale *et al.*, 1989). Negli ultimi anni sono disponibili anche cultivar prodotte negli Stati Uniti come "Imperial Star" e "Romolo".

Il limite sostanziale alla diffusione su larga scala delle varietà da seme, è rappresentato dalla loro scarsa reattività all'azione precocizzante dell'acido gibberellico (GA_3), per cui esse non si prestano a sostanziali modifiche del loro calendario di produzione (Mauromicale, 1994).

Questo limite era presente nei primi ibridi, in seguito sono stati realizzati i primi ibridi F_1 molto reattivi all'azione dell'acido gibberellico (GA_3) tra cui "Orlando" può considerarsi il capofila. Questi ibridi, seminati in epoca precoce ed opportunamente trattati con GA_3 , sono in grado di maturare i capolini fin dal mese di novembre, assicurando un calendario di produzione simile a quello delle varietà autunnali (Mauromicale *et al.*, 2000).

La tecnica, che è stata messa a punto su "Orlando", consiste in una semina diretta effettuata in campo o in contenitori alveolati nelle prime tre settimane di luglio, seguita da due o tre trattamenti alla parte epigea della pianta con GA_3 , alla concentrazione di 60 ppm,

eseguiti il primo alla differenziazione della 10^a-12^a foglia e gli altri a distanza di due settimane. In tal modo si è ottenuto un anticipo fino a cinque mesi della maturazione e un calendario di produzione simile a quello del violetto di Sicilia, ma con più elevati ritmi di emissione di capolini.

La tecnica colturale utilizzata per la produzione di seme di carciofo prevede generalmente la stessa densità colturale che viene impiegata per la produzione di capolini (circa 1 pianta m⁻²), con particolari attenzioni alla nutrizione minerale delle piante e al controllo degli insetti e dei patogeni. In studi recentemente effettuati sui metodi di impollinazione (Temperini, 2011) è emerso che il rapporto ideale fra linee maschio fertili e cloni maschiosterili è rispettivamente di circa 1:4, a seconda della quantità e qualità del polline prodotto dal maschio-fertile e che particolare attenzione deve essere data alla sincronizzazione della fioritura della linea maschio-fertile con quella del maschio-sterile per poter ottenere buoni livelli produttivi. Infine, sia per la riproduzione del seme delle linee che degli ibridi, è necessario, durante tutto il ciclo colturale, eliminare le piante fuori tipo che molto spesso sono presenti nelle carciofaie (Temperini, 2011).

E' inoltre possibile trovare ambienti più idonei dell'Italia per la produzione di seme del carciofo, sia per le particolari condizioni climatiche (scarsa piovosità) che per la minor presenza di campi di carciofo o piante spontanee interfertili con il carciofo da seme.

1.8 - Avversità biotiche ed abiotiche

Il carciofo pur essendo una pianta rustica e ben ambientata nei propri areali di coltivazione può essere soggetta a numerose avversità.

Tra gli stress abiotici, possiamo elencare i danni da diserbanti (causati soprattutto dagli ormonici derivati), i danni da asfissia radicale (causati da eccessiva pesantezza del terreno, o da terreni mal drenati, o eccessivamente irrigati, oppure mal irrigati), infine i danni causati da temperature troppo elevate o troppo basse.

E' stato osservato infatti che temperature superiori a 25 °C durante la fase di transizione dell'apice caulinare da vegetativo a riproduttivo, che avviene circa dopo 60 giorni dopo il risveglio della carciofaia, nella seconda metà di settembre provocano questa malformazione, dato che l'eccessivo ritmo di assorbimento della pianta, a causa delle elevate temperature, non permetterebbe al meristema apicale in differenziazione la disponibilità di alcuni

elementi nutritivi, quali il calcio e boro indispensabili per la formazione di nuove cellule (Marzi, 2001).

Quando invece la temperatura si avvicina allo zero e si mantiene a tale livello per poche ore, la prima manifestazione del danno da freddo si ha sulle brattee esterne dei capolini, che mostrano l'epidermide leggermente sollevata, mentre all'interno si notano leggere screpolature e compaiono delle macchie brune. Se il freddo è più intenso e prolungato, le brattee si accartocciano, s'imbruniscono e il capolino non è più edule. Se la temperatura scende a 8-10°C sotto zero, oltre all'apparato fogliare, che è completamente devitalizzato, vengono compromessi anche gli organi ipogei e pertanto si può assistere alla morte della pianta (Bianco *et al.*, 1990).

Le malattie funginee del carciofo possono causare molti danni alle coltivazioni, fra quelle che riguardano la parte aerea possiamo rilevare:

- **Oidio o mal bianco o nebbia (*Leveillula taurica* f. sp. *cynarae*).** Si riscontra sulle foglie adulte delle carciofaie sia annuali che poliennali, che mostrano sulla pagina inferiore chiazze di forma indefinita, ricoperte da efflorescenza biancastra, che con il tempo si necrotizzano a partire dalla parte centrale. Le prime infezioni si manifestano verso la prima decade di settembre, raggiungendo la massima intensità nel mese di ottobre e nella prima decade di novembre. Col sopraggiungere della stagione invernale, via via che la temperatura si abbassa, il parassita attenua la virulenza ma poi ricompare, nuovamente in forma molto grave, all'inizio della primavera (Marras e Cirulli, 2009). La pianta produce nuove foglie a tutto svantaggio dell'accrescimento e della maturazione dei capolini. Il fungo può danneggiare o distruggere gran parte dell'apparato fogliare, riducendo considerevolmente la produzione nei casi più gravi (Marras e Cirulli, 2009).

I trattamenti ripetuti con principi attivi a base di zolfo o sistemici sono molto efficaci nel contenere la malattia;

- **Peronospora (*Bremia lactucae*).** È una malattia che compare generalmente in primavera, su piante giunte ormai alla fine del loro ciclo, ma ultimamente sempre più presente anche in autunno in condizioni di temperature ed umidità elevate. Le cause della sempre maggior incidenza di tale malattia possono essere attribuite alle più elevate densità colturali dei nuovi impianti, alla forzatura in termini di irrigazione e concimazione, senza escludere la comparsa di ceppi del patogeno più virulenti. Le infezioni si manifestano sulle foglie sotto forma di maculature da prima clorotiche, poi brune e seccherecce, cui corrispondono sulla pagina inferiore, solo ai margini, le fruttificazioni del parassita. La conservazione del patogeno avviene solitamente sotto forma di micelio presente sulle

piante colpite o sui residui vegetali (Marras e Cirulli, 2009). La lotta con mezzi chimici alla peronospora si effettua nella maggior parte dei casi con composti a base di rame (specialmente poltiglia bordolese); oppure con prodotti antiperonosporici sistemici (propamocarb, fosetil alluminio, ecc.) al momento della comparsa dei primi sintomi della malattia;

- **Marciume dei capolini (*Botrytis cinerea*)** Sta assumendo una sempre maggior rilevanza in quanto in passato creava problemi solo dopo il raccolto, in fase di conservazione, mentre attualmente si è diffuso nelle carciofaie in forma allarmante. L'insorgenza degli attacchi botritici è legata a lesioni sui capolini causate da *Bremia lactucae*, insetti, molluschi e danni da freddo. Probabilmente sono proprio questi ultimi che causano i maggiori problemi in quanto le forzature a cui vengono sottoposti gli impianti per precocizzare le produzioni espongono questi ultimi ai ritorni di freddo con conseguenti lesioni su cui possono verificarsi gli attacchi botritici. I sintomi tipici sono areole necrotiche sulle brattee, localizzate di solito alla base della spina e spesso lacerazione dell'epidermide cui segue talvolta il distacco della stessa. Spesso a seguito di un attacco si sono verificate anche perdite di intere cassette di capolini in quanto è sufficiente che vi sia solo qualche capolino malato per contaminare rapidamente intere partite di prodotto.

Anche l'apparato radicale ed il colletto possono essere interessati da attacchi funginei molto gravi fra cui:

- **Marciumi del colletto (*Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolfsii*, *Rizoctonia solani*)**, tutti e tre gli agenti di marciume possono causare la morte di numerose piante. La *Sclerotinia sclerotiorum* si manifesta nella zona del colletto con la marcescenza della porzione basale dei piccioli fogliari con una muffa bianco candida, con sclerozi neri grossi fino ad 1 cm, è molto virulenta all'approssimarsi dell'autunno, è diffusa indifferentemente sia su terreni sciolti che su terreni argillosi. Lo *Sclerotium rolfsii* presenta invece sempre nella zona del colletto una muffa bianca, ad accrescimento tipicamente raggiato, con numerosissimi sclerozi di color caffè latte, del diametro di 2-3 mm, è particolarmente temibile nei mesi estivi ed è particolarmente diffuso nelle carciofaie impiantate sui terreni sciolti. La *Rizoctonia solani* presenta alla base del colletto una muffa bianco grigiastra che poi diventa bruno-rossastra e ragnatelosa, con minuscole formazioni pseudo scleroziali, è particolarmente temibile nei mesi estivi e molto diffusa sulle carciofaie impiantate su terreni argillosi.

In tutti e tre i marciumi i primi sintomi consistono in un appassimento e rilassamento delle foglie più esterne che ingialliscono, si adagiano sul terreno e, infine, si disseccano. Il fenomeno si estende via via alle foglie più interne, quindi anche quelle giovanissime del cuore si raggrinziscono e si disseccano (Marras e Cirulli, 2009). La loro incidenza aumenta di anno in anno in colture poliennali, ma può manifestarsi in forma grave anche nelle colture al primo anno se coltivate su terreni in cui il carciofo succede a se stesso o a piante che condividono lo stesso patogeno. Spesso avviene che a causa dell'uso di ovoli o carducci provenienti da carciofaie infette si hanno attacchi di marciumi anche se il terreno è sano;

- **Tracheovorticilliosi (*Verticilium dahliae*, *Verticilium alboatrum*).** L'avvizzimento da parte di *Verticilium dahliae* ed in minor misura da *Verticilium alboatrum* è considerato tra le più importanti malattie del carciofo. La prima segnalazione sulla specie è stata registrata nel 1928 in Italia (Pulselli, 1928; Curzi, 1930). In Puglia, soprattutto lungo il litorale adriatico, che si estende da Bari a Brindisi, sono state osservate numerosissime carciofaie affette da avvizzimento (Cirulli et al., 1984; Ciccarese e Cirulli, 1985). Generalmente le piante colpite da questo patogeno presentano uno sviluppo stentato, una taglia ridotta e una perdita generalizzata di turgore (Ciccarese et al., 1985). Il patogeno si manifesta inizialmente su singole piante, in seguito si diffonde determinando ampie zone di fallanza.

Penetra nella pianta attraverso le radici in corrispondenza di ferite causate da operazioni di trapianto, nematodi, insetti o dalla stessa emissione di radici laterali. Raggiunti i vasi legnosi il patogeno li aggredisce e vi si sviluppa determinando la disfunzione del sistema vascolare al quale necessariamente conseguono l'appassimento ed il successivo appassimento fogliare (Marras e Cirulli, 2009)

La lotta alle malattie funginee si effettua generalmente attraverso rotazioni con specie vegetali che non condividono le stesse patologie, una gestione razionale dell'irrigazione e delle concimazioni, l'utilizzo ove possibile di resistenze genetiche, trattamenti con fitofarmaci contenenti principi attivi mirati.

I virus isolati sul carciofo sono numerosissimi: sono state isolate da piante di carciofo 24 specie virali, appartenenti a 10 generi ed una alla famiglia *Rhabdoviridae*. In linea generale si tratta di virus patogeni di un numero elevato di altre specie vegetali, solo pochi sono specifici del carciofo. Caratteristica comune a molti di questi virus è l'asintomaticità delle infezioni: si possono avere sintomi solo quando più di uno di questi sono presenti contemporaneamente nella medesima pianta.

Tra i virus che infettano il carciofo possiamo elencare:

- *Artichoke latent virus* (ArLV). Tra i virus che infettano in modo specifico il carciofo è di gran lunga il più diffuso, tanto da essere presente praticamente in tutti gli areali di coltivazione. Non sono descritti sintomi chiaramente legati al patogeno a causa delle frequenti infezioni miste, è stato però descritto un generale deperimento delle piante infette, accompagnato da significativa riduzione del numero e delle dimensioni dei capolini che, spesso, si presentano con le brattee parzialmente divaricate. La trasmissione dell'infezione oltre che dal materiale di propagazione (il virus è stato trovato anche nei tegumenti seminali e nei cotiledoni di un 5-10% dei semi) è trasmessa per stiletto da afidi della specie *Myzus persicae*, *Brachycaudus cardui* e *Aphis fabae* ed è estremamente efficiente;
- *Artichoke Italian latent virus* (AILV). Le infezioni di tale virus, un tempo sporadiche sono diventate sempre più frequenti, tanto che in un recente monitoraggio effettuato in provincia di Brindisi non è stata trovata nessuna pianta in cui non fosse presente l'AILV, frequentemente in infezione mista con ArLV. Tale virus è stato trovato isolato anche in Lazio e Campania ed è veicolato dai nematodi *Longidorus apulus* e *Longidorus fascians*. Tuttavia anche la propagazione tramite ovoli provenienti da piante infette ha contribuito in maniera decisiva alla propagazione dell'infezione.
Come ArLV anche AILV è stato identificato nei tegumenti seminali e nei cotiledoni di un 5-10% dei casi (Gallitelli e Mascia, 2009). Generalmente le piante infette sono prive di sintomi, tuttavia in alcuni casi sono stati descritti come imputabili ad AILV la presenza di giallumi leggeri e la perdita di simmetria delle foglie;
- *Artichoke mottled crinkle virus* (AMCV). Tale malattia, chiamata arricciamento maculato, è letale per il carciofo e anche quando non uccide la pianta provoca sintomi molto gravi. Anche i ricacci a primavera delle piante infette sono in numero esiguo e spesso caratteristicamente ripiegati da un lato. Gli agricoltori sono così scoraggiati a prelevare materiale di propagazione proveniente da piante infette. Tale virus resta attivo nei terreni per diversi anni ed è così in grado di infettare i nuovi impianti;
- *Tomato spotted wilt virus* (TSWV). È un virus ubiquitario e polifago, tanto da essere presente su un migliaio di specie vegetali appartenenti a diverse famiglie botaniche comprese anche molte piante coltivate. Viene trasmesso principalmente dal tripide *Frankliniella occidentalis*.

Numerosissimi sono stati gli isolamenti italiani a partire dal 1992 (Gallitelli e Mascia, 2009). Tale virus spesso uccide la pianta che presenta come sintomi taglia ridotta, distorsioni fogliari, necrosi delle nervature, pochi capolini dalle dimensioni ridotte.

TSWV si conferma il virus più dannoso per le composite, sia per danni diretti, evidenti sin dal primo anno di infezione, sia per danni indiretti alle colture limitrofe, per le quali la presenza di fonti di inoculo più o meno permanenti rappresenta un elevato fattore di rischio (Gallitelli e Mascia, 2009).

La lotta alle malattie virali si basa sostanzialmente sull'utilizzo di materiale di propagazione risanato da virus. Materiale esente da virus può essere ottenuto grazie alla termoterapia unita alla micropropagazione ed eventualmente anche alla coltivazione “fuori-suolo” delle piante madri virus-esenti impiegate per la produzione dei carducci. Un altro metodo per ottenere materiale di propagazione sano è l'utilizzo del seme per effettuare l'impianto, visto che solo pochi virus (es. ArlV) si trasmettono per via gamica. La carciofaia impiantata non dovrebbe rimanere per più di due anni sullo stesso terreno, su cui successivamente vanno effettuate ampie rotazioni con specie vegetali che non condividono le stesse patologie del carciofo. Molto importante infine è il controllo degli insetti che si comportano come vettori delle infezioni da virus.

Il carciofo è attaccato in Italia da un centinaio di specie di parassiti animali appartenenti a nematodi, gasteropodi, insetti e roditori. Sulla coltura è però presente un notevole complesso di nemici naturali che contribuiscono a limitare i danni dei fitofagi. L'importanza dei singoli fitofagi dipende dall'area di coltivazione del carciofo e dalle tecniche colturali adottate (Delrio, 2009).

Le carciofaie possono subire gravi danni causati dagli attacchi dei roditori in quanto, per le loro caratteristiche organolettiche, queste piante sono particolarmente gradite dalle arvicole che inoltre sono favorite rispetto al passato dagli attuali sistemi di coltivazione. In particolare l'irrigazione per infiltrazione laterale, oggi sostituita con quella per aspersione o a goccia creava un notevole contenimento alla diffusione dei roditori, così come le lavorazioni del terreno per il controllo delle erbe infestanti, oggi spesso sostituite dall'utilizzo degli erbicidi.

I danni maggiori si riscontrano specialmente a partire dal secondo anno di impianto e nei piccoli appezzamenti di terreno, in particolare quando questi sono delimitati in uno o più lati da terreno incolto dove notoriamente le arvicole vivono e si riproducono indisturbate.

La strategia di difesa si basa sulla lavorazione dei terreni incolti confinanti, sulla distribuzione di esche rodenticide, sulla perimetrazione del terreno con delle lamiere che

hanno lo scopo di impedire il passaggio delle arvicole. Bisogna evitare inoltre di effettuare nuovi impianti in aree fortemente infestate. L'uso di calciocianamide come fertilizzante ha dimostrato un buon effetto repellente sui roditori.

Gli insetti più dannosi, che richiedono abitualmente interventi fitoiatrici, sono gli afidi e alcuni lepidotteri come la nottua del carciofo e la Depressaria dei capolini, ma sulle colture anticipate possono risultare importanti anche gli attacchi di Nottuidi polifagi. In alcune aree cinaricole possono essere riscontrati danni da fitofagi secondari (lepidotteri, coleotteri e ditteri) e da parte di molluschi gasteropodi e arvicole (Delrio, 2009).

Come metodi di difesa da insetti e molluschi è consigliabile ricorrere ad ampie rotazioni e carciofaie dalla durata annuale. In caso di impianti poliennali è bene effettuare la distruzione dei capolini attaccati da Depressaria e l'eliminazione della parte epigea delle piante prima che le larve della nottua del carciofo raggiungano la base del rachide. Tuttavia è generalmente necessario anche il ricorso ad insetticidi, soprattutto in caso di forzatura, in quanto la coltura può essere maggiormente esposta dell'attacco dei principali parassiti, che si riscontrano soprattutto in autunno.

1.9 - Tecnica colturale

Il carciofo è una pianta da rinnovo per le sue esigenze colturali, quali lavorazioni profonde all'impianto, ricche concimazioni organico-minerali, ripetuti interventi colturali. Il posto che occupa nelle rotazioni aziendali può variare da 1-2 anni fino a 8-10 anni o più, in funzione dell'ordinamento produttivo aziendale e della durata del ciclo della carciofaia. In Sicilia, Puglia e Sardegna la carciofaia viene espantata ogni 1-2 anni, mentre nel Lazio ed in Toscana la sua durata può variare dai 3-4 anni agli 8-10 anni. In genere il carciofo precede una coltura come il frumento, ma non mancano casi in cui viene seguito da colture quali la barbabietola da zucchero, il mais, il pomodoro. La consociazione è quasi del tutto sparita in favore di una sempre maggior diffusione della specializzazione della coltura (Bianco, 1990).

La preparazione del terreno destinato ad accogliere una carciofaia inizia con un aratura profonda 40-50 cm. In occasione di tale operazione, sulla base delle indicazioni fornite dai laboratori di analisi sulle caratteristiche fisico chimiche del suolo e la qualità dell'acqua di irrigazione, si procede all'interramento del letame (40-60 t/ha) o altro fertilizzante organico (pollina, guano, ecc.) Successivamente all'aratura, si eseguono una, o più frequentemente diverse operazioni di erpicatura, allo scopo sia di eliminare le erbe infestanti, che compaiono nell'intervallo di tempo che va dall'aratura al trapianto, sia di livellare ed affinare il terreno. L'ultima erpicatura che si esegue prima dell'impianto ha anche lo scopo di interrare i concimi minerali che vengono distribuiti in campo prima del trapianto o della semina.

L'impianto della carciofaia può essere attuato con ovoli, carducci, parti di ceppo, piantine ottenute da colture "in vitro" e seme (achenio), in relazione alle varietà ed alle condizioni climatiche (Bianco, 1990).

Negli ultimi anni è possibile trovare sul mercato anche piantine a radice protetta, ottenute facendo radicare direttamente i carducci provenienti da piante madri coltivate fuori suolo (Temperini, 2009).

La concimazione (nel caso del carciofo coltivato nel Lazio) differisce fra l'anno di impianto e quelli successivi. Durante il primo anno, prima dell'erpicatura che precede il trapianto (o la semina), vengono distribuiti sotto forma di concime minerale 70-80 kg ha⁻¹ di P₂O₅ e 80-90 kg ha⁻¹ di K₂O. Dopo circa 20 giorni, quando le piante si sono affrancate, vengono distribuiti 30-40 kg/ha di N sotto forma nitro-ammoniacale o ureica, interrati generalmente attraverso una fresatura che contribuisce anche al contenimento delle infestanti.

Un secondo intervento viene effettuato tra la seconda e la terza decade di settembre distribuendo ulteriori 60-70 kg ha⁻¹ di N sotto forma nitro-ammoniacale. Un terzo intervento viene eseguito in prossimità dell'emissione dello scapo florale, che si manifesta attraverso la presenza di foglie lanceolate a portamento assurgente, distribuendo ulteriori 30-40 kg ha⁻¹ di N sotto forma nitrica o ammoniacale, ed altrettanti di K₂O. Negli anni successivi la concimazione inizia nella prima decade di agosto e precede l'irrigazione necessaria per il risveglio vegetativo della carciofaia, distribuendo l'intera quantità di fosforo (60-70 kg ha⁻¹ di P₂O₅) e 2/3 di quella di potassio (80-90 kg ha⁻¹ di K₂O). L' intervento successivo avviene subito dopo la scarducciatura con la distribuzione di 90-100 kg ha⁻¹ di N sotto forma nitro-ammoniacale, cui fa seguito una lavorazione superficiale del terreno. In prossimità dell' emissione dello scapo florale si effettua l' ultimo apporto di nutrienti (N e K₂O con le stesse quantità e modalità descritte nel primo anno di impianto (Temperini, 2009).

La densità colturale incide sulle caratteristiche del prodotto in termini di precocità, quantità e qualità, inoltre bisogna tener conto del costo della piantina e della vigoria del clone coltivato. Tutto ciò ha portato i cinaricoltori del Lazio ad adottare sul carciofo romanesco distanze tra le file che variano da 1,2 a 1,4 metri e sulla fila tra 0,8 ed 1 metro con una densità colturale che varia tra 8.000-9.000 piantine ad ettaro.

L'irrigazione è indispensabile quando si vuole effettuare un impianto estivo e per ottenere elevate e costanti produzioni in areali di coltivazione dove le precipitazioni piovose non sono sufficienti alla coltura, soprattutto in determinati momenti dell'anno. Nel Lazio la stagione irrigua inizia normalmente fra la fine di luglio e l'inizio di agosto e si protrae fino ad ottobre-novembre; viene poi sospesa in quanto le precipitazioni piovose sono in questo periodo dell' anno generalmente in grado di provvedere al fabbisogno idrico del carciofo. In caso non si verificano piogge per lunghi periodi, in particolare durante la fase di raccolta, l' irrigazione viene ripresa per evitare stress idrici alla pianta. Sono quindi effettuati, a seconda dell'andamento stagionale, da 8 a 12 interventi con volumi medi di adacquamento pari a 250-300 m³/ha/turno, distribuiti nella maggior parte dei casi per aspersione e raramente a goccia.

La dicioccatura consiste nell'eliminazione della parte epigea e viene effettuata a fine giugno o all'inizio di luglio, quando la pianta entra in fase di riposo estivo. La scelta del momento di intervento è molto importante in quanto se anticipiamo eccessivamente il taglio della parte aerea stimoliamo la pianta all'emissione di molti nuovi carducci con conseguente dispendio di sostanze di riserva accumulate dalla parte ipogea. Ritardare eccessivamente la dicioccatura comporterebbe invece un eccessivo indurimento dei tessuti, rendendo alquanto

difficoltosa l'operazione di taglio, che soprattutto in caso di dicioccatura meccanizzata, può causare danni al rizoma. La dicioccatura può essere eseguita sia manualmente che meccanicamente. Nel primo caso l'operazione viene eseguita con l'ausilio della zappa ed è necessario rimuovere i residui colturali dal terreno in quanto possono intralciare le successive operazioni colturali. Nel secondo caso si utilizzano macchine operatrici provviste di lame o martelletti rotanti che provvedono anche a sminuzzare i residui vegetali che possono rimanere sul terreno reintegrandone così la sostanza organica e ed alcuni elementi minerali.

La scarducciatura è un'operazione colturale che consiste nell'individuazione del miglior carduccio, che andrà a costituire la nuova parte epigea e nell'asportazione dei germogli superflui che potranno essere reimpiegati come materiale di propagazione. Di solito questo intervento interessa marginalmente la coltura nel corso del primo anno mentre diventa fondamentale negli anni successivi. In genere tale operazione viene suddivisa in due-tre passaggi: il primo nella seconda terza decade di settembre, il secondo tra la fine di novembre e gli inizi di dicembre e il terzo, previsto principalmente per le cultivar tardive (Campagnano e Grato 1), tra gennaio e febbraio (Temperini, 2009).

Con la scarducciatura si ha una riduzione del numero di capolini per pianta ma una maggior precocità di raccolta e un maggior peso dei capolini. È un'operazione che incide fortemente sui costi di produzione, ecco perché si cerca di limitarla al massimo, con 2-3 interventi (Bianco, 1990).

La lotta alle erbe infestanti è di primaria importanza nella carciofaia per poter ottenere un prodotto qualitativamente e quantitativamente valido; è stato infatti accertato che la presenza di malerbe in una carciofaia di nuovo impianto può ritardare l'emissione del primo capolino, ridurre le rese e dare un prodotto con peso unitario minore. E' sempre più diffuso l'utilizzo degli erbicidi chimici come mezzo valido nel contrastare le erbe infestanti (D'Alessandro e Agosta, 1984).

I diserbi di pre-trapianto nel caso si utilizzino i carducci, o di pre-emergenza nel caso si utilizzino gli ovoli o il "seme", contribuiscono, insieme alle lavorazioni del terreno all'atto dell' impianto, ad un primo contenimento delle infestanti. Attualmente sono disponibili sul mercato diversi principi attivi di pre-emergenza o pre-trapianto, che possono essere usati da soli o in miscela, come *l'oxadiazon*, *l'oxylfluorfen*, il *chlorthal dimethyl*, mentre per la post emergenza sono possibili trattamenti con graminicidi quali *fenoxapropethyl*, *fluazifop-p-butyl*, *sethoxydim*, *quizalofop-ethyl*.

Il controllo meccanico delle infestanti con la coltura in atto è effettuato tramite sarchiatura.

La sarchiatura ha lo scopo di eliminare le infestanti, di rompere la crosta superficiale per facilitare l'areggiamento del terreno e limitarne la perdita di umidità per risalita capillare. Queste operazioni, seguono solitamente la distribuzione dei concimi azotati in copertura, per facilitarne l'interramento (Bianco, 1990).

Tra le principali infestanti del carciofo possiamo elencare: *Portulaca oleracea*, *Echinochloa crus-galli*, *Digitaria sanguinalis*, *Setaria viridis*, *Amarantus sp. pl.*, *Chenopodium sp. pl.* tra le infestanti estive. Seguono poi le infestanti autunno-vernine: *Veronica persica*, *Fumaria officinalis*, *Stellaria media*, *Avena fatua*, *Capsella bursa pastoris* etc. Negli anni successivi a quello di impianto è frequente la comparsa di flora annuale e poliennale presente in tutte le stagioni.

1.10 - Raccolta e commercializzazione dei capolini

La raccolta dei capolini è scalare; ha inizio verso la prima decade di ottobre per la coltura precoce e termina in giugno con quella più tardiva. In relazione al tipo di coltura ed alla varietà, il numero delle raccolte può variare da un minimo di 3-4 ad un massimo di 15-20, tenendo presente che la lunghezza del ciclo produttivo può variare da un minimo di 18-20 giorni ad un massimo di 180-220 giorni (Marzi, 2001).

Nel complesso, una carciofaia produce 50-100 mila capolini per ettaro, pari ad una produzione in peso di 6-12 t ha⁻¹. La raccolta tradizionale nelle aziende di piccole dimensioni è prevalentemente manuale (Foto 8), ed eventualmente agevolata solo in fase di trasporto del prodotto dal campo al centro aziendale. Le operazioni vengono svolte senza alcun ausilio di macchine all'interno del campo mentre i mezzi per il trasporto del prodotto si muovono esclusivamente lungo le capezzagne.



Foto 8: Raccolta manuale

(Fonte: Sardegna digitalibrary)

L'impiego di carri agevolatori , che possono essere interfilari o scavallatori, possono ridurre del 20-30% il costo della raccolta manuale. L'esigenza di ridurre le tare non coltivate, nelle realtà cinaricole italiane, fanno propendere la scelta verso le attrezzature scavallatrici. La raccolta dei carciofi, in ogni caso, deve essere eseguita manualmente dagli operai che avanzano in campo tra le file, individuano i capolini maturi e li tagliano. Il raccoglitore provvede quindi a trasferire i carciofi nei contenitori portati dalle macchine agevolatrici. La macchina agevolatrice più in uso nelle aziende cinaricole è il trattore “gran luce”, con un altezza minima da terra sufficiente per scavallare la fila durante il passaggio, opportunamente allestita per il trasporto del raccolto (Foto 9).



Foto 9: raccolta manuale con l'ausilio di un trattore "grande luce" (fonte foto Cedrola *et al.*, 2009)

Altra tipologia di macchina agevolatrice è rappresentata da un motocarro a 4 ruote motrici montate su trampoli, che gli permettono di scavallare i filari (Foto. 10) .



Foto 10: motocarro 4 ruote motrici montate su trampoli (fonte foto Cedrola *et al.*, 2009)

L'agevolatrice, che è dotata di un ampio pianale di carico ribaltabile precede il gruppo di operai che avanzano a piedi, tagliando e depositando (o lanciando) i carciofi sul pianale (Cedrola *et al.*, 2009).

Tra i mezzi meccanici che transitano tra le file, si può utilizzare un nastro trasportatore - caricatore da campo. L'attrezzatura è generalmente portata dall'attacco a tre punti di un comune trattore di media potenza. Il nastro si allunga sopra la coltura, in senso perpendicolare ai filari, ed è dotato di un tappetino scorrevole che trasferisce

automaticamente il raccolto sul sistema di accumulo. Gli operatori seguono il mezzo cogliendo i carciofi che depositano sul nastro che li trasporta al mezzo di accumulo e trasporto (autocarro, rimorchio, transpallet, ecc.). Il sistema difficilmente scavalla le file per cui necessita di vie opportunamente predisposte nel campo (Foto. 11).



Foto 11 - nastro trasportatore- caricatore da campo (fonte foto Cedrola *et al.*, 2009)

Il sistema è già utilizzato per agevolare la raccolta di numerose colture ortive quali cavoli, angurie, peperoni e melanzane, ma solo ora è proposto come macchina agevolatrice della raccolta del carciofo come alternativa ai sistemi più tradizionali (Cedrola *et al.*, 2009).

Per il mercato fresco i capolini sono classificati, in considerazione del loro diametro massimo in molto grandi, se è uguale o maggiore a 11 cm; grandi se è compreso tra 11 e 9 cm; medi, se è tra 9-7,5 cm, ed infine piccoli, se è inferiore a 7,5 cm.

Per l'industria di trasformazione la suddivisione in calibri risulta maggiormente frazionata, per cui al 1° calibro appartengono i capolini con diametro < 46 mm; al 2° quelli compresi tra 46 e 52 mm; al 3° tra 52 e 58 mm; al 4° da 58 a 64 mm; al 5° tra 64 e 70 mm ed infine al 6° quelli > 70 mm. Nella terminologia comune i capolini appartenenti al 2° e 3° calibro vengono denominati “uovo”; quelli appartenenti al 4°, al 5° e al 6° calibro “mezzo carciofo”.

Merceologicamente i capolini vengono classificati in tre categorie o classi:

- extra: in cui le brattee centrali si presentano perfettamente embricate e serrate senza tracce di lignificazione dei vasi vascolari;
- I categoria: con capolini che possono presentare lievi difetti riconducibili a eventi climatici negativi (gelo) o leggeri traumi;

- Il categoria: in cui i difetti che interessano i capolini sono gli stessi, ma più marcati, di quelli presenti su quelli appartenenti alla I categoria, senza che ne venga pregiudicata la conservazione e la commerciabilità.

Nella maggior parte dei casi il prodotto viene presentato sul mercato in due forme diverse: in mazzi quando trattasi di prodotto precoce e ben quotato, per cui il produttore ritiene importante testimoniare al consumatore la freschezza, oppure i capolini possono essere disposti in cassette di recupero o a perdere, quando il prezzo del prodotto è tale da ridurre al minimo i costi di imballaggio (Temperini, 2009). Quando il carciofo deve essere venduto a grandi distanze dal luogo di raccolta viene generalmente imballato con cartoni incerati e film di polietilene impermeabili all'acqua (ma permeabili all'ossigeno e all'anidride carbonica) in grado di evitare eccessive perdite di tenore idrico (e conseguentemente di peso) e conservato a temperatura fra 3 e 5 °C.

1.11 - Raccolta del carciofo e del cardo da seme

La raccolta degli acheni in pieno campo può essere effettuata con le normali mietitrebbiatrici da frumento opportunamente tarate, regolate e munite di testata da cardo Cressoni progettata da Cra-Ing . Tale testata è stata per la prima volta sperimentata nel 2007 sul cardo nell'ambito del progetto Bio-Card. Successivamente sono stati effettuati alcuni miglioramenti ed il prototipo così ottenuto è stato provato con successo nell'estate del 2008 presso i campi sperimentali dell'Università Politecnica di Madrid (UPM) ad Alcalà De Hernarez, in Spagna. Nella prima versione, infatti, il prototipo montava un apparato falciante che operava sulle singole file risultato non del tutto idoneo per tale coltura. Il cardo infatti è una pianta poliennale e, a causa dei ricacci, si presenta spesso in modo non allineato lungo le file; questa caratteristica comportava una significativa perdita di biomassa in quanto la lama non riusciva ad agire sulle piante non direttamente allineate con gli spazi tra le punte della testata (Pari *et al*, 2008). Il prototipo unisce i dispositivi di una testata da mais a sei file, nella parte superiore e quelli di una classica testata da frumento, nella parte inferiore (Foto 12).



Foto 12 - testata da cardo Cressoni –Cra – Ing (fonte foto archivio Cra-Ing)

La testata da mais provvede al distacco dei capolini da inviare all'apparato trebbiante della trebbiatrice; la testata da grano opera lo sfalcio. Il prototipo della nuova testa non è tuttavia un semplice assemblaggio delle due testate convenzionali in quanto sono state apportate modifiche a diverse componenti come ad esempio i rulli di mungitura (allo scopo di pervenire al condizionamento dei fusti senza provocarne lo spezzettamento). Inoltre sono stati aggiunti, allo scopo di aumentare l'efficienza operativa, un aspo rettilineo che assieme ad una coclea provvedono a convogliare i capolini staccati verso l'apparato trebbiante.

Sulla mietitrebbia (Foto 13) vengono poi impostate (Pari *et al*, 2008) le seguenti regolazioni:

- velocità rotazione del battitore: 280-300 giri/minuto;
- apertura massima della griglia: 5,4 cm;
- velocità rotazione del ventilatore: 760 giri/minuto;
- apertura crivello superiore: 11 mm;
- apertura crivello inferiore: 6 mm;



Foto 13 - mietitrebbiatrice munita di testata da cardo (Foto archivio Cra-Ing)

La raccoglitrice ha raggiunto capacità di lavoro soddisfacenti (superiori ai 2 ha/ora) e superato le difficoltà osservate la precedente stagione. Sempre nel corso della prova effettuata sul cardo nel 2008 le impurità della granella si sono attestate attorno al 0.61% con una percentuale di semi danneggiati del 3,25%. Le caratteristiche della macchina lasciano prevedere il futuro sviluppo di una testata commerciale versatile ed adattabile, con accorgimenti volti a variarne la configurazione in relazione alla raccolta di colture diffuse, quali il girasole ed il mais (Pari *et al*, 2008). Gli stocchi, le foglie ed i capolini privati dei semi sono convogliati dalla trebbiatrice in un andana che può essere imballata utilizzando un imballatrice dotata di pick up permettendo così di raccogliere ed utilizzare le biomasse così ottenute.

1.12 - Trasformazione industriale ed utilizzo dei sottoprodotti

Il carciofo normalmente è sottoposto a trasformazione quando il prezzo dei capolini scende a valori non più remunerativi per il mercato del fresco. Il periodo della trasformazione generalmente incomincia nel mese di marzo per protrarsi fino al mese di maggio. La trasformazione industriale comporta tradizionalmente la realizzazione di diversi prodotti ed in particolare: semilavorati fermentati e refrigerati, conserve sottolio e al naturale e surgelati (Scano e Matta, 2003).

Negli ultimi anni ha suscitato notevole interesse l'impiego degli scarti di lavorazione come fonte di sostanze di interesse alimentare e farmaceutico (polifenoli). È emergente, infine, il settore dei piatti pronti nel quale diverse ricette a base di carciofo potrebbero trovare un'adeguata collocazione attraverso una loro industrializzazione.

Attualmente vengono destinati all'industria di trasformazione o i capolini che non trovano collocazione sul mercato del fresco, o la coda della produzione destinata al mercato fresco, quando i prezzi diventano troppo bassi. In realtà a seconda del tipo di trasformato sono richieste caratteristiche specifiche e conseguentemente una cultivar adatta. È stato fatto qualche tentativo impiegando carciofi ottenuti da semi che hanno mostrato una buona attitudine alla trasformazione industriale essendo dotati di idonea texture (un capolino poco consistente rende difficoltosa la tornitura meccanica), ma con caratteristiche sensoriali non altrettanto positive.

Negli ultimi anni si è andata accentuando, nelle industrie conserviere, la tendenza alla diversificazione dei ruoli: alcune aziende producono esclusivamente semilavorati, altre sono specializzate nella produzione di prodotti finiti sott'olio o sottoaceto (Colelli e Calabrese, 2009).

Le aziende che si occupano del semilavorato ricevono i capolini di carciofo, tagliati manualmente, in cassette di plastica di piccola pezzatura (25 kg), o bins di plastica di capacità più elevata (300 kg). I carciofi, salvo esigenze particolari dell'industria di trasformazione, vengono conferiti privi del gambo; se non vengono lavorati immediatamente, devono essere immagazzinati in celle frigorifere ad una temperatura di 3-4 °C per tempi brevi, in genere dell'ordine di 10-15 ore. Deve essere evitato lo stoccaggio prolungato a temperatura ambiente, in quanto la materia prima comincia a fermentare e a perdere consistenza. Soste prolungate in cella frigorifera e temperature più basse di quelle sopra indicate provocano la formazione di macchie scure sulle brattee. L'operazione immediatamente successiva è quella della calibratura. Essa è necessaria per separare partite

di diverso valore commerciale, per la costituzione di partite omogenee dal punto di vista tecnologico, e per il miglioramento del rendimento delle macchine operatrici e della qualità del prodotto finito. Dal punto di vista dimensionale, per i carciofi da trasformare in conserve, i calibri fino a 55 mm possono essere anche impiegati interi, mentre i calibri fino a 70 mm possono essere impiegati interi per i contenitori di grosso formato (2,5 - 20 kg), oppure ridotti in spicchi per i formati inferiori (Scano e Matta, 2003).

Segue poi la tornitura che può essere parziale come nel caso dei carciofi freschi confezionati o totale come nel caso dei semilavorati, o delle conserve al naturale e sottolio. La tornitura può essere effettuata manualmente o meccanicamente. La prima è tipica delle lavorazioni di tipo artigianale, necessita di un elevato impiego di manodopera e consente il controllo del 100% dei capolini. La seconda è tipica delle lavorazioni industriali e comporta l'impiego di macchine operatrici specifiche (Scano e Matta, 2003).

Il blanching infine consiste in un'operazione preliminare di scottatura del prodotto da destinare alla trasformazione in surgelati, conserve o fermentati (Miglioli, 1995).

Lo scopo principale di questa operazione è l'inattivazione degli enzimi responsabili dell'imbrunimento del carciofo (Polifenolossidasi, Perossidasi). La Polifenolossidasi (PPO), come tutti gli enzimi, è una proteina a struttura tridimensionale con molti legami secondari che possono essere più o meno facilmente rotti con l'azione del calore rendendo l'enzima inattivo (Lattanzio *et. al.*, 1994).

Nel caso di carciofi da destinare al processo di surgelazione, il trattamento termico di inattivazione enzimatica deve essere efficace anche nei confronti della perossidasi (POD) e della lipossigenasi, enzimi più termoresistenti rispetto alla PPO che sono responsabili dello sviluppo di aromi, colori e sapori estranei nel corso dello stoccaggio (Leoni e Van Sumere, 1990).

Al termine di queste operazioni le industrie dei semilavorati procedono con la stabilizzazione del prodotto attraverso l'immersione e conservazione in salamoia al 15-20% di sale, oppure per allungare la conservazione si utilizzano salamoie contenenti l'8-10% di sale miscelate con acidi organici la cui funzione è quella di diminuire il pH del liquido di governo (acido citrico, acetico, lattico). I primi due sono addizionati direttamente alla soluzione, mentre l'acido lattico si forma spontaneamente nel corso della fermentazione. La produzione dei semilavorati in salamoia può avvenire con o senza fermentazione lattica (Colelli e Calabrese, 2009).

Nel caso di semilavorati fermentati, i cuori di carciofo vengono posti in contenitori contenenti salamoia leggera, a cui viene aggiunto uno starter microbico per far partire più

velocemente tale processo. Se si utilizza l'inoculo la fermentazione richiede di solito sette giorni, altrimenti circa il doppio. E' importante che i cuori siano immersi completamente nella soluzione. Il pH viene misurato quotidianamente e, quando si raggiunge la massima acidità, il processo viene interrotto. La salamoia leggera viene sostituita con un'altra di mantenimento contenente 10% di sale e 4 % di aceto. Viene aggiunto di seguito olio e/o aceto per evitare il contatto con l'ossigeno che altrimenti porterebbe allo sviluppo di lieviti e muffe. Nel caso di semilavorati ottenuti senza fermentazione, la stabilizzazione avviene direttamente con salamoie al 15-20% di contenuto salino, miscelate con acido citrico, acetico, lattico ed in seguito all'acidificazione i cuori di carciofo vengono confezionati in contenitori in banda stagnata e pastorizzati.

Negli ultimi anni si è diffusa la preparazione del semilavorato a crudo, che consente l'ottenimento di un prodotto finito dalle elevate caratteristiche organolettiche, simili a quelle del prodotto fresco (Colelli e Calabrese, 2009).

Prendendo in esame i diversi vegetali freschi e trasformati si può fare la seguente classificazione:

- I gamma carciofi freschi;
- II gamma conserve;
- III gamma carciofi surgelati;
- IV gamma carciofi lavati, tagliati e confezionati (pronti all'uso);
- V gamma carciofi sottoposti a cottura (bollitura, lessatura o grigliatura), confezionati e commercializzati in regime di refrigerazione.

Le caratteristiche dei prodotti di **prima gamma** per la commercializzazione sono state descritte nel precedente paragrafo.

Per la produzione di prodotti di **seconda gamma**, cioè conserve sott'olio e sotto aceto, si parte sempre più spesso dai prodotti semilavorati precedentemente descritti. Le aziende per la trasformazione dei prodotti finiti procedono quindi, nel caso delle conserve sott'olio, con la centrifugazione che è un'operazione necessaria per riempire i contenitori con capolini perfettamente sgrondati. La presenza, infatti, di una quantità eccessiva di acqua residua determina la formazione di emulsioni con l'olio di copertura ed una presentazione del prodotto finito molto sgradevole (Caponio *et. al.*, 2003).

La colmatura sotto vuoto, deve essere effettuata impiegando apposite macchine e dosando l'olio ad una temperatura superiore a 80 °C.

I prodotti di questa categoria vengono sottoposti a trattamento termico ad una temperatura di 100 °C in bagni di acqua calda o tunnel di pastorizzazione a vapore o acqua calda (Perego *et. al.*, 1995).

L'entità del trattamento termico dipende fondamentalmente dal pH del prodotto tanto che si effettuano processi differenti a seconda che i valori siano inferiori a 4,2, o compresi tra 4,2-4,5. In ogni caso per potere applicare con garanzie di sicurezza igienico-sanitaria trattamenti termici a temperature inferiori o uguali a 100°C è necessario che il pH dei prodotti sia inferiore a valori di 4,5. Il prodotto viene successivamente confezionato in cartoni, stoccato o immesso alla vendita.

I carciofi di **terza gamma** ovvero surgelati hanno la fase produttiva iniziale che comincia con la tornitura seguita immediatamente da immersione in acqua acidulata con acido citrico o ascorbico al 0,5-1%. Da questo momento in poi la lavorazione si divide in linee parallele, alimentate con calibri diversi. Il prodotto viene immerso in acqua bollente per un tempo prestabilito grazie ad un trasportatore a coclea; dopo la sgrondatura il prodotto viene preraffreddato. I cuori di carciofo di pezzature medie e grandi sono poi tagliati a metà o in spicchi (Colelli e Calabrese, 2009).

Al termine del raffreddamento, attraverso un banco di cernita viene eliminato il prodotto non idoneo alla surgelazione. Questa viene preferibilmente effettuata in impianti continui con circolazione di aria a -40°C dal basso verso l'alto con la continua agitazione dei capolini per evitare che congelino ammassandosi tra di loro. Il tempo di surgelazione dipende dal tipo di impianto e dalla dimensione dei capolini ed è compresa fra 15 e 20 minuti. Dallo scarico del surgelatore il prodotto viene inviato alle confezionatrici e poi stoccato in cartoni in cella frigorifera a -30 °C (Colelli e Calabrese, 2009).

La **IV gamma** ha incontrato negli ultimi tempi una sempre crescente richiesta da parte dei consumatori (Galli, 1999). Tali prodotti sono destinati principalmente alla ristorazione collettiva e al consumo familiare, consentendo una riduzione del lavoro di preparazione dei piatti e una prolungata disponibilità nel tempo. Questi alimenti possono subire blandi interventi di stabilizzazione, volti al rallentamento dello sviluppo microbico e alla riduzione dei fenomeni di imbrunimento (Giménez *et al.*, 2003). La loro preparazione è fortemente influenzata da:

- qualità delle materie prime (cultivar, condizioni pedoclimatiche, pratiche colturali, raccolta e stoccaggio);
- temperature di processo;

- lavaggio prima e dopo la pulitura (qualità dell'acqua di lavaggio; uso di additivi per la disinfezione o la prevenzione dell'imbrunimento);
- operazioni di taglio;
- inibizione dell'imbrunimento enzimatico;
- utilizzo di materiali e tecnologie di confezionamento idonei (polimeri con permeabilità selettiva ai gas, resistenti alle sollecitazioni, atossici);
- controllo delle temperature e dell'umidità durante la distribuzione e la vendita al dettaglio.

I fattori che limitano la shelf-life del carciofo di IV gamma possono essere riassunti (Fonte: Scano e Matta, 2003) nei seguenti punti:

- respirazione;
- imbrunimento enzimatico;
- alterazione microbiologica;
- avvizzimento e rammollimento dei tessuti.

I problemi che si riscontrano sui carciofi riguardano la discolorazione bruna in corrispondenza delle superfici di taglio, dovuta all'azione di enzimi polifenolossidasi, e la formazione di odori e sapori anomali, in seguito a respirazione anaerobia e/o all'attività di microrganismi (Scano e Matta, 2003).

Il prodotto viene confezionato con film plastico a permeabilità controllata (Foto 14), in sacchetti o vaschette, all'interno dei quali è stata modificata la combinazione di gas presenti (2- 5% O₂, 3-10% CO₂, N₂ riempimento). All'interno della confezione, il mantenimento della concentrazione ideale di gas (O₂, CO₂) è possibile utilizzando un film plastico che sia permeabile ai due gas. La permeabilità è un parametro specifico dei diversi polimeri plastici. Se il coefficiente di trasmissione dell'ossigeno del film è pari al tasso di consumo dell'ossigeno, per effetto della respirazione dei tessuti vegetali, si crea all'interno della confezione una atmosfera modificata di equilibrio (Scano e Matta, 2003).



Foto 14 - carciofo di quarta gamma confezionato con film plastico a permeabilità controllata

I carciofi di V gamma possono rappresentare un'accettabile alternativa per l'impiego della materia prima non idonea alla preparazione della IV gamma e alla commercializzazione del fresco. La V gamma può rappresentare, quindi, un'alternativa per la valorizzazione della materia prima di seconda scelta. La shelflife è stata valutata in 40 giorni. In questo tipo di lavorazione possono essere utilizzati anche i gambi di carciofo.

In particolare sul carciofo è stato messo a punto un processo per l'ottenimento di prodotti a umidità intermedia, attraverso la combinazione di trattamenti acidificanti e antiossidanti accoppiati a blanda scottatura, disidratazione ed essiccazione in aria a bassa temperatura, imballaggio in atmosfera modificata e conservazione refrigerata (Colelli e Calabrese, 2009).

La produzione di olio, estratto da semi e da frutti oleosi e dei loro prodotti di trasformazione, ha subito un incremento notevole a partire dagli anni '50 del secolo scorso, sia per l'aumentata domanda di grassi alimentari in genere, sia per motivi salutistici, in quanto i grassi di origine animale essendo prevalentemente saturi sono meno indicati nella dieta. Gli oli di semi presentano una composizione in acidi grassi molto diversa tra loro. Generalmente risultano caratterizzati da un elevato tenore di acidi grassi polinsaturi a 18 atomi di carbonio con 2 o 3 doppi legami, quali l'acido linoleico (C18:2) e l'acido linolenico (C18:3). Questi due acidi grassi sono i capostipiti, rispettivamente, della famiglia $\omega 6$ e $\omega 3$;

sono acidi grassi essenziali e quindi devono essere assunti con la dieta, dal momento che gli organismi animali al contrario di quelli vegetali, non sono in grado di sintetizzarli. Sono i principali componenti dei fosfolipidi delle membrane cellulari con funzioni strutturali e, oltre a svolgere un ruolo fondamentale per la crescita, sono i precursori di composti fondamentali con proprietà simil-ormonali, quali le prostaglandine (PG), le prostacicline (PGI), i trombossani (TX) e i leucotrieni (LT) (Temperini, 2011).

Se da un lato gli acidi grassi polinsaturi sono importanti ai fini metabolici, dall'altro mostrano una scarsa resistenza all'ossidazione in quanto si ossidano molto più velocemente degli acidi grassi monoinsaturi e saturi.

La minore stabilità degli oli di semi nei confronti dell'ossidazione va tenuta presente, non solo per quanto riguarda la loro conservabilità, ma anche per quanto riguarda l'utilizzo, sia nella tecnologia industriale, sia in quella domestica di frittura e di cottura dei cibi. In linea generale è possibile affermare che, nella tecnologia domestica di frittura, la scelta del bagno d'olio dovrebbe ricadere su oli meno insaturi e quindi con un minor contenuto di acidi grassi polinsaturi, come ad esempio quelli ottenuti dalle olive.

Sulla base dei risultati ottenuti è possibile affermare che il carciofo e il cardo possono essere considerati delle specie vegetali utilizzabili per la produzione di olio estratto dai semi. I semi di carciofo, infatti, contengono circa il 25% di olio, che presenta caratteristiche simili a quello dell'olio di semi di girasole. In particolare, la percentuale degli acidi grassi insaturi è molto elevata ed è rappresentata da acido oleico e linoleico; sono anche presenti elevate quantità di tocoferoli (vitamina E). I valori dei parametri osservati hanno evidenziato che l'olio estratto da semi di carciofo presenta un buon valore alimentare per cui risulta interessante il suo impiego nell'alimentazione umana (Temperini, 2011).

Inoltre, tenendo presente che il carciofo non è mai stato sottoposto a programmi di miglioramento genetico mirati ad esaltare la qualità dell'olio e ad incrementare la produzione di semi e la resa in olio, è possibile ipotizzare, in un prossimo futuro, l'impiego di questa specie per la produzione di olio di semi.

Per certi usi industriali altre sono le caratteristiche di pregio degli oli: ad esempio per le vernici è importante la siccatività, cioè la prerogativa di certi oli (di lino, papavero, canapa) di diventare solidi per effetto dell'ossigeno atmosferico; la viscosità alle alte temperature è apprezzata in oli lubrificanti (ricino); l'alto contenuto dell'acido erucico è una qualità desiderata in certi oli per uso industriale (Bonciarelli, 1998)

Dalle radici si ricavano infusi e si estrae inulina, molto richiesta dall'industria farmaceutica. Le foglie sono utilizzate per l'estrazione di principi attivi impiegati per produrre liquori,

digestivi o aperitivi, oltre a prodotti farmaceutici, cosmetici, dolcificanti ipocalorici, coloranti per tessuti. Inoltre dalle foglie essiccate si ricavano farine che possono essere utilizzate per la produzione di mangimi di ottima qualità da destinare all'alimentazione animale, perché possiedono un valore nutritivo medio di 60-80 unità foraggiere per quintale di sostanza secca (Colelli e Calabrese, 2009).

Dai sottoprodotti della lavorazione industriale si possono ottenere fibra, cellulosa, farine per mangimi; le brattee di scarto dei capolini hanno un buon contenuto di proteina grezza con elevato valore biologico. Le colture oleifere, come sottoprodotto dell'estrazione dell'olio con solventi, danno la farina. Questi sottoprodotti sono preziosi alimenti concentrati per il bestiame, eccettuati quelli che contengono principi tossici (ricino) e che quindi trovano impiego solo come fertilizzanti per il terreno.

1.13 - Alimentazione

1.13.1 - Aspetti nutrizionali

Le prime notizie dell'esistenza del carciofo e della sua utilizzazione provengono dall'Etiopia e dall'Egitto; in seguito il carciofo ebbe l'onore di citazione nei sontuosi banchetti della Grecia e della Latinità (Oliaro, 1967). Il personaggio storico più ghiotto di carciofi fu, a quanto ne sappiamo Caterina De Medici. Ella esigeva che ad ogni banchetto fosse presentata una piccola montagna di carciofi, dai quali si direbbe trasse grande giovamento se, malgrado le memorabili scorpacciate, visse fino a 70 anni (Oliaro, 1967).

Attualmente il carciofo occupa un posto importante nella dieta mediterranea: essendo un "prodotto di stagione", reperibile sul mercato per un lungo periodo dell'anno, è presente sulla tavola degli Italiani da ottobre a maggio.

Il carciofo, oltre ad essere apprezzato per le pregiate qualità organolettiche, fornisce un basso apporto calorico, è ricco di minerali (potassio, calcio, fosforo e ferro) mentre ha scarso contenuto in vitamine (Tab. 6); è ricco di fibra alimentare, utile a mantenere la funzionalità intestinale e probabilmente anche a controllare i livelli ematici di glucosio e colesterolo (Cannella, 2009).

Tabella 6 - Composizione di carciofo e cardo coltivato (per 100 g di parte edibile)		
Componenti	Carciofo	Cardo coltivato
Parte edibile (g)	34	70
Acqua (g)	91,3	94,3
Proteine (g)	2,7	0,6
Lipidi (g)	0,2	0,1
Carboidrati disp. (g)	2,5	1,7
Amido (g)	0,5	0,2
Zuccheri solubili (g)	1,9	1,5
Fibra (g)	5,5	1,5
Energia (Kcal)	22	10
Sodio (mg)	133	23
Potassio (mg)	376	293
Ferro (mg)	1,0	0,2
Calcio (mg)	86	96
Magnesio (mg)	45	=
Fosforo (mg)	67	11
Tiamina (mg)	0.06	0.02
Riboflavina (mg)	0.10	0.04
Niacina (mg)	0.50	0.20
Vit. C (mg)	12	4
Vit A (µg ret. eq.)	18	tracce
Fonte: Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione (Anno 2000)		

Il carciofo è presente in una infinità di ricette dove viene combinato con i più vari ingredienti e può essere preparato in molti modi diversi. In particolare le diverse modalità di cottura (oltre ai condimenti) sono in grado di cambiare notevolmente le caratteristiche nutrizionali di partenza.

Inoltre il fiore del carciofo e cardo, se reciso dalla pianta, produce un latte che contiene enzimi proteolitici capaci di cagliare il latte, donde il nome comune di caglio fiore dato al caglio vegetale (Cannella, 2009).

Il consumo del carciofo nella dieta degli Italiani (circa 8 kg/pro capite/anno) è di gran lunga il più elevato al mondo e nonostante l'Italia sia il primo produttore mondiale diventa nei mesi invernali (quando il freddo rallenta la produzione) un grande importatore.

Recenti studi hanno rilevato la presenza di alcuni composti “non nutrienti” quali l'inulina, i fitosteroli e altri composti di natura polifenolica, che svolgono azioni protettive di grande interesse per la nostra salute. Il consumo alimentare del carciofo infatti è consigliato per i suoi effetti benefici grazie alle sue proprietà coleretiche, epatoprotettici, diuretici, ipolipemizzanti, etc.

L' inulina in particolare è un polimero del fruttosio idrosolubile che non viene digerito dai nostri succhi intestinali, ma metabolizzato dai bifidobatteri del nostro intestino dove favorisce il proliferare della flora batterica utile e inibisce l'insediarsi di batteri dannosi. I fitosteroli invece sono composti di natura steroidea che, se assunti fino ad un massimo di 2g al giorno, inibiscono l'assorbimento intestinale del colesterolo apportato nella dieta da alimenti di origine animale.

Il carciofo è ricco anche di acidi organici e polifenoli rappresentati dall'acido 5-caffeil-chinico, detto anche acido clorogenico, dall'acido caffeico e dall'acido 1,5-dicaffeil-cinico. Contiene anche dei lattoni sesquiterpenici, la cinaropicrina e i suoi derivati che conferiscono al carciofo il caratteristico sapore amaro, e dei flavonoidi, in particolare eterosidi del luteololo e dell'apigenolo. La cinarina (estere dicaffeico dell'acido chinico: $C_{24}H_{34}O_{12}$), viene impiegata anche in farmacologia per la sua azione diuretica e coleretica, che favorisce la secrezione biliare da parte delle cellule del fegato (Cannella, 2009).

1.13.3 - Fitoterapia e medicina

Nel corso degli ultimi anni sono stati effettuati numerosi studi allo scopo di valutare le proprietà farmacologiche e terapeutiche del carciofo. Ormai tali proprietà sono ufficialmente riconosciute ed ampiamente documentate nelle più importanti tabelle di erboristeria e nei libri di fitoterapia e farmacognosia generale, i quali approvano l'impiego del carciofo come sostanza coleretica, diuretica, epatoprotettiva ed epatostimolante (Rondanelli *et al.*, 2009).

Il carciofo ha una lunga storia farmaceutica e terapeutica dall'antichità ai nostri giorni. Le sue azioni farmacologiche e terapeutiche sul fegato, già note nel XXVII secolo, furono confermate dai risultati ottenuti dai primi studi "moderni" effettuati da Leclerc (1928) e Brel (1929). Il merito però di isolare, purificare ed individuare nella sua costituzione chimica il principio attivo del carciofo, vale a dire la cinarina, spetta al Prof. Panizzi, che con Scarpati lo individuò nel 1954. In seguito il Prof. Preziosi indagò a fondo la farmacologia della cinarina (Oliaro, 1967). Attualmente l'estratto acquoso delle foglie di carciofo, se ottenuto attraverso un processo conforme ai regolamenti farmaceutici internazionali, ha un riconosciuto valore medico. Oltre alla cinarina sono stati isolati dalle foglie di carciofo: l'acido clorogenico (3-O-caffeil-cinico), l'acido criptoclorogenico (4-O-caffeil-chinico) e l'acido caffeico. Il più alto contenuto di acidi caffeilchinici è rintracciabile soprattutto nella foglia, alla fine del primo anno di vegetazione. Farmacologicamente questi composti hanno dimostrato effetti coleretici e, in parte, di riduzione del colesterolo (Rondanelli *et al.*, 2009).

I flavonoidi, identificati nelle foglie del carciofo, determinano un effetto farmacologico sulla colesterolemia sia attraverso il rallentamento della sintesi del colesterolo endogeno (inibendo l'attività della HMG-CoA reduttasi), sia modulando l'assorbimento del colesterolo. Tra i flavonoidi possiamo citare, oltre alla luteolina ed i suoi tre glicosidi (cinaroside, scolimoside, cinatroside), la rutina, la quercetina e l'apigenina. Infine i lattoni sesquiterpenici (cinarotriolo, cinaropicrina), sono dotati di attività antinfiammatoria ed ipocolesterolemizzante. I più elevati livelli di questi composti sono stati misurati nelle giovani foglie subito dopo la fioritura; invece sono assenti nelle radici, nei frutti maturi e nei fiori (Rondanelli *et al.*, 2009).

1.14 - Miglioramento genetico

1.14.1 - Risorse genetiche

L'Italia presenta il più ricco pool genetico di carciofo coltivato per lo più rappresentato da un elevato numero di ecotipi o cloni propagati vegetativamente ed il cui nome richiama generalmente le zone di origine. Sia in Italia che nel resto del Bacino del Mediterraneo non è facile determinare il numero delle cultivar di carciofo propagate vegetativamente, anche perché, a volte a materiale diverso ci si riferisce con la stessa denominazione o materiale uguale viene chiamato con nomi diversi senza contare i numerosi ecotipi locali. Sono stati comunque descritti 37 tipi economicamente importanti (Dellacecca *et al.*, 1976), anche se soltanto 11-12 cultivar, propagate vegetativamente e ben differenziate tra loro per determinati caratteri (epoca di raccolta, dimensioni, forma e colore del capolino, dimensione della pianta e presenza o assenza di spine), sono considerate di maggior importanza commerciale. In base all'affinità tra i cloni, è stato suddiviso il germoplasma nei seguenti gruppi principali:

- Spinosi: comprendente tipi varietali con spine lunghe ed acuminate presenti sia sulle brattee che sulle foglie;
- Violetti: comprende tipi varietali che producono capolini di medie dimensioni e caratterizzate da pigmentazione più o meno diffusa sui capolini e produzione autunnale;
- Romaneschi: comprendente tipi varietali con capolini sferici o sub-sferici e produzione primaverile;
- Catanesi: comprendente tipi varietali con capolini di medie dimensioni e di forma allungata e produzioni che si estendono dall'autunno alla primavera.

Altre cultivar, tra cui la spagnola denominata "Tudela", sono stati considerati appartenere ad un gruppo intermedio, mentre il germoplasma francese è stato principalmente suddiviso in Bretonne, caratterizzato da grandi capolini verdi (per es. Camus de Bretagne, Caribou, Camerys) e Midi, originario del Sud della Francia (per es. Violet de Provence e Violet de Hyères). In California le varietà Green Globe, Imperial Star, Big Heart, Desert Globe, sono le più diffuse. Il genere *Cynara* è relativamente piccolo e comprende, oltre al carciofo, 6-7 specie selvatiche perenni e tutte originarie del bacino del Mediterraneo (Wiklund, 1992). Quella più vicina al carciofo è il cardo selvatico (*C. cardunculus* L. var. *sylvestris*),

distribuito dal Portogallo alla Turchia, che sulla base di studi citogenetici ed isoenzimatici è ritenuto il progenitore sia del carciofo che del cardo coltivato. Le forme spontanee e coltivate di *Cynara cardunculus* sono infatti interincrociabili e gli ibridi ottenuti sono completamente fertili (Rottenberg e Zohary, 1996; Rottenberg *et al.* 1996). Si tratta di una pianta robusta e ramificata, con tipica rosetta di foglie grandi e spinose e fiori di colore blu-violetto. Altre 5 specie selvatiche hanno mostrato affinità genetica con il carciofo e 3 specie; in particolare, hanno prodotto pochi semi quando sono state incrociate con il carciofo maschiosterile (Rottenberg, 1993). Si tratta di *C. baetica*, di *C. algarbiensis*, e di *C. syriaca*. Le altre due specie, *C. cornigera* e *C. cyrenaica*, mostrano affinità genetica con il carciofo ma i loro ibridi F1 sono risultati parzialmente fertili (Basnizky e Zohary, 1994).

1.14.2 - Miglioramento genetico via agamica

Il carciofo offre un esempio notevole dell'efficacia della selezione empirica condotta da generazioni di orticoltori. Vi è molta differenza, infatti, tra le varietà attualmente coltivate e le varietà spontanee che si trovano qua e là, entro il perimetro del mediterraneo e che presentano caratteristiche senza dubbio vicine a quelle dell'antenato comune del cardo e del carciofo. Queste piante contengono capolini fibrosi, molto piccoli, con brattee pergamenacee e acuminate, e foglie molto spinose (Pochard *et al.*, 1967).

Sinora la costituzione di nuovo germoplasma di carciofo è stata realizzata mediante selezione effettuata nell'ambito di popolazioni locali propagate per via agamica (ovoli, carducci, parti di ceppaia) oppure da piante selezionate nell'ambito di popolazioni ottenute da libera impollinazione e successivamente clonate (Saccardo, 2009).

La selezione clonale è una tecnica efficace ma lenta nei risultati che è stata applicata con successo in popolazioni locali caratterizzate da discreta eterogeneità biologica e morfologica (Deidda 1967; Abbate e Noto 1981; Trigo Colina 1981; Pècaut 1983; Mauromicale e Copani 1989). Essa urta contro numerosi problemi sanitari non ancora risolti ed una insufficiente conoscenza della fisiologia della pianta (Pochard *et al.*, 1967). Il limite sostanziale di queste strategie, basate sulla selezione e la successiva moltiplicazione mediante le tecniche di propagazione vegetativa tradizionale, è stato finora rappresentato dal ridotto tasso di moltiplicazione (da 5 a 10 piante ottenibili per anno da un capostipite) che ha impedito o fortemente limitato la diffusione in coltura dei cloni isolati. La micropropagazione "in vitro" potrebbe aumentare considerevolmente il tasso di moltiplicazione, tuttavia non è utilizzabile

su larga scala per le varietà precoci a causa della formazione, ad elevata frequenza, di “mutanti” tardivi.

Tra i cloni più interessanti ottenuti negli ultimi 30 anni possiamo citare:

- C3, genotipo romanesco molto precoce ottenuto mediante selezione clonale da una popolazione di “Castellammare” e successiva micropropagazione;
- Terom, genotipo primaverile più precoce del Violetto di Toscana e con capolino notevolmente più grande;
- Tema 2000, autunnale e isolato da una popolazione da seme derivata dal Terom;

Il clone C3, per la precocità e qualità del capolino, ha sostituito circa il 90% delle carciofaie laziali e si sta diffondendo anche su ampie superfici di altre regioni cinaricole quali la Sicilia la Puglia e la Sardegna. La precocità e la scarsa tolleranza al freddo di questo clone possono mettere a rischio, in inverni particolarmente freddi, l'intera produzione. Inoltre l'elevata richiesta di questo clone da parte del mercato è causa di elevati rischi di erosione genetica per le varietà autoctone di “Romanesco” tradizionalmente coltivate nel Lazio ed in Campania.

La metodologia di miglioramento genetico impostata sull'impiego di incroci in libera impollinazione tra diversi genotipi, che hanno portato alla realizzazione di nuovi cloni di piante F₁ selezionate per caratteri utili, ha dato sino ad ora i migliori risultati in termini di rinnovo varietale. A riguardo possiamo segnalare i seguenti cloni:

- Grato 1 e Grato 2, entrambi di tipo Romanesco, ottenuto da interincrocio e libera impollinazione di cloni appartenenti agli ecotipi Castellammare, Campagnano e Violetto di Toscana e successiva selezione di piante moltiplicate agamicamente;
- Etrusco, dalla forma più allungata della tipologia Romanesco e produttiva;
- Moro di Corneto, caratterizzato da capolini più grandi rispetto alla tipologia Romanesco, globosi e dalla colorazione violetta;
- Exploter e Giove, selezionati da piante derivate da libera impollinazione successivamente moltiplicati per via agamica.

Anche in Puglia e Sardegna, sono stati selezionati nuovi cloni in base alla produttività, alla precocità ed ulteriori caratteristiche all'interno di popolazioni appartenenti alle tipologie Spinoso Sardo e Brindisino.

1.14.3 - Miglioramento genetico via gamica

Lo studio della riproduzione gamica del carciofo, ha permesso di mettere a punto metodologie di miglioramento genetico che hanno portato ad ottenere ibridi F_1 e varietà sintetiche caratterizzate da maggiori rese produttive, grazie all'aumento di vigoria dovuto all'eterosi e minori costi di produzione. Grazie all'utilizzo del seme infatti è possibile meccanizzare le operazioni di semina, migliorare lo stato sanitario della pianta, ottenere carciofaie omogenee ed annuali, ridurre l'impiego di agrofarmaci.

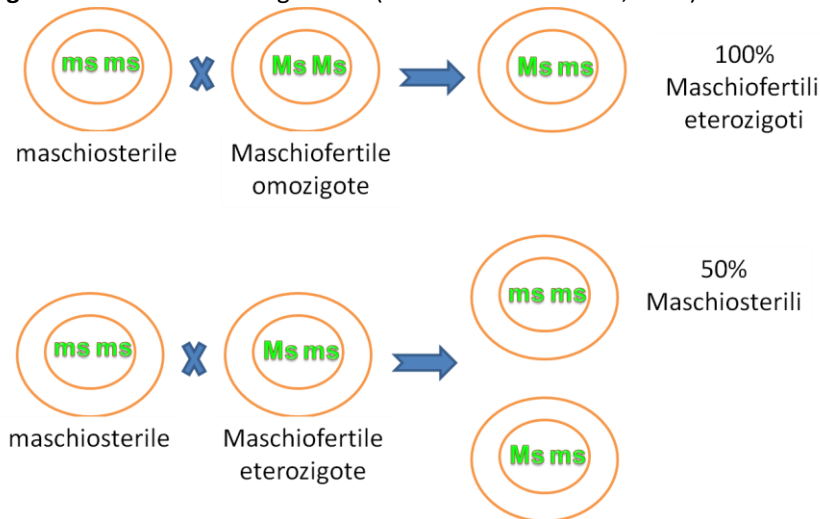
In Francia, Israele e negli Stati Uniti, è stata dedicata molta attenzione allo sviluppo di varietà propagate via "seme", sia attraverso la costituzione di linee sufficientemente stabili ed alla costituzione di ibridi F_1 , attraverso incroci tra linee fertili stabili e maschiosterili (Saccardo, 2009).

Recentemente, attraverso programmi mirati di miglioramento genetico, sono stati ottenuti ibridi F_1 italiani derivanti dall'incrocio di linee inbred fertili e cloni maschio-sterili utilizzati come piante portaseme. Notevoli difficoltà operative sono state riscontrate a causa del sistema riproduttivo, prevalentemente allogamo del carciofo. Bisogna infatti isolare il capolino prima dell'antesi per evitare l'inquinamento da polline esterno, prelevare il polline maturo e conservarlo per effettuare, durante il momento della completa recettività degli stimmi, autofecondazioni manuali. Le autofecondazioni ripetute in carciofo determinano però fenomeni di depressione da inbreeding con conseguenze negative sul vigore della pianta, sulla superficie fogliare, sull'altezza dello stelo, sul numero e dimensione dei capolini commerciali, sulla qualità e quantità del polline ed infine sul numero di semi vitali. Talvolta, la depressione da inbreeding compare già alla seconda autofecondazione, mentre, in altri casi, alla terza quarta autofecondazione; gli effetti possono essere talmente seri da dover rinunciare alla produzione di linee inbred. In passato per la costituzione degli ibridi F_1 veniva effettuato il lavaggio dei capolini della linea inbred portaseme allo scopo di evitare autofecondazione varietali. Per la costituzione su scala commerciale di seme delle varietà ibride, nell'ultimo decennio è stata utilizzata la maschiosterilità. Tale carattere è stato scoperto da Principe (1984) e sembrava determinato da un singolo gene recessivo chiamato *ms1*. Più recentemente Basnizky e Zohary (1994) hanno scoperto due geni recessivi non addizionali: *ms2* e *ms3*.

La maschio-sterilità genetica, come quella riscontrata in carciofo (Lewis D, 1941), dipende in genere da uno o due geni recessivi, ed è stata trovata in molte specie vegetali di interesse agrario (es.: pomodoro, peperone, melanzana). Quando la maschio-sterilità è di tipo genetico

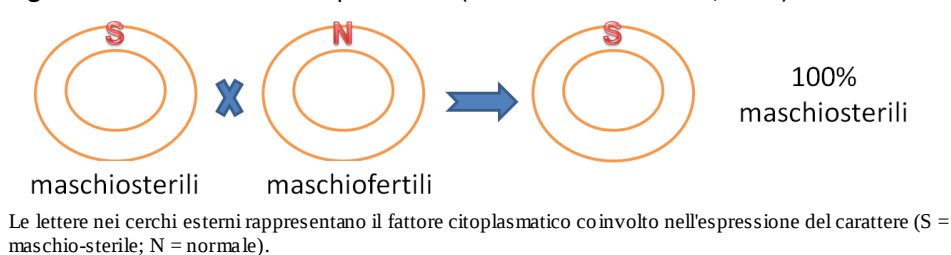
ed è dovuta ad un singolo gene recessivo, le piante maschio-sterili ($ms\ ms$) si conservano mediante incrocio con piante maschio-fertili eterozigoti ($M_s\ ms$). Metà della progenie risulterà sterile ($ms\ ms$), e metà fertile eterozigote ($M_s\ ms$) (Fig. 2).

Figura 2 - Maschiosterilità genetica (Fonte: Lorenzetti *et al*, 1996)



La maschio-sterilità citoplasmatica, contrariamente a quella genetica, è determinata da geni citoplasmatici (s) indipendentemente dai geni nucleari. Di conseguenza in una specie vegetale che presenta maschio-sterilità citoplasmatica vi sono due tipi di citoplasma: fertile (N) e sterile (S). In conseguenza di ciò, tutte le piante che derivano da una pianta con geni citoplasmatici di tipo S saranno maschio-sterili, mentre tutte quelle che derivano da piante con citoplasma N saranno fertili (Fig. 3).

Figura 3 - maschiosterilità citoplasmatica (Fonte: Lorenzetti *et al*, 1996)



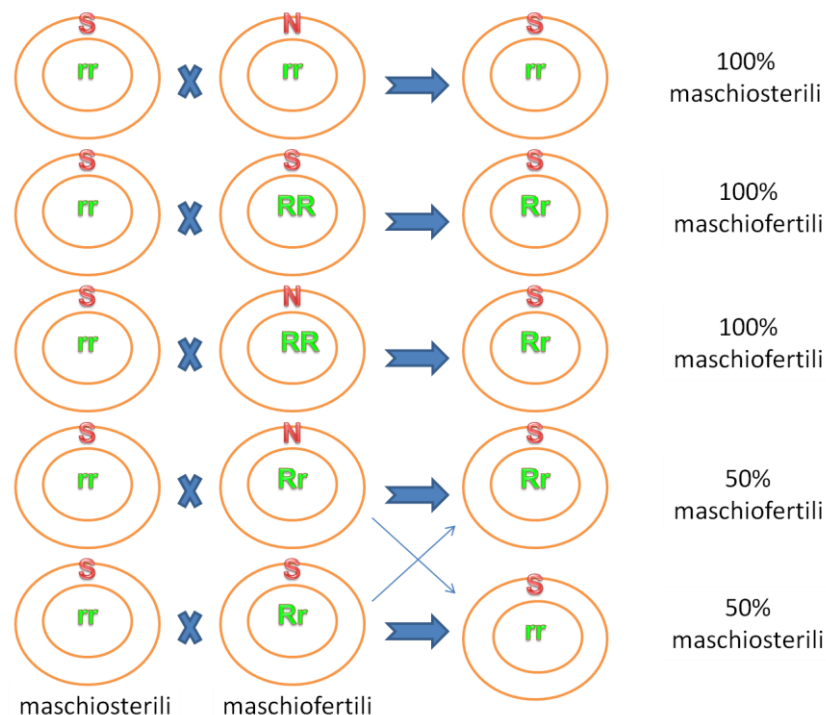
La maschio-sterilità di tipo genetico-citoplasmatico è il risultato dell'azione contemporanea di geni citoplasmatici e di geni nucleari. In questo caso, le progenie di piante maschio-sterili, non sono necessariamente sterili, ma possono risultare fertili quando vengono usati particolari impollinatori. I genitori maschili capaci di dare progenie maschio-fertili sono dotati di geni che permettono la produzione di polline fertile su piante con citoplasma maschio-sterile. La maschio-sterilità citoplasmatica viene pertanto convertita in maschio-sterilità genetica con la scoperta di geni ristoratori (R). Le progenie di piante maschio-sterili citoplasmatiche (rr), possono essere di tipo differente a seconda

degli alleli presenti al locus R del genitore maschile. Tale genitore può avere costituzione genetica rr se possiede citoplasma normale (N) ma deve essere per forza Rr o RR in presenza di citoplasma maschio-sterile S.

Dall'incrocio tra una pianta maschio-sterile e una maschio-fertile si ottengono piante figlie dotate tutte di citoplasma maschio-sterile perché il citoplasma è trasmesso dalla madre. Le piante figlie risultano quindi:

- tutte sterili, se il genitore maschile non era dotato di geni ristoratori;
- fertili per il 100%, se il genitore maschile era omozigote per il gene ristoratore;
- sterili per il 50%, se il genitore maschile era eterozigote per il gene ristoratore (fig. 4).

Figura 4 - maschiosterilità genetica citoplasmatica (Fonte: Lorenzetti *et al.*, 1996)



Gli incroci tra cloni di carciofo, in contrasto con i fenomeni di inbreeding, determinano elevata eterosi, espressa chiaramente in biomassa e produzione. È stato inoltre notato un impressionante vigore ibrido nelle combinazioni tra cardo e carciofo (Saccardo, 2009). In generale, l'eterosi si manifesta non solo come maggiore vigore vegetativo e riproduttivo (lussureggiamento) dell'ibrido rispetto alle linee parentali ma anche come maggiore velocità di sviluppo, quantità di biomassa, qualità del prodotto, resistenza ad agenti biotici e stress abiotici, robustezza della pianta o qualsiasi altra caratteristica agronomicamente utile. Il grado di eterosi è funzione dei genotipi delle linee impiegate nell'incrocio e varia in relazione alla specie e al suo sistema riproduttivo.

Lo sfruttamento dell'eterosi in agricoltura è stato uno dei più grandi successi del miglioramento genetico vegetale. Specie importanti come il mais, il pomodoro, il girasole, il sorgo e la barbabietola, sono attualmente coltivate nei Paesi occidentali quasi esclusivamente come varietà ibride (Baraccia *et al.*, 2006).

La strategia, seguita in carciofo per l'ottenimento di nuove varietà, ed utilizzata da diversi autori, è la seguente: 1) miglioramento della popolazione di base attraverso l'individuazione di piante che verranno o autofecondate o moltiplicate per via vegetativa, al fine di selezionare con metodi ad hoc cloni o linee per la produzione di varietà commerciali; a tale proposito, la maggior parte delle varietà di carciofo, moltiplicate per via vegetativa, hanno questa origine; 2) incroci tra piante selezionate per ottenere popolazioni F_1 e F_2 in cui si applicano selezioni di nuovi ricombinanti seguite da propagazione vegetativa; 3) mutagenesi in vitro (piantine irraggiate con raggi gamma) per l'induzione, ad esempio, di mutanti caratterizzati da bassa taglia, maschio-sterilità e colore del fiore; 4) ottenimento di varietà ibride F_1 derivanti da incrocio tra linee maschio-sterili e maschio-fertili geneticamente stabili; 5) varietà sintetiche ottenute dall'interincrocio di un certo numero di cloni, ecotipi, linee inbred, selezionate precedentemente con prove di progenie (syn1, 2, 3 ecc.). Pertanto la fase iniziale di qualsiasi programma di miglioramento genetico consiste nel collezionare e valutare il germoplasma della specie da impiegare, e nel realizzare variabilità genetica (Temperini, 2011).

1.14.4 - Controllo genetico di alcuni caratteri

Molti caratteri morfologici e legati alla produzione come ad esempio la dimensione, la forma ed il peso del capolino, la dimensione della pianta, la lunghezza del peduncolo e la precocità presentano un determinismo poligenico. Altri caratteri invece sono controllati da geni singoli o da due geni "major":

assenza/presenza di spine; l'allele "non spinoso" (Sp) è dominante su quello selvatico spinoso (sp);

marcatori della foglia e del fiore; i caratteri "foglia gialla" (j) e "fiore bianco" (b) sono entrambe mutazioni recessive.

La pigmentazione del capolino è complessa dal punto di vista genetico in quanto coinvolgerebbe una serie di geni modificatori in aggiunta a 1 o 2 geni major (Basnizky e Zohary, 1994) ed è inoltre influenzata anche dalla temperatura e dalla concimazione.

Il carattere della maschio sterilità, che inizialmente sembrava determinato dal singolo gene recessivo *ms1* (Principe, 1984), è stato successivamente attribuito all'azione di due geni recessivi, *ms2 ms3* (Basnizky e Zohary, 1994).

2 - Parte Sperimentale

2.1 - Premessa

Il carciofo è da sempre in Italia, assieme alla patata ed al pomodoro, uno fra gli ortaggi di maggior importanza, dal punto di vista sia della superficie coltivata, sia del valore economico della produzione. La grande importanza che esso assume nella dieta mediterranea fa sì che l'Italia, pur essendo il primo produttore al mondo, è anche un grande importatore. Ciò è dovuto non solo al fatto che in alcuni paesi si riesce a produrre anche nei mesi in cui la produzione italiana è ferma per motivi climatici, ma anche ai minori costi della manodopera che sono attualmente possibili in molti degli areali sottoposti alla coltivazione di questa coltura. Per questo alcuni paesi produttori come la Cina e l'Egitto, sono in continua espansione a discapito dei paesi che storicamente sono i primi produttori mondiali (Italia, Francia e Spagna).

Negli ultimi anni questa asteracea è stata oggetto di una intensa attività di miglioramento genetico sia da parte di ditte sementiere multinazionali che da parte delle istituzioni scientifiche che ha portato all'ottenimento dei primi ibridi F_1 uniformi e stabili di particolare valore agronomico e commerciale.

Le piantine di carciofo ottenute tramite "seme" oltre ad essere meno costose di quelle provenienti da "vitro", non hanno problemi di ordine fitosanitario tipici delle piante propagate tramite carduccio e ovulo; inoltre, rendono possibile il passaggio della coltura da poliennale ad annuale, con enormi vantaggi sotto vari aspetti colturali e commerciali quali: minor costo di impianto, facilità nel reperimento del materiale di propagazione, miglior stato fitosanitario della coltura, facilitazione nelle pratiche colturali (specialmente riguardo all'impianto), eliminazione di alcuni interventi colturali come la diciocatura e in parte la scarducciatura. Ciò può garantire oltre ai costi contenuti, livelli produttivi e qualitativi soddisfacenti non solo per la produzione destinata all'industria del trasformato, ma anche per quella conferita al mercato del fresco. Tuttavia, va rilevato che pur esistendo moltissimi lavori bibliografici inerenti la fisiologia, la tecnica agronomica, la difesa fitosanitaria, ecc., relativamente alla coltura convenzionale (carducci, ovoli e piante micropropagate), poche indicazioni sono presenti per quanto riguarda la gestione della carciofaia impiantata mediante l'impiego di piantine a radice protetta e ancor meno attraverso semina diretta.

Pertanto, risulta particolarmente importante, per una cinaricoltura moderna che sicuramente farà sempre più uso di piante ottenute via seme, approfondire le conoscenze di

un appropriato itinerario tecnico ed in particolare per quanto riguarda l'epoca di semina, il sesto di impianto, il controllo della flora infestante e il sistema di irrigazione, in funzione non solo della tipologia di produzione (mercato fresco, trasformazione industriale, produzione di acheni) ma anche della tecnica di impianto adottata: semina diretta (come negli U.S.A) oppure trapianto (come avviene in Italia).

Recenti studi (Temperini *et al.*, 2011) hanno evidenziato che gli ibridi, ottenuti dall'incrocio di linee inbred sono caratterizzati da elevata vigoria e produttività (eterosi) per cui è stata ipotizzata la possibilità di produrre acheni da cui estrarre olio. Le rese produttive in acheni, seppur inferiori, sono paragonabili a quelle di piante come il girasole ed il cardo coltivato, specie sottoposte ormai da molti anni a programmi specifici di miglioramento genetico. Pertanto, considerando che l'attività di miglioramento genetico del carciofo è recente e che è stata concentrata prevalentemente per la produzione di capolini immaturi (mercato del fresco e industria di trasformazione) si presume che esistono ampi margini di miglioramento sia per incrementare la resa in acheni, sia per la resa in olio degli stessi, attraverso la costituzione di ibridi F_1 caratterizzati da elevato numero di capolini per pianta e in grado di produrre un elevato numero di acheni. Oltre all'elevata produttività in "semi" è naturalmente importante avere un'alta resa in olio, senza tralasciare la qualità dell'olio stesso e cioè i diversi profili di acidi grassi per soddisfare le differenti esigenze delle industrie. L'olio, per le sue proprietà salutistiche, può essere destinato alle industrie alimentari grazie all'equilibrato rapporto di acidi grassi (acido oleico e linoleico) ed a un buon contenuto in tocoferoli, alle industrie farmaceutiche, per ottenere saponi o creme idratanti, alle industrie chimiche per ottenere lubrificanti, vernici, o estratti idroalcolici. Dopo l'estrazione dell'olio, dall'achenio si ottengono anche interessanti sottoprodotti quali: il pannello (estrazione per spremitura) o la farina (estrazione con solventi) che possono essere utilizzati anche per l'alimentazione animale, in miscela con altri alimenti, o per l'estrazione di proteine vegetali.

Sempre da studi recenti è stato osservato che sia dal carciofo che dal cardo si possono ottenere, come sottoprodotto della coltivazione, notevoli produzioni di biomassa secca, utilizzabile per fini energetici. Tale prodotto è facilmente ottenibile in quanto la parte aerea può essere tagliata, quindi disposta in andana dalla mietitrebbiatrice ed infine imballata con le normali pressaforaggi disponibili sul mercato. Va inoltre considerato che anche le foglie e le radici della pianta possono essere impiegate rispettivamente per l'estrazione di polifenoli utili per le proprietà antiossidanti e di inulina, uno zucchero implicato nella regolazione della microflora intestinale e nell'assorbimento dei minerali.

2.2 - Obiettivi del lavoro

Tenendo conto di quanto riportato in premessa la presente ricerca di dottorato ha avuto come principale obiettivo la messa a punto della tecnica agronomica per la coltivazione del carciofo propagato via seme, impiegato sia per semina diretta in campo che per l'ottenimento di piantine a radice protetta da utilizzare per la costituzione della carciofaia.

Il motivo che ci ha spinto a studiare anche la semina diretta, è dovuto al fatto che la semina è una operazione che si può eseguire in pieno campo con le normali seminatrici monogerme, e di conseguenza in grado di garantire un notevole risparmio di manodopera rispetto al trapianto. Altra motivazione è stata dettata dal fatto che normalmente una pianta ottenuta mediante semina diretta, sviluppa un apparato radicale fittonante molto più approfondito ed esplorativo rispetto a quelle trapiantate, con notevoli vantaggi per quanto riguarda l'approvvigionamento idrico e quindi in grado di superare meglio eventuali deficit idrici.

Altro obiettivo che abbiamo ritenuto interessante è stato quello di verificare in termini di produzione di capolini e quindi di induzione alla fioritura l'effetto dell'epoca di semina su cinque ibridi commerciali caratterizzati da diversa precocità.

Nel corso del dottorato è stato anche possibile collaborare nel lavoro di miglioramento genetico in corso da diversi anni presso il DAFNE al fine di contribuire alla costituzione di ibridi F_1 . Nel corso di tale attività è stato possibile selezionare anche materiale interessante (cloni) da moltiplicare per via vegetativa, in quanto ritenuti adatti per il mercato del fresco.

In sintesi sono state condotte le seguenti attività di ricerca:

- studio dell'epoca di impianto e della densità colturale per la produzione di capolini e di acheni;
- studio del termo-fotoperiodismo sulla precocità di raccolta di ibridi F_1 commerciali;
- ottenimento di linee uniformi e stabili e selezione di maschiosterili da impiegare per la costituzione di ibridi F_1 ;
- selezione di cloni per la produzione dei capolini.

2.3. - Materiali e metodi

2.3.1. - Cultivar impiegate nella sperimentazione

Per le prove in campo sono stati utilizzati ibridi F₁ disponibili in commercio utilizzati da alcuni anni dai cinaricoltori che, pur essendo impiegati in misura molto ridotta (~2%) rispetto ai cloni propagati per via vegetativa, rappresentano probabilmente il futuro della cinaricoltura mondiale.

Di seguito viene fatta una breve descrizione delle cultivar impiegate nelle prove sperimentali condotte presso le aziende dimostrative ARSIAL di Tarquinia e di Cerveteri.

Symphony, è un ibrido costituito dalla Nunhems, la cui produzione può essere destinata sia al mercato fresco sia all'industria di trasformazione. È caratterizzato da buona precocità di raccolta e medie dimensioni (Foto 15).



Foto 15 – Pianta in piena produzione della cultivar Symphony (19/04/2012)
presso il Centro dimostrativo ARSIAL di Cerveteri

I capolini sono privi di spine, di colore verde e dalla forma leggermente allungata (Foto 16).



Foto 16 - Capolino e foglia della cv Symphony

Madrigal è un ibrido costituito dalla Nunhems la cui produzione viene destinata all'industria di trasformazione. Rispetto alla cv Symphony presenta piante di maggiori dimensioni e ciclo produttivo più tardivo (Foto 17).



Foto 17 - Pianta in piena produzione della cultivar Madrigal, (17/04/2012), presso il Centro dimostrativo ARSIAL di Cerveteri

I capolini sono di colore verde chiaro, forma leggermente allungata e caratterizzati da assenza di spine. (Foto 18).



Foto 18 - Capolino e foglia della cv Madrigal

Olympus è un Ibrido commercializzato dalla Lamboseeds caratterizzato da ciclo medio-tardivo, grande vigoria, piante di elevate dimensioni e notevole produttività di capolini (Foto 19) .



Foto 19 - Pianta in piena produzione della cultivar Olympus, (19/04/2012)
presso il Centro dimostrativo ARSIAL di Cerveteri

I capolini sono caratterizzati da una tipica colorazione violacea, da presenza di spine sulle brattee e grandi dimensioni (Foto 20).



Foto 20 - Capolino e foglia della cv Olympus

Istar è un ibrido commercializzato dalla Top Seed a ciclo precoce; se seminato in tarda primavera inizia a produrre nel mese di novembre continuando fino alla primavera successiva. La pianta è di media vigoria, produttiva, e tollerante alle basse temperature. (Foto 21).



Foto 21 - Pianta in piena produzione della cultivar , (19/04/2012)
presso il Centro dimostrativo ARSIAL di Cerveteri 2012

Il capolino è caratterizzato da forma tondeggiante, assenza di spine e colore verde medio brillante (Foto 22).



Foto 22 - Capolino e foglia della cv Istar

Romolo è il primo ibrido F₁ di tipologia “Romanesco” presente sul mercato, commercializzato dalla Top Seed. Pianta molto vigorosa, epoca di raccolta medio-tardiva, molto produttivo, e con capolini di buona pezzatura (Foto 23).



Foto 23 - Pianta in piena produzione della cultivar Romolo (19/04/2012)
presso il Centro dimostrativo ARSIAL di Cerveteri 2012

Produce capolini senza spine, tondeggianti, di colore verde con sfumature violacee (Foto 24).



Foto 24 – Capolino e foglia della cv Romolo

2.3.2 - Condizioni pedoclimatiche delle località oggetto della sperimentazione

2.3.2.1 Tarquinia 2009-2011

L'attività di ricerca è stata svolta presso il Centro Dimostrativo Arsial di Tarquinia (VT) sito in località Portaccia.

Il terreno che ha ospitato le prove (Tab. 7, 8 e 9) presenta una tessitura franco-argilloso; si tratta di un terreno caratterizzato da una significativa presenza di argilla che gli conferisce una permeabilità moderata ed una buona capacità di ritenzione idrica. Il pH è neutro, la conducibilità elettrica normale, il calcare assente. La frazione di sostanza organica è molto bassa e influenza negativamente le caratteristiche fisico strutturali e la fertilità chimica. In generale il terreno è adatto alle esigenze del carciofo, anche se è consigliabile effettuare la baulatura lungo la fila per garantire lo sgrondo dell'acqua.

Tabella 7 - Analisi chimico-fisica del terreno (ARSIAL-Tarquinia)	
Descrizione	Valore
Scheletro	Tracce
Sabbia	48%
Limo	19%
Argilla	33%
Tessitura	FAS
Reazione (1:2,5)	pH 6,8
Reazione (tampone)	pH 6,84
Conducibilità elettrica (1:2,5)	mS 0,095
Calcare totale	Assente
Sostanza organica	0,96%

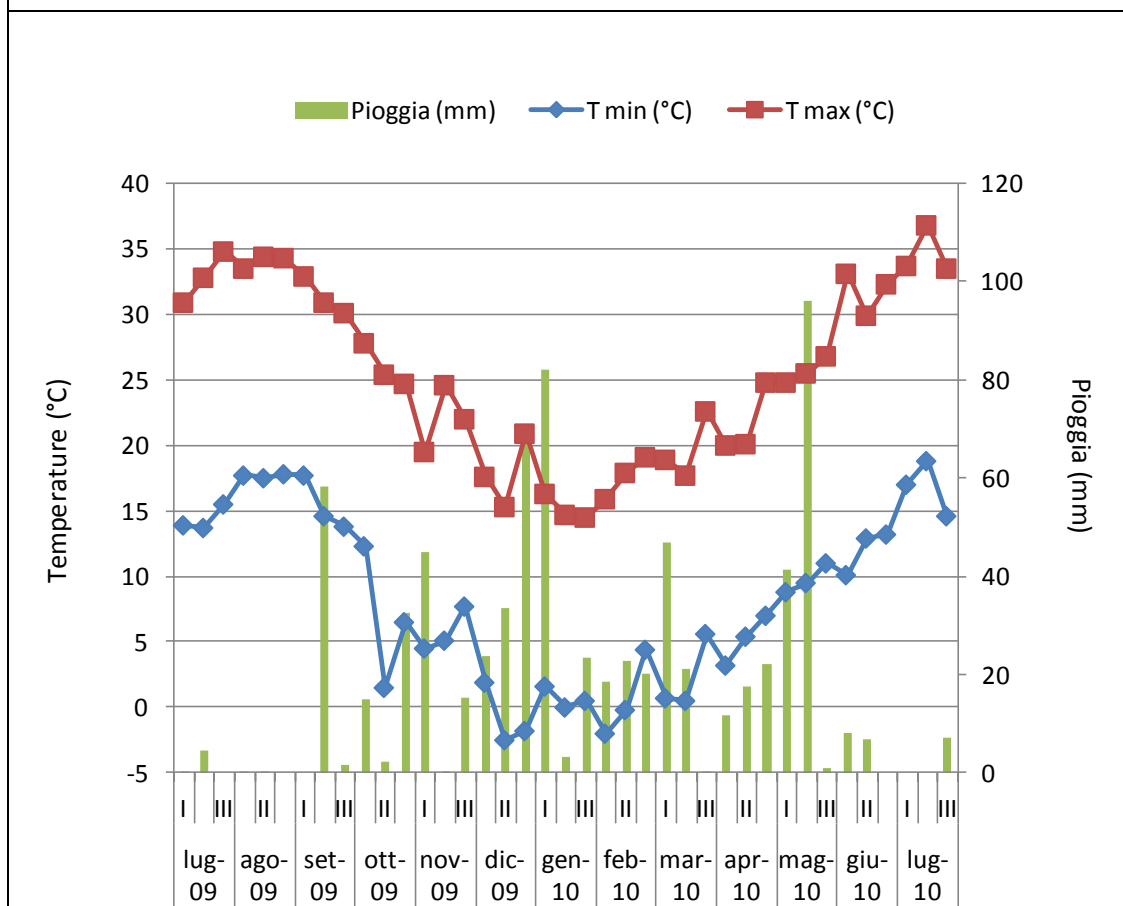
Il terreno è risultato ben dotato (tranne che per l'azoto) sia di micro che macro elementi e con un livello di sodio contenuto tale da non determinare effetti negativi sulla coltura.

Tabella 8 - Analisi nutrienti terreno ARSIAL di Tarquinia (fonte ARSIAL)	
Descrizione	Valore
Azoto totale (N)	0,054%
Fosforo assimilabile (P)	32 ppm
Ferro assimilabile (Fe)	21 ppm
Manganese assimilabile (Mn)	20,2 ppm
Rame assimilabile (Cu)	2,2 ppm
Zinco assimilabile (Zn)	1,1 ppm
Boro solubile (B)	1,26 ppm
Calcio scambiabile (Ca)	2.540 ppm
Magnesio scambiabile (Mg)	296 ppm
Potassio scambiabile (K)	630 ppm
Sodio scambiabile (Na)	44 ppm

Tabella 9: Analisi C.S.C. terreno ARSIAL di Tarquinia (fonte ARSIAL)		
Descrizione	Valore x (100 g)	Saturazione (%)
C.S.C.	18,30 meq	
Calcio	12,70 meq	69,4
Magnesio	2,47 meq	13,5
Potassio	1,61 meq	8,8
Sodio	0,19 meq	1,0
Idrogeno	1,33 meq	7,3
Saturazione basica	92,70	92,7
Rapporto Mg/K meq/meq	1,50	

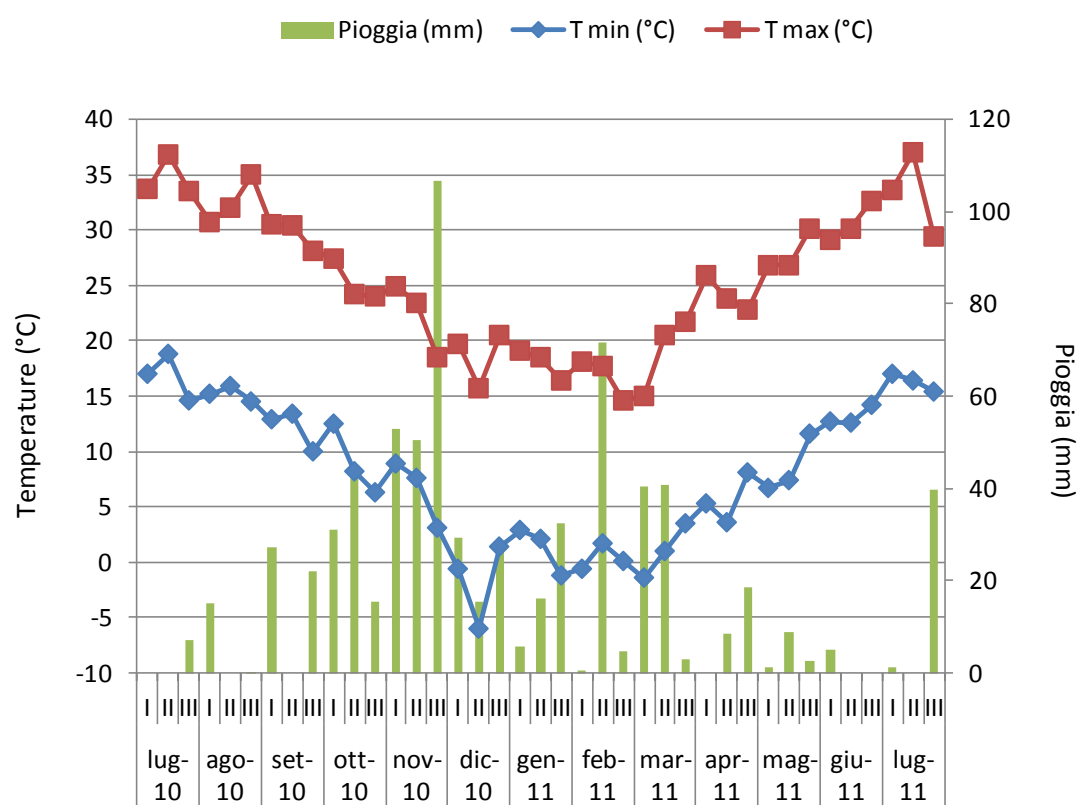
L'andamento termo-pluviometrico durante il primo anno di prove (Fig.5) ha visto nei mesi di luglio ed agosto un'estate calda ed asciutta, poi, a partire dal mese di settembre 2009, piogge abbondanti e temperature miti.

Figura 5 - Andamento termo-pluviometrico nel periodo luglio 2009-luglio 2010
(Fonte: Arsial).



Il secondo anno di prove invece (Fig.6) è stato nel complesso meno piovoso rispetto all'anno precedente ad eccezione per i mesi di agosto e novembre. Nel mese di dicembre si è verificata una forte gelata, anticipata per l'andamento climatico della zona, con ripercussioni negative non tanto sulle dimensioni delle piante, quanto sulla produzione dei capolini che è risultata eccessivamente scarsa.

Figura 6 - Andamento termo pluviometrico nel periodo luglio 2010-luglio 2011
(Fonte: Arsial).



2.3.2.2 - Cerveteri 2011-2012

Il Centro Dimostrativo Arsial di Cerveteri (RM) è ubicato nei pressi della Strada Statale Aurelia Km 45,100.

Il terreno che ha ospitato la prova presenta una tessitura franco-argilloso-sabbiosa. Si tratta di un terreno che seppur caratterizzato da una elevata presenza di sabbia (62%) presenta anche una significativa quantità di argilla (27%) che gli conferisce una permeabilità moderata ed una buona capacità di ritenzione idrica. Il pH è neutro, il livello di salinità normale ed il calcare attivo è assente. Il livello di sostanza organica è basso tanto che l'attività microbica, le caratteristiche fisico strutturali e la fertilità chimica ne risentono negativamente (Tab.10).

Tabella 10 - Analisi chimico-fisica del suolo dell'azienda ARSIAL di Cerveteri	
Descrizione	Valore
Scheletro	trascurabile
Sabbia	62 %
Limo	11 %
Argilla	27 %
Reazione (1:2,5)	pH 6,8
Reazione tampone	pH 6.82
Conducibilità elettrica (1:2,5)	mS 0.170
Calcare totale	assente
Sostanza organica	1,15 %

Il terreno è risultato ben dotato (tranne che per l'azoto) sia di micro che macro elementi e con un livello di sodio tale da non determinare effetti negativi sulla coltura (Tab. 11).

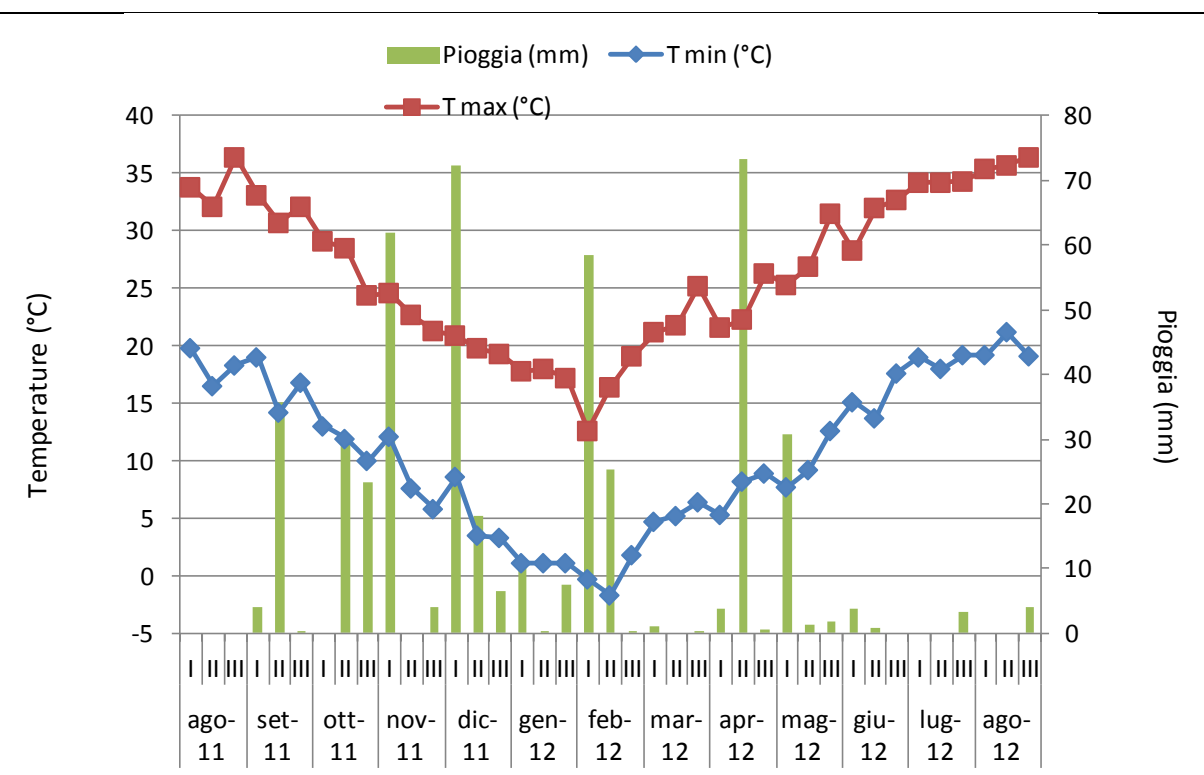
Tabella 11 - Contenuto in nutrienti nel suolo del Centro ARSIAL di Tarquinia	
Descrizione	Valore
Azoto totale (N)	0,075 %
Fosforo assimilabile (P)	15 ppm
Ferro assimilabile (Fe)	27 ppm
Manganese assimilabile(Mn)	43,4 ppm
Rame assimilabile (Cu)	1,4 ppm
Zinco assimilabile (Zn)	0,8 ppm
Calcio scambiabile (Ca)	1.650 ppm
Magnesio scambiabile (Mg)	345 ppm
Potassio scambiabile (K)	455 ppm,
Sodio scambiabile (Na)	110 ppm

La capacità di scambio cationico è risultata media, buona la quantità di nutrienti ritenuti sotto forma cationica (Tab.12).

Tabella 12 - Analisi chimica terreno ARSIAL di Tarquinia		
Descrizione	Valore * (100 g)	Saturazione (%)
Capacità Scambio Cationica	14,26 meq	
Calcio	8,25 meq	57,9
Magnesio	2,88 meq	20,02
Potassio	1,16 meq	8,1
Sodio	0,48 meq	3,4
Idrogeno	1,49 eq	10,4
Saturazione basica		89,6
Rapporto Mg/K (meq/meq)	2,5	

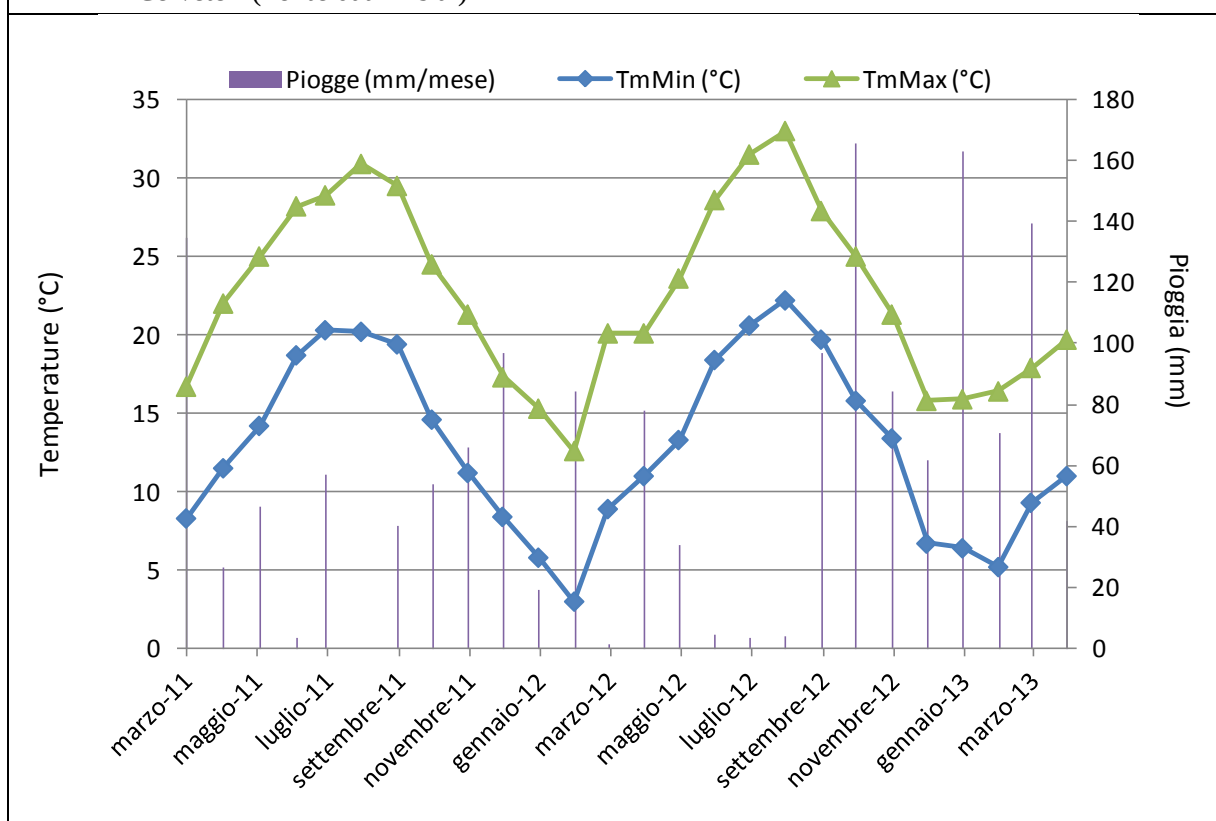
Nel corso della prova epoche per densità (agosto 2011 → maggio 2012) l'andamento climatico è stato caratterizzato da scarse precipitazioni piovose, per cui è stato necessario intervenire con irrigazioni di soccorso ed in particolare: nel 2011, nei mesi di agosto e settembre; nel 2012 i nei mesi di gennaio e marzo; l'andamento delle temperature ha avuto un decorso regolare per cui si è verificato un buon sviluppo delle piante (Fig.7).

Figura 7 - Andamento termo-pluviometrico da luglio 2011 a settembre 2012 nell'azienda Arsiál Cerveteri (Fonte: ARSIÁL)



Nel corso della sperimentazione inerente il termo-fotoperiodismo l'andamento termo pluviometrico (da marzo del 2011 fino alla fine di aprile del 2013) è stato caratterizzato da un autunno 2012 ed un inverno-inizio primavera 2013 particolarmente piovosi. Le temperature durante tutto il corso della prova sono state tali da non causare problemi all'accrescimento della coltura. (Fig. 8).

Figura 8 - Andamento termo pluviometrico da marzo 2011 ad aprile 2013 nell'azienda ARSIAL di Cerveteri (Fonte dati Arsial)



In generale le temperature, registrate nel biennio delle prove, sono risultate maggiori nel Centro Dimostrativo ARSIAL di Cerveteri rispetto al Centro di Tarquinia.

2.3.3 - Studio dell'epoca e modalità di impianto per la produzione di capolini e di acheni.

La sperimentazione si è svolta in tempi e località diversi per cui saranno trattate come prova A e prova B, rispettivamente condotte presso i Centri dimostrativi ARSIAL di Tarquinia e di Cerveteri.

2.3.3.1 – Prova A (Tarquinia 2009-2011)

✓ Studio dell'epoca di impianto (piantina a radice protetta) e della densità colturale per la produzione di capolini e di acheni (Tarquinia).

Per la sperimentazione, che si è svolta nel biennio 2009-2011, sono stati impiegati due ibridi F₁ di carciofo: Istar e Romolo. La semina dei due genotipi è stata effettuata circa 40 giorni prima del trapianto disponendo i semi in contenitori alveolati da 64 fori.

Come substrato è stato impiegato un terriccio commerciale (Huminsubstrat) commercializzato dalla ditta “Neuhaus Italia”.

Nel primo anno (2009-2010) è stata studiata la risposta produttiva dell'ibrido Istar impiantato in tre diverse epoche (1 luglio, 25 luglio, 16 agosto). Obiettivo della prova era quello di verificare se anticipando l'epoca di impianto rispetto a quello convenzionale (seconda decade di agosto) della zona di Tarquinia si otteneva un significativo anticipo della raccolta.

Il sesto di impianto utilizzato è stato quello prevalentemente adottato dai cinaricoltori della zona e prevedeva una distanza tra le file di 1,3 m e di 1 m tra le piante della stessa fila, ottenendo così una densità colturale di 0,77 piante m⁻².

Il terreno destinato all'impianto è stato dapprima arato a 30 cm circa di profondità, poi amminutato e livellato con due erpature. Per la concimazione di impianto sono stati utilizzate 0,6 t ha⁻¹ di un fertilizzante minerale ternario (11:22:16), per un apporto complessivo di 66 kg ha⁻¹ di N, 132 kg ha⁻¹ di P₂O₅ e 96 kg ha⁻¹ di K₂O.

L'apporto dei fertilizzanti è stato completato durante lo sviluppo della coltura con la distribuzione di 60 kg ha⁻¹ di azoto sotto forma ureica, distribuiti in due soluzioni: settembre (30 kg) e febbraio (30 kg).

Il controllo delle infestanti è stato effettuato tramite scerbatura manuale e sarchiatura meccanica.

Il fabbisogno irriguo è stato soddisfatto attraverso l'irrigazione localizzata a goccia.

La seconda prova aveva come obiettivo quello di individuare la densità colturale ottimale. Sono state poste a confronto quattro densità colturali: 0,48; 0,64; 0,96 e 1,92 piante m^{-2} . Ciò è stato ottenuto mantenendo costante la distanza a 1,30 m tra le file e facendo variare la distanza lungo la fila rispettivamente a 1,6 m, 1,2 m, 0,8 m e 0,4 m.

Il trapianto è avvenuto il 25 luglio per tutte le densità colturali.

In entrambe le prove è stato adottato lo schema sperimentale a blocco randomizzato con tre ripetizioni di 25 piante (5 file di 5 piante). L'area di saggio è stata costituita dalle 9 piante centrali su cui sono stati rilevati i seguenti parametri: altezza (dal livello del terreno alla base del cimario), larghezza (proiezione media della chioma sul terreno). Per i capolini di primo e secondo ordine sono stati rilevati: data di raccolta, diametro del gambo (a 10 cm dalla base del capolino), altezza (dalla base all'apice), larghezza massima, peso (escluso il gambo). Sui capolini di ordine superiore al secondo, che generalmente vengono destinati all'industria di trasformazione come carciofina, sono stati rilevati il peso medio ed il numero di capolini per pianta.

Nel secondo anno (2010-2011), sulla base dei risultati ottenuti nel primo anno, è stata impostata una nuova sperimentazione per validare quanto osservato nel 2009. Sono stati quindi posti a confronto quattro trattamenti ottenuti dalla combinazione fattoriale di due epoche di impianto (10 luglio e 20 luglio) e due densità colturali (0,96 e 1,28 piante m^{-2}). Le due densità colturali sono state ottenute mantenendo fissa la distanza tra le file a 1,30 m e variando rispettivamente la distanza lungo la fila a 0,8 m e 0,6 m. La semina è stata effettuata in contenitori alveolati da 64 fori in data 2 maggio per la prima epoca e 9 maggio per la seconda.

Sempre nel 2010 è stata impostata una prova sperimentale per studiare l'effetto dell'epoca di trapianto su un genotipo tardivo di tipologia romanesco. Allo scopo è stata impiegata la varietà Romolo Hy, commercializzata dalla ditta sementiera TOPSEED.

La sperimentazione è stata impostata secondo lo schema a blocco randomizzato e prevedeva il confronto tra tre epoche di trapianto: 15 luglio, 30 luglio e 17 agosto. È stata adottata la densità colturale di 0,77 piante m⁻² ottenuta disponendo le piante a 1,3 m tra le file e 1 m tra le piante della fila.

La tecnica agronomica (irrigazione, fertilizzazione, lavorazioni del terreno, ecc.) è stata quella applicata per le prove dell'anno precedente.

I dati sperimentali sono stati sottoposti all'analisi della varianza utilizzando la procedura ANOVA. Il livello di significatività della differenza tra le medie è stato calcolato applicando il test di Duncan per P=0,05.

2.3.3.2 – Prova B (Cerveteri 2011-2012)

✓ impianto (semina diretta) e della densità colturale per la Studio dell'epoca di produzione di capolini e di acheni (Cerveteri)

La sperimentazione è iniziata nell'agosto del 2011 ed ha riguardato lo studio dell'attitudine di due ibridi commerciali alla produzione di capolini da destinare al mercato del fresco e la capacità degli stessi a produrre acheni.

Pertanto la sperimentazione è stata articolata in due prove sperimentali speculari che prevedevano entrambe il confronto di due ibridi F₁ di carciofo (Istar e Romolo), entrambi seminati direttamente in pieno campo in tre epoche (24/8, 15/9, 6/10), e sottoposti a quattro differenti densità colturali (0,83 – 1,39 – 1,85 e 2,78 piante m⁻²), ottenute adottando i seguenti sesti di impianto: m 0,6 x 0,6; m 0,6 x 0,9 m; m 0,6 x 1,2 m; m 1,2 x 1,0 m.

Le prove sono state impostate secondo lo schema a parcelle suddivise, con 24 tesi sperimentali replicate tre volte. Le parcelle di primo ordine erano rappresentate dalle epoche di semina, quelle di secondo ordine dalla densità colturale e quelle di terzo ordine dalle cultivar. Le singole parcelle erano composte da sei file con sei piante per ogni fila, le dimensioni delle singole parcelle erano perciò variabili in relazione al sesto di impianto previsto. È stata lasciata un'area di rispetto di circa due metri tra una parcella e l'altra e di tre metri tra un blocco e l'altro per favorire il passaggio dei mezzi agricoli.

L'inizio emergenza (25% di semi germinati) della prima epoca di semina è avvenuto, il 15/09/2011 e la piena emergenza (75% di semi germinati) il 30/09/2011; per la seconda epoca di semina l'inizio emergenza è stato il 04/10/2011 e la piena emergenza il 25/10/2011; l'inizio emergenza della terza epoca, invece, si è verificato il 25/10/2011 e la piena emergenza il 22/11/2012 con risultati analoghi per entrambe le cultivar. (Tab. 13)

Tabella 13 - Data inizio e piena emergenza delle tre epoche di semina		
Epoca di semina	Inizio emergenza	Piena emergenza
24/08/2011	15/09/2011	30/09/2011
15/09/2011	04/10/2011	25/10/2011
06/10/2011	25/10/2011	22/11/2012

Riguardo l'itinerario tecnico della coltura, la lavorazione principale del terreno è stata eseguita nel mese di luglio 2011 con l'aratura alla profondità di 30 cm, seguita da una prima erpicatura con erpice a dischi. Le altre erpicature sono state eseguite in numero variabile (2-

3) a seconda della diversa epoca di semina. La concimazione di base è stata eseguita immediatamente prima dell'ultima erpicatura, il giorno precedente la semina, ed ha previsto la distribuzione di $0,6 \text{ t ha}^{-1}$ di un fertilizzante minerale ternario (11:22:16), per un apporto complessivo di 66 kg ha^{-1} di N, 132 kg ha^{-1} di P_2O_5 e 96 kg ha^{-1} di K_2O . La semina è stata eseguita manualmente e al fine di avere la certezza della densità desiderata sono stati posti cinque semi per postarella, le piante nate in eccesso sono state poi eliminate lasciando una sola pianta per postarella.

Per il controllo delle infestanti è stato effettuato il diserbo chimico in pre-emergenza con Stomp 330 E (Pendimetalin) nel giorno successivo alla semina. Per la prima e la seconda epoca di semina si è dovuto intervenire anche in post-emergenza delle infestanti in data 4/10/2011 utilizzando un diserbo chimico selettivo per il carciofo ad effetto graminicida (Fusilade). Nei mesi successivi sono state eseguite ulteriori scerbature manuali per il controllo delle infestanti.

Il fabbisogno idrico è stato soddisfatto attraverso un impianto localizzato a goccia e gli interventi idrici sono stati effettuati in funzione del fabbisogno colturale.

Per entrambe le prove, indipendentemente dalla tipologia di produzione, le piante interessate dai rilievi sono state individuate all'interno dell'area di saggio costituita dalle quattro piante centrali.

La raccolta dei capolini destinati al mercato del fresco è iniziata il 29/03/2012 ed è terminata il 12 giugno, mentre quella dei capolini maturi destinati alla produzione di acheni, è stata effettuata in un'unica soluzione il 18/08/2012 recidendo le piante al livello del terreno (simulando in questo modo la raccolta meccanica). Per ogni singola pianta sono stati rilevati: altezza pianta, peso secco foglie, peso secco steli, numero di capolini per singolo ordine. Sui capolini delle piante prelevate dall'area di saggio sono stati rilevati: il peso, il peso dei semi, il peso medio dei semi ed il numero dei semi.

Sui capolini destinati al mercato del fresco sono stati rilevati (ad eccezione della carciofina): l'epoca di raccolta, il peso (compreso 10 cm di gambo), la larghezza massima, l'altezza massima, il diametro del gambo, il peso del gambo (lungo 10 cm). Per la carciofina sono stati rilevati: l'epoca di raccolta, il numero dei carciofini, il peso totale della carciofina raccolta.

I dati sperimentali sono stati sottoposti all'analisi della varianza utilizzando la procedura ANOVA.. Il livello di significatività della differenza tra le medie è stato calcolato applicando il test di Duncan per $P=0,05$.

✓ **Effetto del termo-fotoperiodismo sull'epoca di raccolta dei capolini di cinque ibridi F₁ commerciali**

Inizialmente (marzo 2011) la prova prevedeva il confronto di due cultivar commerciali (Istar Hy e Romolo Hy) seminate direttamente in pieno campo con cadenza mensile.

Successivamente, a partire dal mese di luglio dello stesso anno, sono state affiancate alle stesse altre tre cultivar commerciali: Olympus Hy, Symphony Hy e Madrigal Hy. Al fine di completare la semina per l'intero anno solare, per tutte le cultivar in prova, è stato quindi necessario protrarre l'epoca di semina sino a giugno 2012.

Le parcelle prevedevano tre file distanti tra loro 1,20 metri e cinque piante per fila ad un metro l'una dall'altra.

Sulle piante all'interno dell'area di saggio sono stati rilevati: l'epoca di raccolta, il numero dei capolini di ogni singolo ordine, il peso (compreso 10 cm di gambo), il diametro massimo e l'altezza massima di tutti i capolini, fatta eccezione per la carciofina di cui è stata rilevata solo l'epoca di raccolta ed il numero di capolini. I dati sperimentali sono stati sottoposti ad analisi della varianza utilizzando la procedura ANOVA.. Il livello di significatività della differenza tra le medie è stato calcolato applicando il test di Duncan per $P=0,05$.

Riguardo l'itinerario tecnico della coltura la lavorazione principale del terreno è stata eseguita tramite aratura a 30 cm di profondità anticipata di almeno un mese rispetto alla prevista data di semina.

Sul terreno sono state eseguite mediamente due erpicature prima della semina. Per la concimazione sono stati utilizzate $0,6 \text{ t ha}^{-1}$ di un fertilizzante minerale ternario (11:22:16), per un apporto complessivo di 66 kg ha^{-1} di N, 132 kg ha^{-1} di P_2O_5 e 96 kg ha^{-1} di K_2O .

La semina è stata eseguita manualmente ponendo cinque semi per postarella, a causa della scarsa germinabilità manifestata da alcune cultivar in prove preliminari di germinazione; le piante nate in eccesso sono state poi diradate lasciando una sola pianta per postazione di semina.

Il controllo delle infestanti è stato effettuato tramite scerbatura manuale.

2.3.4 - Attività di miglioramento genetico

2.3.4.1 – Itinerario tecnico

Il lavoro è stato realizzato nel triennio 2010-2012 presso i campi sperimentali del Centro Dimostrativo ARSIAL di Cerveteri. L'impianto della carciofaia, effettuato nel mese di agosto del 2010 tramite trapianto di piantine a radice protetta, è stato preceduto da una lavorazione principale del terreno effettuata mediante un'aratura profonda, circa 30 cm, seguita da due passaggi di erpice per l'affinamento e livellamento del terreno. Al momento dell'impianto è stata effettuata una concimazione di base che ha previsto la distribuzione di $0,6 \text{ t ha}^{-1}$ di un fertilizzante minerale (titolo 11:22:16), per un apporto complessivo di 66 kg ha^{-1} di N, 132 kg ha^{-1} di P_2O_5 e 96 kg ha^{-1} di K_2O . Le infestanti sono state contenute con sarchiatura meccaniche e scerbature manuali. Le esigenze idriche della coltura sono state soddisfatte attraverso un sistema di irrigazione localizzato a goccia, che prevedeva la dislocazione di un ala gocciolante su ogni fila. Durante tutto il ciclo colturale sono stati effettuati 2 trattamenti per il controllo di insetti e funghi utilizzando rispettivamente i seguenti principi attivi: deltametrina (afidi e casside), tebuconazolo (oidio) e metalaxil+rame (peronospora). Dopo circa due mesi dalla fine della fioritura sono stati raccolti i semi dai capolini ormai completamente secchi.

2.3.4.2 - Selezione di maschio-sterili e linee

Al fine di ottenere nuovi maschio-sterili per la costituzione di ibridi F_1 adatti sia al mercato fresco che all'industria, nel 2010 sono stati selezionati 2 ibridi: 10 F_1 (Ms 78 x MF 50) e 48 F_1 (Ms 80 x MF 55), provenienti da precedenti programmi di ricerca svolti presso il Dipartimento DAFNE dell'Università degli Studi della Tuscia. I singoli capolini di entrambi gli ibridi sono stati isolati per mezzo di reti anti-afide e autofecondati mediante l'utilizzo di pennelli. I semi ottenuti sono stati utilizzati per la costituzione di 3 parcelle da 50 piante ciascuna. La vitalità pollinica, delle progenie ottenuta è stata analizzata al microscopio ottico utilizzando come colorante il carminio acetico. Il polline è stato prelevato direttamente in campo sui capolini in piena fioritura con l'ausilio di un pennello e le piante che presentavano il polline costituito da tutti i granuli pollinici non colorati sono state identificate come maschio-sterili.

Al fine di verificare la stabilità dei maschiosterili selezionati, gli stessi sono stati incrociati con 4 linee (due di carciofo e due di cardo) selezionati presso il Dipartimento DAFNE: IS sel.1 e GR sel. 3, ottenuti due linee di carciofo precedentemente selezionati rispettivamente

da una cultivar americana Imperial star e da una cultivar italiana di tipologia romanesco Grato 1; una di cardo coltivato (CR 5 - tipologia bianco avorio); una di cardo selvatico (CSS 8) originario della zona di Sasso (Cerveteri).

2.3.4.3. - Studio dell'attitudine combinatoria dei maschiosterili e delle linee selezionate

Per ottenere informazioni sulla uniformità e stabilità sia delle linee selezionate IS sel.1 e GR sel. 3, CR 5 e CSS 8 sia dei due maschiosterili individuati (3C e 2D) direttamente in campo si è proceduto come di seguito descritto. I capolini dei genotipi selezionati sono stati isolati con una rete anti-afide prima della fioritura, dopodiché è stato prelevato il polline dai maschio-fertili e mantenuto per alcuni giorni alla temperatura di 4 °C, al fine di impollinare i fiori del capolino del maschio-sterile tramite lo sfregamento di un pennello sullo stigma con il polline precedentemente prelevato. A causa della fioritura centripeta il polline sullo stesso capolino è stato raccolto per diversi giorni dall'inizio della comparsa sui fiori più esterni. L'impollinazione è stata effettuata una volta al giorno fino al termine della recettività dello stigma.

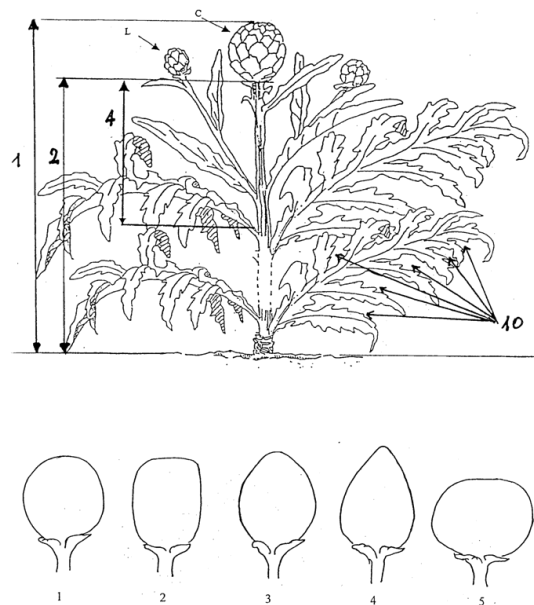
Dopo circa due mesi dalla fioritura sono stati raccolti i semi ormai completamente maturi e con un basso contenuto di umidità.

2.3.4.4 - Caratterizzazione morfo-fisiologica degli ibridi

Tutti gli ibridi ottenuti, sono stati valutati utilizzando alcuni descrittori morfologici CPVO (fig. 9).

Figura 9 – Alcuni dei descrittori morfologici CPVO utilizzati

1. **Altezza pianta**
2. **Diametro capolino principale**
3. **Lunghezza capolino principale**
4. **Indice di forma**
5. **Forma del capolino principale**
6. **Colore delle brattee esterne del capolino principale**
7. **Spine nel capolino principale**
8. **Mucrone nel capolino principale**
9. **Numero totale di capolini**



2.3.4.5. - Selezioni di cloni

Durante l'attività di miglioramento genetico, oltre ad individuare maschiosterili e maschiofertili da impiegare per l'ottenimento di ibridi, sono stati selezionati e caratterizzati alcuni genotipi di carciofo ritenuti interessanti per il mercato fresco e per una loro eventuale moltiplicazione per via gamica sia in vitro che in vivo. I cloni più interessanti sono stati moltiplicati vegetativamente e mantenuti in collezione con altri cloni commerciali (test) per un loro successivo confronto.

2.4 - Risultati e discussione

2.4.1 - Studio dell'epoca di impianto sulla produzione di capolini per il mercato del fresco

2.4.1.1 – Prova epoca di impianto (Tarquinia 2009/2010)

Dall'analisi della tabella 14, dove sono riportati due parametri biometrici relativi all'accrescimento delle piante, si osserva che l'anticipo dell'impianto della carciofaia (15 luglio) di circa un mese rispetto all'epoca usuale (prima-seconda decade di agosto) adottata nella Maremma Laziale, permette un maggior sviluppo delle piante.

Tabella 14 - Effetto dell'epoca di impianto sull'accrescimento delle piante (Tarquinia 2009/2010)		
Data di trapianto	Pianta (cm)	
	larghezza	altezza
15 luglio	158,13 a	53,48 a
25 luglio	144,63 b	43,96 b
17 agosto	144,81 b	44,96 b
<i>Significatività</i>	*	*
<i>Valori con lettera diversa nelle colonne indicano differenze significative per $P=0,05$ (test di Duncan). * = significativo per $P=0,05$; n.s. = non significativo</i>		

In particolare, le piante di maggiori dimensioni, sia in larghezza che in altezza, sono state osservate nella prima epoca di impianto (15 luglio). Differenze statisticamente significative non sono state notate tra la seconda e terza epoca di trapianto.

L'epoca di trapianto ha influito non solo l'accrescimento della pianta ma anche le dimensioni e il peso dei capolini (Tab. 15).

Tabella 15 – Effetto dell'epoca di impianto sul peso e le dimensioni dei capolini (Tarquinia 2009/2010)							
Data di trapianto	Capolini (numero)			Capolini peso medio (g)			
	pianta		Ettaro	Cimarolo	I ordine	II ordine	Carciofini
	Mercato fresco	Carciofini					
15 luglio	7,3 a	2,9 a	56.536 a	186,1 a	141,6 a	69,0 a	54,1 a
25 luglio	4,5 b	1,4 b	34.460 b	137,0 b	107,4 b	63,0 b	42,0 b
17 agosto	4,2 b	0,0 c	32.460 c	130,6 b	109,3 b	60,4 b	-
Significatività	**	**	***	**	*	*	***
<i>Valori con lettera diversa nelle colonne indicano differenze significative per P=0,05 (test di Duncan). ***; ** e * = significativo per P=0,001; 0,01 e 0,05; n.s. = non significativo</i>							

La prima epoca di trapianto ha evidenziato i valori più elevati per tutti i parametri analizzati nei confronti delle epoche di trapianto successive. La seconda epoca di trapianto, rispetto a quella usuale della zona ha mostrato valori superiori per quanto riguarda il numero di capolini per pianta in funzione del maggior numero di capolini di categoria “carciofina”, mentre il numero di capolini da destinare al mercato del fresco (cimarolo + capolini di I e di II categoria) si è attestato sugli stessi livelli di quelli raggiunti con la data usuale di trapianto. Tra la seconda e la terza data di trapianto non sono state osservate differenze statisticamente significative per tutti gli altri parametri analizzati.

2.4.1.2 - Prova epoca di impianto (Tarquinia anno 2010/2011).

Anche nel 2010 (Tab. 16), è stato osservato che l'epoca di impianto ha influenzato positivamente entrambi i parametri biometrici considerati (larghezza e altezza della pianta).

Tabella 16 - Effetto dell'epoca di trapianto sulla crescita delle piante dell'ibrido F ₁ Romolo		
Data di trapianto	Larghezza (cm)	Altezza (cm)
15 luglio	136,2 a	82,8 a
30 luglio	120,2 b	75,7 ab
16 agosto	117,7 b	72,2 b
<i>Significatività</i>	**	*
<i>Valori con lettera diversa nelle colonne indicano differenze significative per P=0,05 (test di Duncan). ** e * = significativo per P=0,01 e 0,05; n.s. = non significativo.</i>		

In particolare, la larghezza della chioma delle piante trapiantate nella prima epoca è risultata statisticamente maggiore rispetto alle altre; l'altezza delle piante è risultata massima, a pari merito, nelle prime due epoche di trapianto.

Tabella 17 - Influenza della data di trapianto sulla qualità dei capolini dell'Ibrido F ₁ Romolo				
Tipologia di capolino	Parametri analizzati			
Cimarolo	Larghezza (cm)	Altezza (cm)	Diametro gambo (cm)	Peso medio (grammi)
15 luglio	7,48	7,69	2,05 a	203,71 a
30 luglio	6,89	7,02	1,81 b	161,39 ab
16 agosto	6,74	6,77	1,76 b	146,73 b
Significatività	n.s.	n.s.	**	*
I ordine				
15 luglio	6,78	6,89	1,44	147,5
30 luglio	6,45	6,74	1,55	142,81
16 agosto	6,12	6,36	1,51	124,30
Significatività	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
II ordine				
15 luglio	5,40	5,60	1,06	90,03
30 luglio	5,82	5,94	1,15	109,86
16 agosto	3,78	3,83	0,76	62,83
Significatività	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Carciofina				
15 luglio				36,97 b
30 luglio				42,18 a
16 agosto				42,01 a
Significatività				*
Valori con lettera diversa nelle colonne indicano differenze significative per P=0,05 (test di Duncan). ** e * = significativo per P=0,01 e 0,05; n.s. = non significativo.				

Relativamente ai parametri produttivi, riportati in tabella 17, si osservano differenze statisticamente significative per i parametri: diametro del gambo, peso medio dei capolini appartenenti alle tipologie cimarolo e carciofina.

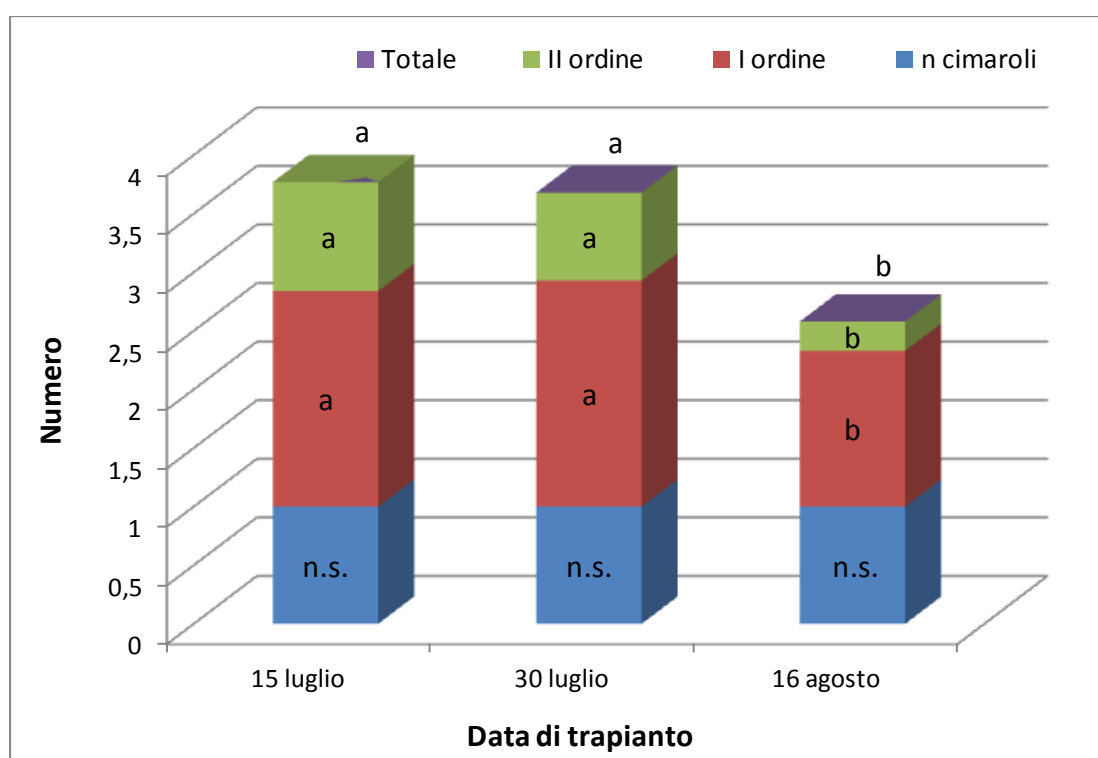
Nello specifico, le piante della prima epoca hanno evidenziato una maggior diametro del gambo (2,05 cm) sia nei confronti della seconda (1,81 cm) che della terza epoca (1,76 cm). In termini di peso medio del cimarolo la prima epoca ha determinato un maggior peso dello

stesso (203,71 g) rispetto alla terza epoca (146,73 g), mentre per la seconda epoca si è osservato un peso medio del capolino (161, 39 g) intermedio alle altre due epoche.

Per la carciofina, invece, è stato registrato un maggior peso medio nella seconda (42,18 g) e terza epoca (42,01 g) rispetto alla prima epoca (36,97 g)

Dalla figura 10, dove è riportato il numero di capolini per pianta per le varie categorie merceologiche, emerge che la prima e la seconda epoca di impianto sono risultate, a pari merito, più produttive nei confronti della terza epoca

Figura 10 - Effetto della data di impianto sul numero di capolini/pianta



Lettere diversa tra le colonne indicano differenze significative per $P=0,05$ (test di Duncan), n.s. = non significativo.

In particolare si osserva per entrambe il maggior numero di capolini prodotti per pianta per tutte le categorie, fatta eccezione per il numero di cimaroli in quanto tutte le piante, indipendentemente dall'epoca di trapianto, hanno prodotto regolarmente il capolino principale.

Dall'analisi statistica dei dati sperimentali riferiti alla produzione precoce (Tab.18) non sono emerse differenze significative per quanto riguarda la precocità di raccolta dei capolini in funzione dell'epoca di impianto.

Tabella 18 - Effetto dell'epoca di trapianto sulla precocità di raccolta dei capolini.			
Data di trapianto	Cimarolo	I ordine	II ordine
15 luglio	0,183	0,24	0,51
30 luglio	0,235	0,30	0,59
16 agosto	0,177	0,09	0,00
<i>Significatività</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
Decade	Cimarolo	I ordine	II ordine
1 (11-20/3)	0,05 e	0	0
2 (21-31/3)	0,12 c	0,16	0
3 (1-10/4)	0,33 b	0,11	0
4 (11-20/4)	0,38 a	0,28	0,73
5 (21-30/4)	0,11 d	0,51	0,11
<i>Significatività)</i>	<i>*</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
<i>Valori con lettera diversa nelle colonne indicano differenze significative per P=0,05 (test di Duncan). * = significativo per P= 0,05; n.s. = non significativo.</i>			

Differenze significative sono state, invece, riscontrate per quanto riguarda l'andamento produttivo delle singole tipologie di capolini, ed in particolare, come è possibile osservare nella stessa tabella, che la maggior produzione di capolini (71/%) della tipologia cimarolo è avvenuta nei primi 20 giorni di aprile.

La produzione di capolini di I ordine è risultata concentrata tra la seconda e la terza decade di aprile, mentre quella do II ordine nelle ultime due decadi considerate.

2.4.2- Studio della densità di impianto sulla produzione di capolini per il mercato del fresco

2.4.2.1 - Prova densità di impianto- (Tarquinia 2009/2010)

La sperimentazione ha evidenziato, come era lecito attendersi, che la densità colturale ha influenzato in modo significativo sia l'altezza che la larghezza delle piante (Tab. 19).

Tabella 19 – Effetto della densità colturale sulla crescita delle piante (Tarquinia 2009/2010)		
Densità (piante ha⁻¹)	Pianta (cm)	
	larghezza	altezza
19.231	135,18 b	43,96 b
9.615	148,81 a	51,67 a
6.410	152,15 a	55,33 a
4.808	151,96 a	54,67 a
<i>Significatività</i>	*	*
<i>Valori con lettera diversa nelle colonne indicano differenze significative per P=0,05 (test di Duncan). * = significativo per P= 0,05; n.s. = non significativo</i>		

In particolare, sia la larghezza che l'altezza delle piante hanno fatto registrare i valori minimi con la massima densità colturale testata (19.231 piante ha⁻¹). Tra le densità inferiori non sono state riscontrate differenze statisticamente significative per entrambi i parametri considerati.

Dall'analisi della tabella 20 si osservano differenze statisticamente significative per tutti i parametri analizzati fatta eccezione per il numero di carciofini prodotti in quanto questo tipo di produzione è risultato assente.

Tabella 20 - Effetto della densità colturale sulla produzione di capolini (Tarquinia 2009/2010)					
Densità (piante ha⁻¹)	Capolini (numero)		Capolini peso medio (g)		
	Pianta	Ha	Cimarolo	I ordine	II ordine
19.231	3,00 b	57.693 a	127,04 b	108,93 b	61,94 b
9.615	5,26 a	50.568 a	152,96 a	108,06 b	73,40 a
6.410	4,81 a	30.863 b	152,78 a	114,59 ab	78,39 a
4.808	4,26 a	20.479 c	149,44 a	117,23 a	78,82 a
<i>Significatività</i>	**	**	**	*	**
<i>Valori con lettera diversa nelle colonne indicano differenze significative per P=0,05 (test di Duncan). ** e * = significativo per P=0,01 e 0,05; n.s. = non significativo</i>					

In particolare è stato riscontrato un minor numero di capolini per pianta ed un minor peso medio degli stessi con la densità superiore. Da notare, inoltre, che il risultato massimo dei capolini è stato ottenuto a pari merito con le due densità maggiori, per cui tenendo conto della pezzatura del capolino e del numero di capolini prodotti per ettaro la migliore produzione si ha con un impianto di circa 9.600 piante per ettaro.

2.4.2.2 - Prova densità di impianto (Tarquinia 2010/2011).

Nel secondo anno di sperimentazione che ha visto il confronto tra due epoche di impianto e le due densità colturali, si è verificato alla fine di dicembre una gelata fortemente anticipata rispetto alla zona oggetto della prova con ripercussioni negative non tanto sulla dimensione delle piante (Tab. 21) quanto sulla produzione dei capolini (Tab. 22) che è risultata decisamente inferiore a quella media ottenibile nella zona oggetto della sperimentazione.

Tabella 21 - Effetto dell'epoca e della densità di impianto sulla crescita delle piante e sulla produzione di capolini (Tarquinia 2010/2011)		
Trattamenti	Pianta (cm)	
	larghezza	altezza
<i>Epoche</i>		
10 luglio	149,15	46,36
25 luglio	149,32	51,62
<i>Significatività</i>	n.s.	**
Densità (p/ha)		
9.615	147,97	48,55
12.821	147,50	49,45
<i>Significatività</i>	n.s.	n.s.
<i>Valori con lettera diversa nelle colonne indicano differenze significative per P=0,05 (test di Duncan). ** e * = significativo per P=0,01 e 0,05; n.s. = non significativo</i>		

Tabella 22 - Effetto dell'epoca di impianto e della densità colturale sulla produzione di capolini (Tarquinia 2010/2011)					
Trattamenti	Capolini mercato fresco (numero)		Capolini peso medio (grammi)		
	Pianta	Ha	Cimarolo	I ordine	II ordine
Epoche					
10 luglio	2,18	24.128	158,9	114,4	66,6
25 luglio	1,15	12.806	152,1	96,1	-
<i>Significatività</i>	*	**	n.s.	n.s.	**
Densità (p/ha)					
9.615	1,79	17.173	158,7	107,6	32,9
12.821	1,54	19.761	152,3	102,9	33,6
<i>Significatività</i>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Valori con lettera diversa nelle colonne indicano differenze significative per $P=0,05$ (test di Duncan). ** e * = significativo per $P=0,01$ e $0,05$; n.s. = non significativo</i>					

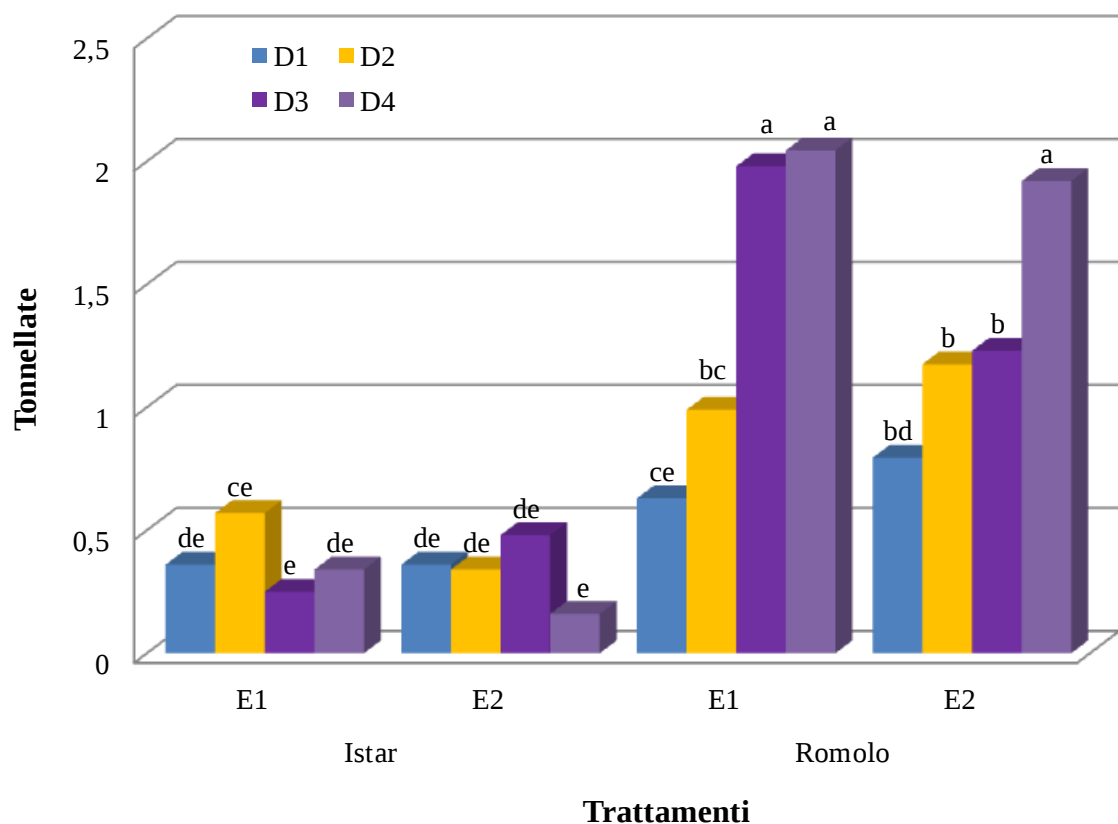
Ciò nonostante è comunque interessante notare che anche se il periodo di produzione è risultato molto breve, i migliori risultati sono stati ottenuti con la prima epoca di impianto, avendo fatto registrare quasi il doppio dei capolini prodotti rispetto all'epoca successiva. Tale risposta è da ricondurre alla gelata precoce che ha penalizzato maggiormente le piante della seconda epoca di trapianto in quanto non erano ancora entrate in produzione.

2.4.3. - Studio dell'effetto del genotipo, dell'epoca e della densità di semina sulla produzione di acheni e capolini per il mercato del fresco

2.4.3.1 – Produzione di acheni (Cerveteri 2011/2012)

Dall'analisi dei risultati ottenuti in termini di “seme” prodotto (Fig. 11) emerge che la cultivar Romolo ha prodotto più della cv Istar in tutti i diversi trattamenti studiati fatta eccezione per le densità D1 ($2,78 \text{ piante m}^{-2}$) e D2 ($1,85 \text{ piante m}^{-2}$) della prima epoca (E1) e per la densità D1 relativa alla seconda epoca (E2); infatti, per queste combinazioni non è stata notata alcuna differenza produttiva tra le due cultivar.

Figura 11 – Produzione di acheni ha^{-1} (interazione cultivar x epoca x densità)



A lettere differenti corrispondono valori statisticamente diversi per $p = 0,05$ (Test di Duncan)

La cultivar Romolo, ha raggiunto i livelli produttivi maggiori con le densità di semina 3 ($1,39 \text{ piante m}^{-2}$) e 4 ($0,83 \text{ piante m}^{-2}$) nella prima epoca di semina e con la densità 4 nella seconda epoca di semina. In tali condizioni Romolo è risultato nettamente superiore alla

cultivar Istar, in particolare, alla densità 3 e 4 della prima epoca e alla densità 4 della seconda epoca la produzione si attesta intorno a valori di 2 tonnellate ad ettaro, produzione che si può ritenere più che soddisfacente considerando che si tratta di due cultivar ottenute per la produzione di capolini per il mercato del fresco e che non sono stati ancora avviati programmi di miglioramento genetico per la costituzione di ibridi e/o varietà di carciofo adatte alla produzione di “semi”.

In definitiva la cv Romolo sembra più produttivo con densità più basse mentre la produzione della cv Istar, essendo meno vigorosa, sembra non risentire dell'effetto della densità. Riguardo alle epoche, nessuna delle 2 varietà ha mostrato differenze significative nelle 2 epoche a confronto.

La cv Romolo essendo più vigoroso dell'Istar, a densità elevate (D1, D2) mostra un calo produttivo probabilmente riconducibile ad una maggiore competizione tra le piante.

2.4.3.2 – Produzione di capolini (Cerveteri 2011/2012)

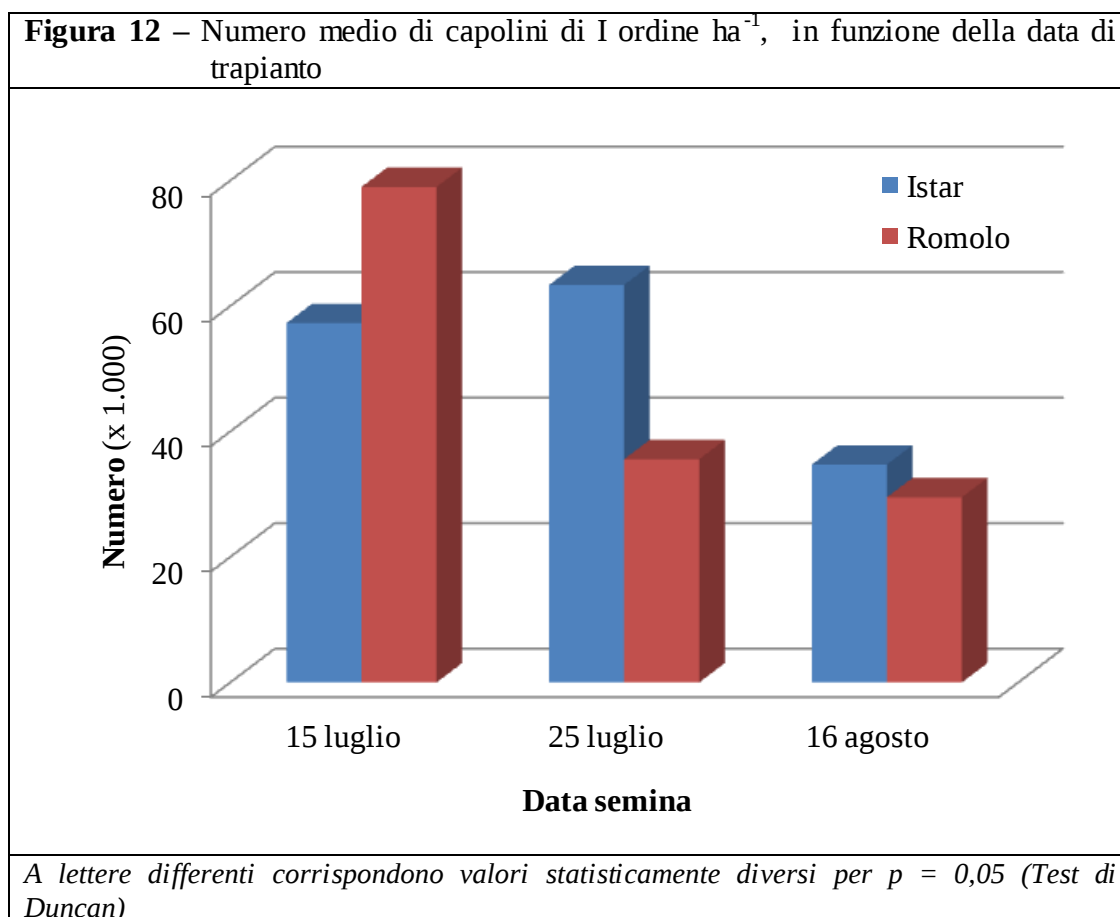
Tabella 23 - Peso medio dei capolini (g) - Analisi della varianza (ANOVA) e livelli di significatività (1)				
Sorgenti di variazione	Livelli di significatività			
	cimarolo	I ordine	II ordine	Carciofini (n.)
Cultivar	*	n.s.	n.s.	n.s.
Densità	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Epoca	***	***	n.s.	n.s.
Cultivar x epoca	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Epoca x densità	n.s.	n.s.	n.s.	*
Cultivar x densità	n.s.	n.s.	n.s.	*
Cultivar x epoca x densità	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
*; **; *** = rispettivamente significativo per $p = 0,05$; $0,01$; $0,001$, n.s. = non significativo				

Il peso medio dei capolini (Tab. 23), categoria cimaroli, è stato influenzato sia dalle cultivar che dall'epoca di semina. L'epoca ha influenzato anche il peso medio dei capolini di primo ordine. Statisticamente significative sono risultate soltanto le interazioni epoche x densità e cultivar x densità.

Tabella 24 - Produzione (n. capolini ha-1) - Significatività dei parametri analizzati				
Sorgenti di variazione	Livelli di significatività			
	cimarolo	I ordine	II ordine	Carciofini (n.)
Cultivar	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Densità	n.s.	n.s.	n.s.	**
Epoca	n.s.	***	**	***
Cultivar x epoca	n.s.	***	n.s.	*
Epoca x densità	n.s.	**	n.s.	n.s.
Cultivar x densità	n.s.	n.s.	n.s.	*
Cultivar x epoca x densità	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
*; **; *** = rispettivamente significativo per p = 0,05; 0,01; 0,001, n.s. = non significativo				

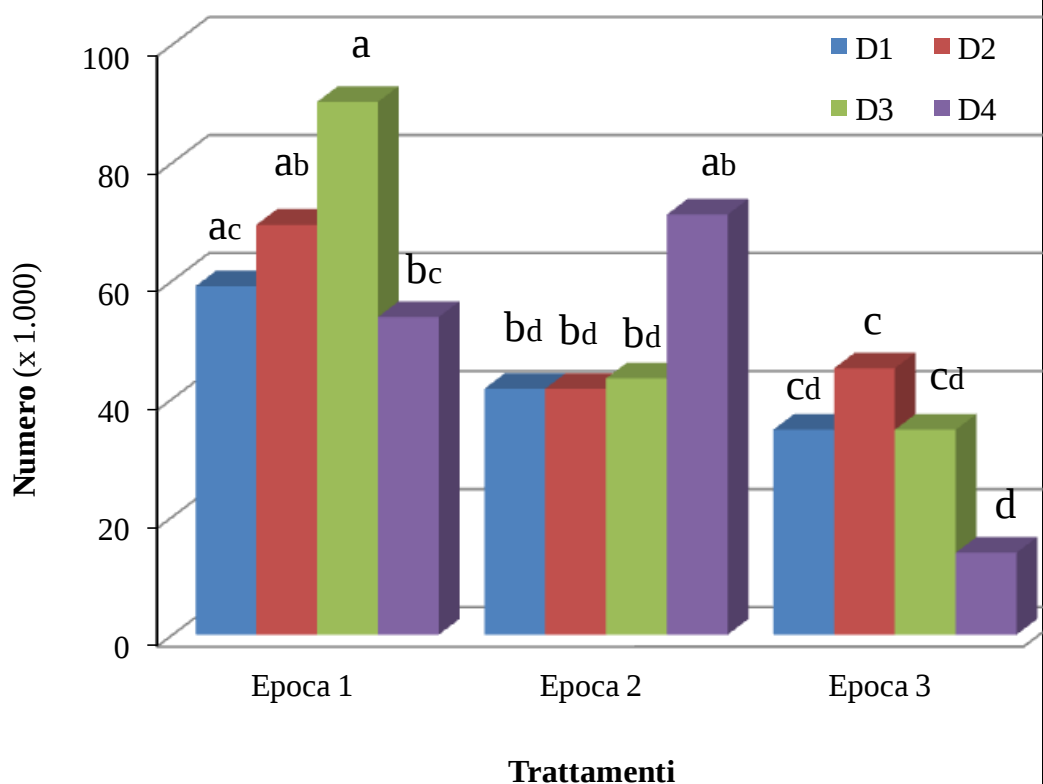
Per quanto riguarda il numero dei capolini prodotti per ettaro (Tab. 24), naturalmente non è stato considerato il numero di cimaroli per ettaro avendo tutte le piante prodotto il cimarolo. Escludendo la carciofina, a cui spetta un ruolo marginale nella PLV della carciofaia, è possibile notare che l'epoca di semina è il fattore che ha inciso maggiormente ed in maniera significativa sulla produzione dei capolini sia di I che di II ordine. Sono risultate altresì significative per il numero di capolini di I ordine le interazioni cultivar x epoca e cultivar x densità.

Indipendentemente dalla densità adottata la maggior produzione di capolini di I ordine è stata ottenuta dalla cultivar Romolo eguagliata soltanto da Istar seminata nella seconda epoca.



In particolare dalla figura 12 si evince che per massimizzare le rese delle due cultivar occorre seminare precocemente Romolo mentre per Istar si può anche ritardare leggermente la semina. La terza epoca di semina è risultata poco idonea per entrambe le cultivar.

Figura 13 - Numero medio di capolini di I ordine ha⁻¹ prodotti dalle due cultivar in funzione della data di semina, suddiviso per ciascuna densità colturale.



A lettere differenti corrispondono valori statisticamente diversi per $p = 0,05$ (Test di Duncan)

Indipendentemente dalla cultivar, le densità migliori sono risultate quelle che prevedevano il minor numero di piante per la prima epoca e per la seconda epoca, mentre per la terza epoca di semina, risultando le piante poco sviluppate, le densità meno produttiva è risultata proprio quella inferiore (Fig. 13).

2.4.4 – Termo-fotoperiodismo

L'inserimento di una cultivar precoce come Istar si è rilevato molto importante in quanto ha risposto in modo differente a tutte le altre cultivar impiegate. In particolare le prime tre semine effettuate in entrambi gli anni oggetto di studio (2011 e 2012) hanno esaltato la precocità di Istar. Infatti le piante seminate in entrambi gli anni in marzo aprile hanno iniziato il ciclo produttivo in settembre .

Istar seminata a maggio, è risultata meno precoce rispetto alle semine precedenti tant'è che la produzione è slittata di un mese e si è protratta fino a gennaio. Nel mese di febbraio, probabilmente a causa del freddo la produzione dei capolini si è bloccata per poi riprendere in marzo. Per la cultivar Romolo la produzione dei capolini non ha risentito dell'epoca di semina.

Nei mesi successivi, sono state inserite anche le cultivar Madrigal Olympus e Synphony. Come si può notare da questa slide la raccolta dei capolini si è uniformata ed è avvenuta tra aprile e maggio per le semine di luglio e agosto e in maggio per le semine di settembre.

Con le semine di gennaio e febbraio la raccolta è avvenuta per tutte le cultivar in luglio. Quanto mostrato (Tab. 25 e 26) si riferisce soltanto all'epoca di fioritura. I dati relativi alla produzione e quindi anche al numero dei capolini prodotti e dimensione e peso degli stessi sono in corso di elaborazione.

Tabella 25 - Effetto dell'epoca di semina (Anno 2011) sulla raccolta dei capolini

Data semina		Cultivar	Data raccolta capolini												
Anno	Mese		Anno 2011				Anno 2012								
			set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	
2011	Marzo	Istar													
		Romolo													
	Aprile	Istar													
		Romolo													
	Maggio	Istar													
		Romolo													
	Giugno	Istar													
		Romolo													
	Luglio	Istar													
		Madrigal													
		Olympus													
		Romolo													
		Synphony													
	Agosto	Istar													
		Madrigal													
		Olympus													
		Romolo													
		Synphony													
	Settembre	Istar													
		Madrigal													
		Olympus													
		Romolo													
		Synphony													
	Ottobre	Istar													
		Madrigal													
		Olympus													
		Romolo													
		Synphony													
	Novembre	Istar													
		Madrigal													
		Olympus													
		Romolo													
		Synphony													
	Dicembre	Istar													
		Madrigal													
		Olympus													
		Romolo													
		Synphony													

Tabella 26 - Effetto dell'epoca di semina (Anno 2012) sulla raccolta dei capolini

Data semina		Cultivar	Data raccolta capolini												
Anno	Mese		Anno 2012				Anno 2013								
			giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	mag	
2012	Gennaio	Istar													
		Madrigal													
		Olympus													
		Romolo													
		Synphony													
	Febbraio	Istar													
		Madrigal													
		Olympus													
		Romolo													
		Synphony													
	Marzo	Istar													
		Madrigal													
		Olympus													
		Romolo													
		Synphony													
	Aprile	Istar													
		Madrigal													
		Olympus													
		Romolo													
		Synphony													
	Maggio	Istar													
		Madrigal													
		Olympus													
		Romolo													
		Synphony													
	Giugno	Istar													
		Madrigal													
		Olympus													
		Romolo													
		Synphony													

2.4.5 - Maschio-sterili e linee

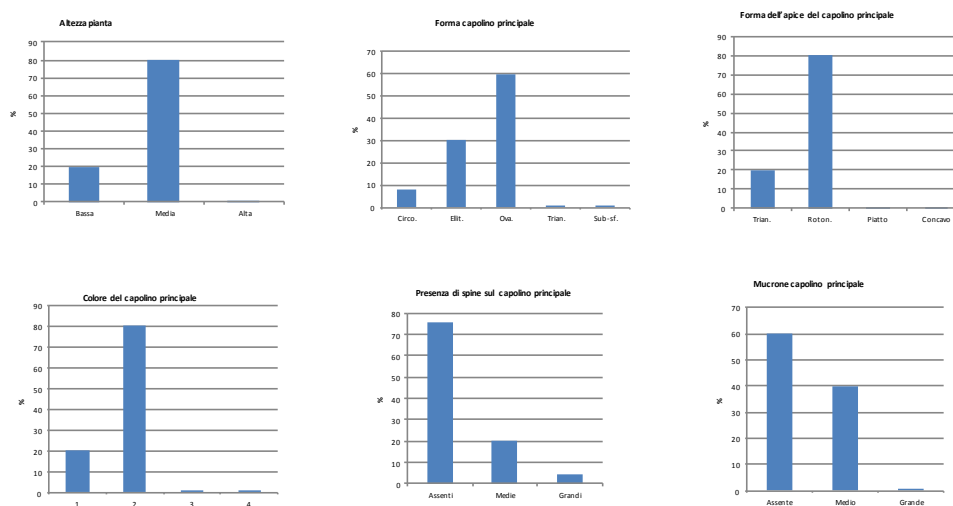
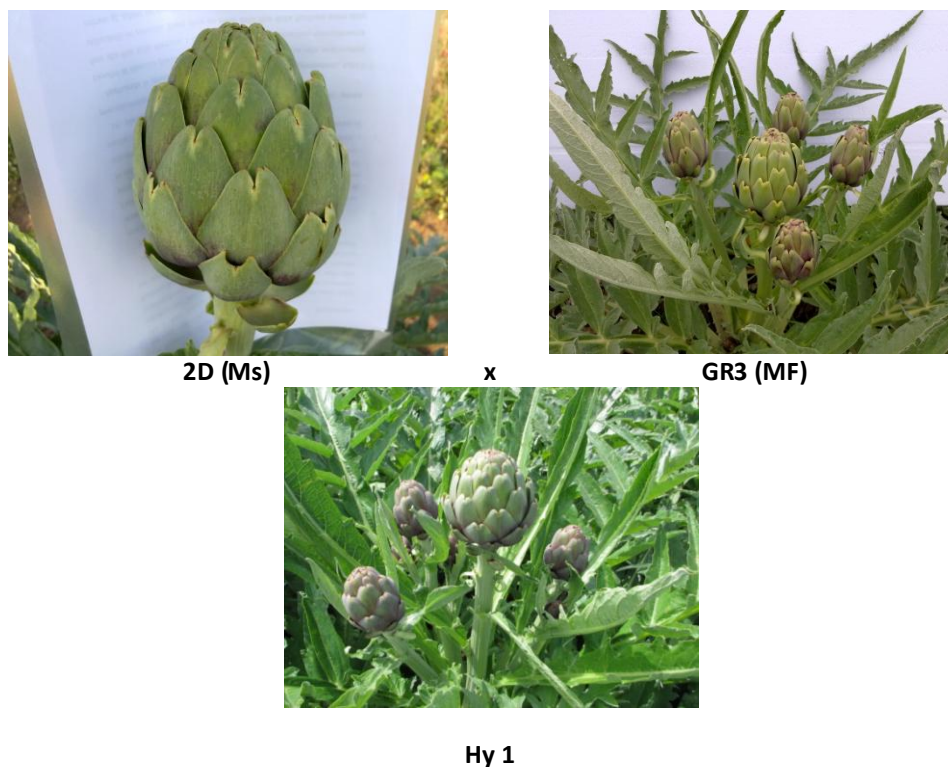
Dall'autofecondazione degli ibridi 10 F₁ e 48 F₁, sono stati identificati 2 maschiosterili: Ms 3C con capolini di colore rosso, di forma conica e leggermente spinosi; Ms 2D caratterizzato da capolini di colore verde con brattee inferiori leggermente rosse, allungate e inermi.

Le linee selezionate e autofecondate hanno dato delle progenie abbastanza uniformi; in particolare quelle del cardo selvatico è risultata la più uniforme sia per quanto riguarda il portamento della pianta che per le caratteristiche del capolino, seguita da quella del cardo coltivato.

Le progenie del carciofo (IS sel.1) pur risultando abbastanza uniformi per l'habitus vegetativo, l'entrata in produzione e il colore dei capolini, hanno evidenziato una certa variabilità riguardo la forma; infatti, sono state riscontrate due tipologie di capolini di cui una tonda e l'altra leggermente allungata. La progenie del GR sel. 3 è risultata uniforme per epoca di raccolta e vigoria della pianta ma molto variabile per il colore del capolino e in parte anche per la forma. Inoltre la quantità di seme ottenuta da autofecondazione è risultata maggiore nel cardo (CR 5 e CSS 8) rispetto a quella che si ottiene mediamente nella autofecondazione in carciofo.

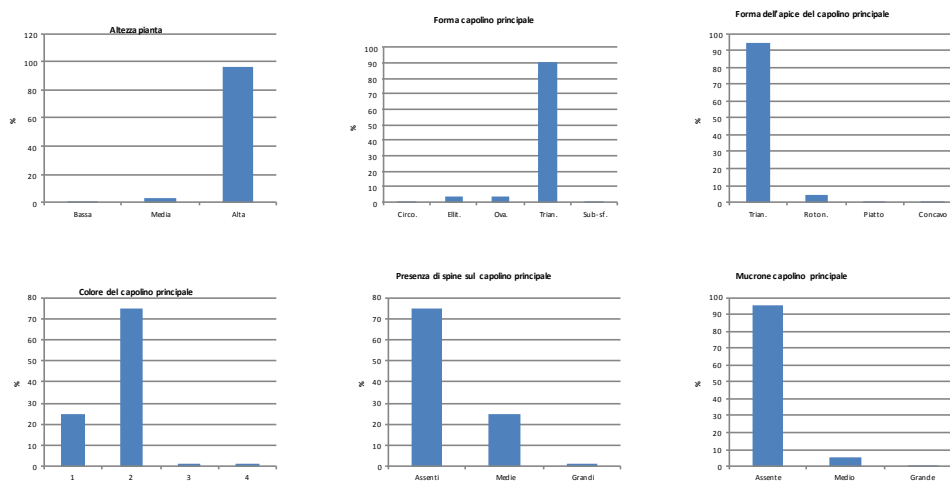
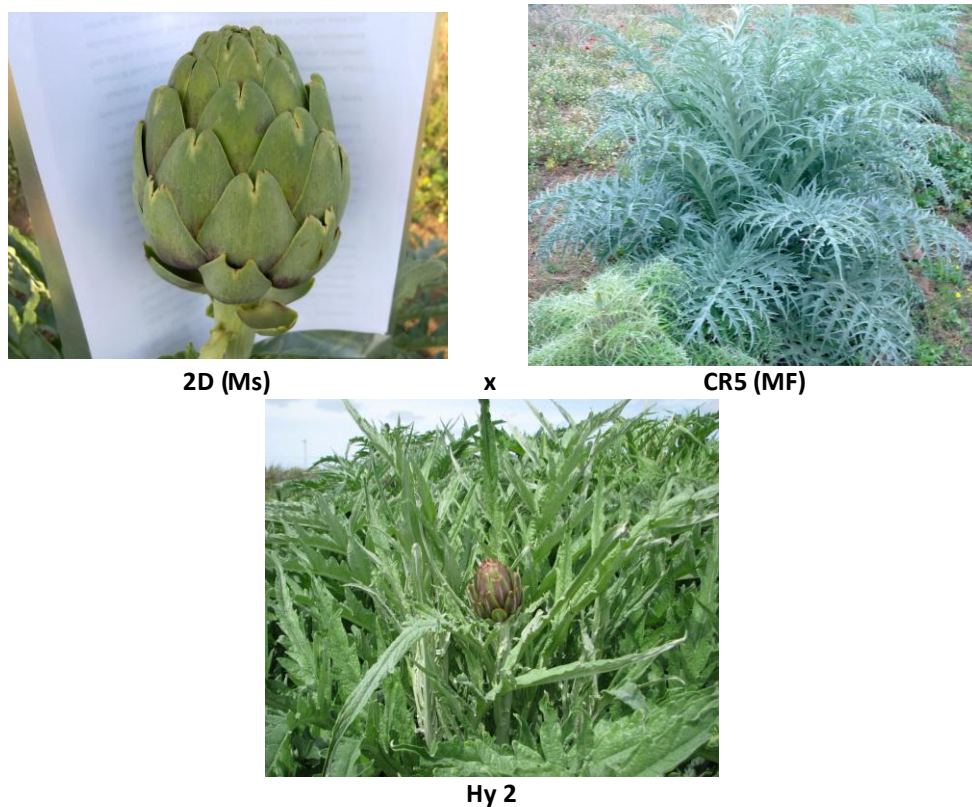
2.4.5.1 - Valutazione morfo-fisiologica degli ibridi ottenuti

Figura 14 – Ibrido n.1 (2D x GR3)



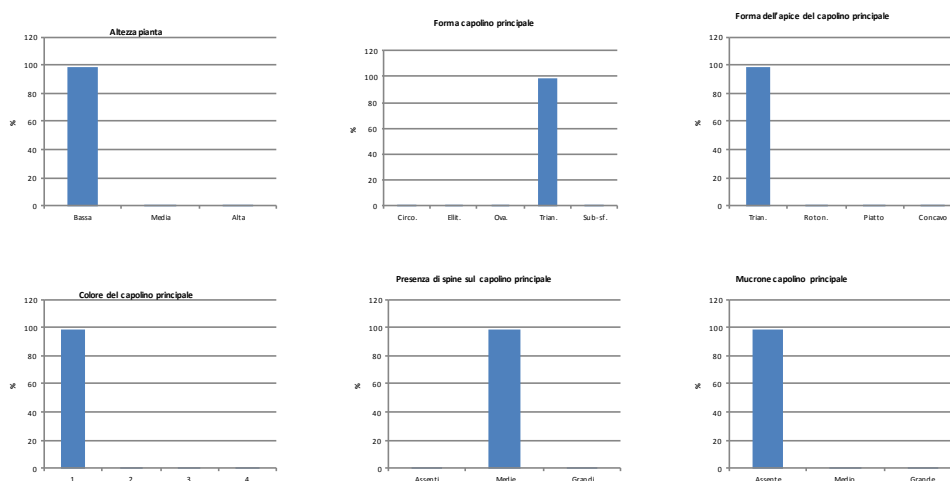
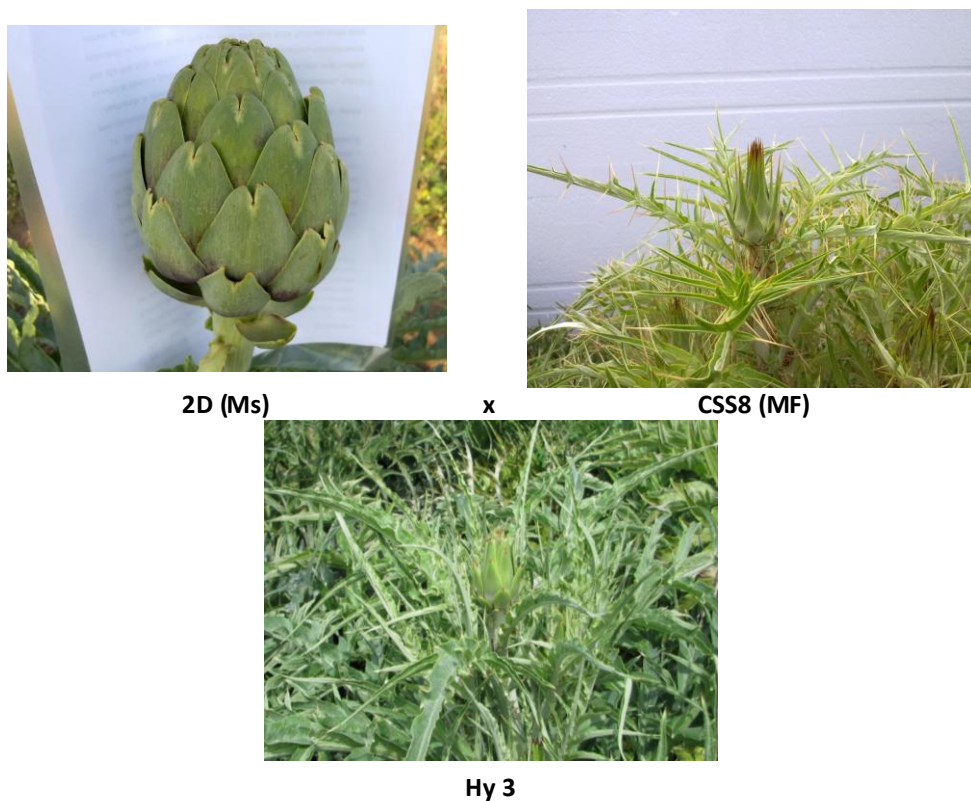
Ibrido molto variabile per tutti i caratteri analizzati, ci sono tre forme principali di capolini di cui 60% ovali, 30% ellittici e il 10% circolari. Molto variabile anche il colore con circa l'80% dei capolini di colore verde con striature rosse e il 20% completamente verdi.

Figura 15 – Ibrido n. 2 (2D x CR5)



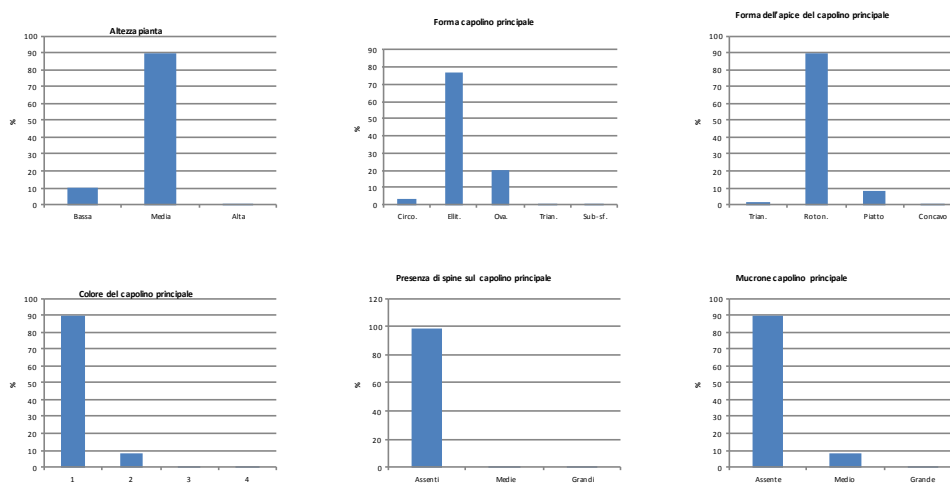
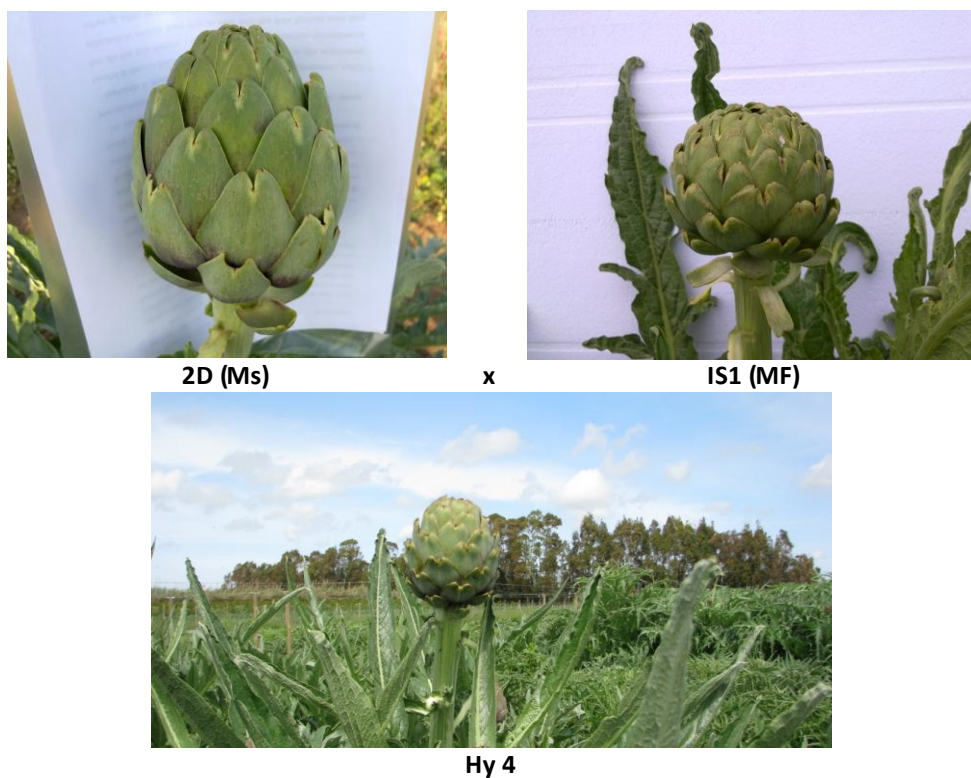
Ibrido uniforme soprattutto per la pianta (foglie, vigorosità) con portamento simile a quelle del cardo coltivato, variabile per il colore del capolino e per la presenza su alcuni capolini (22%) di spine di medie dimensioni. Molto uniforme per dimensione e forma dei capolini.

Figura 16 – Ibrido n. 3 (2D x CSS8)



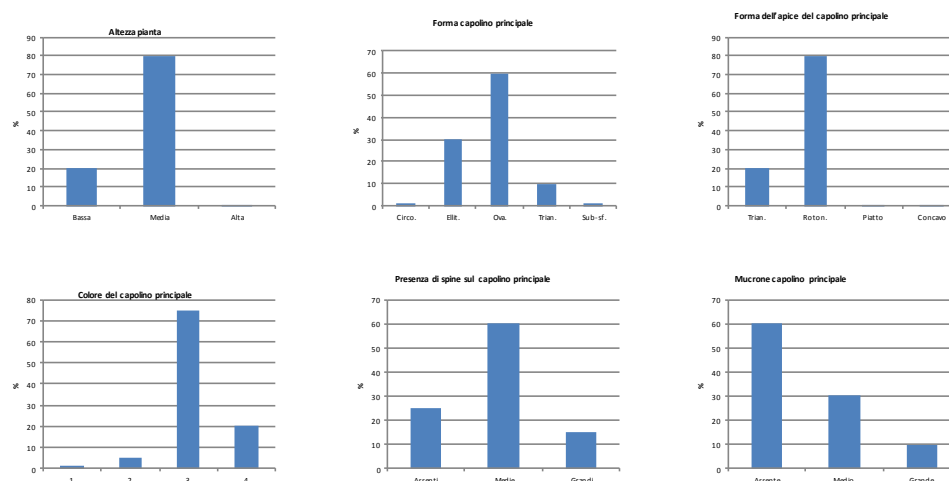
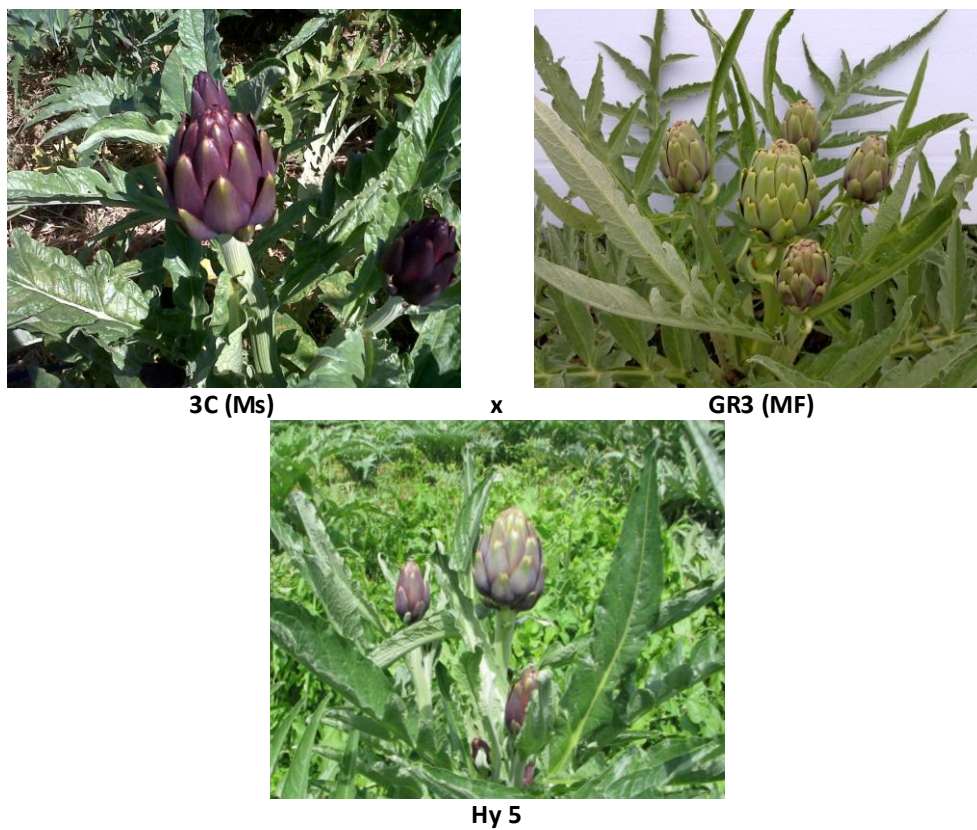
Ibrido molto uniforme per tutti i parametri analizzati con capolini di piccole dimensioni, di colore verde e di forma triangolare, con presenza di spine di medie dimensioni sul capolino e foglie inermi. Tutti i caratteri fenotipici compreso il capolino sono risultati simili al cardo selvatico ad eccezione dell'assenza delle spine sulle foglie.

Figura 17 – Ibrido n. 4 (2D x IS1)



Ibrido abbastanza uniforme con una leggera variabilità riguardo la forma del capolino con predominanza di quella ellittica (75%) su quella ovale (20%), piante di altezza media con capolini inermi di colore verde.

Figura 18 – Ibrido n. 5 (3C x GR3)



Ibrido molto variabile per tutti i parametri analizzati piante di medie dimensioni con capolini di colore rosso di forma più o meno allungata e presenza di spine di diverse dimensioni su alcuni capolini.

Figura 19 – Ibrido n. 6 (3C x CR5)



3C (Ms)

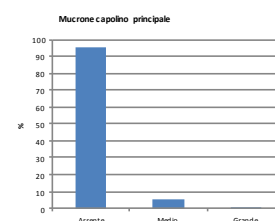
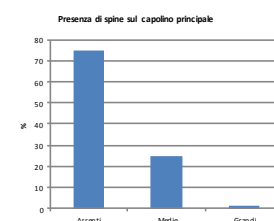
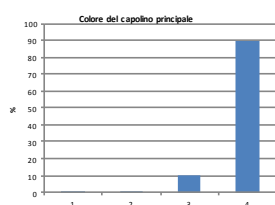
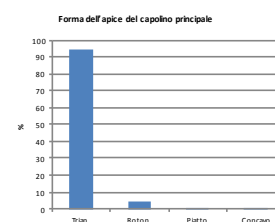
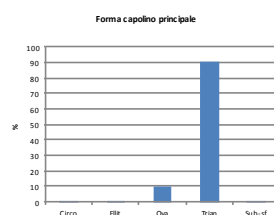
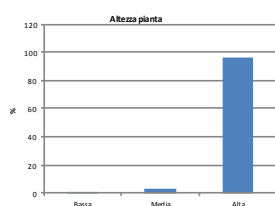


CR5 (MF)

x



Hy 6



Ibrido con buona uniformità, variabile solo per la presenza di piccole spine su alcuni capolini, piante molto vigorose, capolini di piccole dimensioni di forma triangolare e colore rosso scuro, l'ibrido risulta molto simile al cardo coltivato.

Figura 20 – Ibrido n. 7 (3C x CSS8)

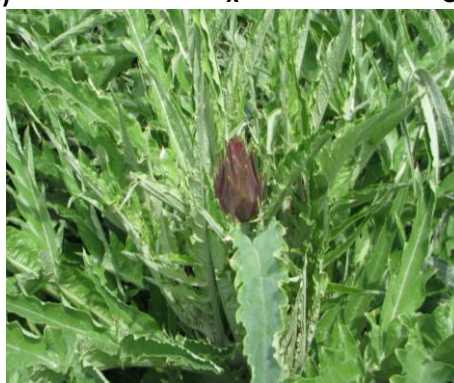


3C (Ms)

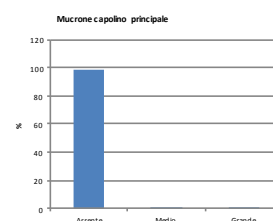
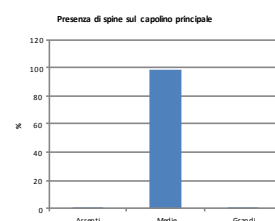
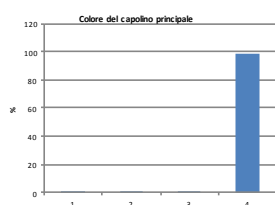
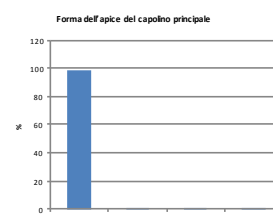
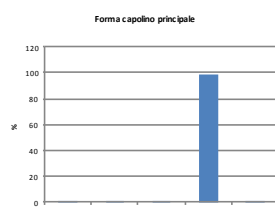
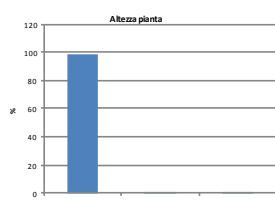


CSS8 (MF)

x



Hy 7



Ibrido molto uniforme per tutti i caratteri analizzati, piante poco vigorose con foglie inermi, capolini triangolari di colore rosso presenza di spine di medie dimensioni.

Figura 21 – Ibrido n. 8 (3C x IS1)



3C (Ms)

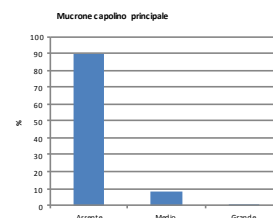
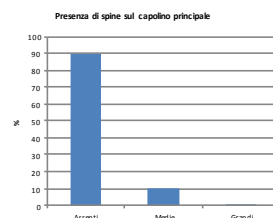
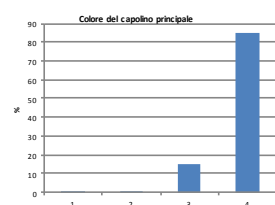
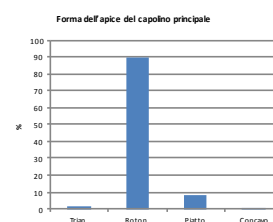
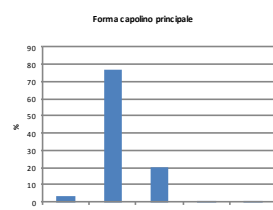
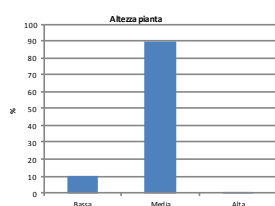


IS1 (MF)

x



Hy 8



Ibrido abbastanza uniforme, con capolini inermi molto colorati di forma ellittica (75%) e ovale (20%), piante mediamente vigorose.

2.4.5.2 - Cloni selezionati in fase di valutazione

Sono stati selezionati due cloni di tipologia romanesco caratterizzati da una buona produzione, da capolini di colore viola intenso (Clone 1) e viola chiaro con striature verdi (Clone 2), inermi, di pezzatura media e con brattee molto serrate. La produzione è primaverile tipo Castellammare, entrambi gli ibridi sono mediamente vigorosi.



Clone 1



Clone 2

2.5 - Conclusioni

Dalla sperimentazione sono emerse interessanti indicazioni riguardo le varie problematiche che sono state affrontate nel triennio 2010-2012 come appresso riportato.

Dalla sperimentazione è emerso che l'epoca e la densità di trapianto influenzano in maniera significativa sia l'accrescimento della pianta che la produzione di capolini sia sotto l'aspetto quantitativo che qualitativo. Anticipando ai primi giorni di luglio il trapianto è possibile anticipare al mese di novembre la raccolta dei capolini delle varietà precocissime come Istar Hy, mentre non sono stati osservati anticipi significativi degli ibridi tardivi.

È stato inoltre osservato che se si ritarda il trapianto oltre la terza decade di luglio per le varietà precoci e oltre la fine di agosto per le cultivar tardive si verifica per entrambe le tipologie una riduzione della biomassa prodotta. Da tale comportamento si evince che il carciofo, pur essendo considerata una specie microterma, durante la prima fase di crescita predilige elevati livelli di temperatura e di luce;

Oltre all'epoca di impianto anche la densità è risultata importante per ottenere livelli produttivi soddisfacenti; infatti, per la varietà Istar (poco vigorosa), la densità ottimale è risultata decisamente superiore rispetto alla cultivar Romolo che, invece, essendo molto vigorosa richiede densità uguali o addirittura inferiori a quella operata usualmente nella Maremma laziale per le vecchie cultivar impiegate.

Relativamente alla prova di semina diretta, è stato osservato un comportamento analogo a quanto rilevato nella prova che prevedeva l'impiego di piantine a radice protetta per la costituzione della carciofaia; infatti, la cv Romolo è risultata più produttiva con densità più basse mentre la produzione della cv Istar, ha raggiunto i livelli più alti con la massima densità studiata. Riguardo il confronto tra le epoche di semina, non sono state riscontrate differenze statisticamente significative tra le due cultivar.

Tra le cultivar utilizzate nello studio della risposta termo-fotoperiodica, l'inserimento di una cultivar precoce come Istar si è rilevato molto importante in quanto ha risposto in modo differente a tutte le altre cultivar impiegate. In particolare le prime tre semine, effettuate in entrambi gli anni in marzo e aprile, hanno esaltato la precocità di Istar tant'è che la raccolta dei capolini è iniziata in autunno.

Tutte le altre cultivar non hanno risentito in maniera significativa dell'epoca di semina, difatti la raccolta è avvenuta nella primavera successiva alla semina, fatta eccezione per le semine di gennaio e febbraio per le quali la raccolta dei capolini è avvenuta per tutte le cultivar in prova in luglio.

L'esperienza maturata su alcune combinazioni di incrocio ha evidenziato che l'utilizzo delle due selezioni di cardo selvatico e coltivato, si è rivelato molto utile al fine di ottenere informazioni sul possibile impiego di nuovi maschiosterili in programmi di incrocio, riducendo il numero di ibridi da testare. Infatti, essendo le due linee di cardo molto stabili e uniformi, a causa di incroci all'interno di popolazioni molto piccole seguite da alcuni cicli di autofecondazione, l'eventuale variabilità riscontrata nelle piante ibride, potrà essere attribuita per buona parte al maschiosterile utilizzato nell'incrocio. I migliori maschiosterili così individuati, potranno essere impiegati in incroci specifici, per testare non solo l'uniformità dell'ibrido ma anche alcune caratteristiche morfo-fisiologiche, nonché agronomiche indispensabili per una loro futura coltivazione.

Sulla base dell'esperienza maturata può quindi essere espresso un giudizio positivo sull'impiego dei nuovi genotipi moltiplicati via "seme" a condizione di valutarne in anticipo l'adattabilità nelle condizioni di coltivazione in cui si opera e della risposta alla tecnica colturale adottata.

L'impiego di varietà da seme caratterizzate da diverso grado di precocità e a basso costo delle piantine può risultare vantaggioso sia per coprire quelle nicchie di mercato in cui l'offerta di carciofo sul mercato italiano non riesce a soddisfare la domanda, sia per ridurre i costi di produzione e quindi rendere la cinaricoltura italiana più competitiva.

Nel corso dell'attività di dottorato sono stati anche selezionati due cloni (Clone 1 e Clone 2) che saranno moltiplicati per via vegetativa e, qualora detto materiale confermasse le performance produttive e qualitative mostrate, si potrà procedere all'iscrizione nel registro varietale nazionale e quindi le due cultivar potranno essere affidate a vivai specializzati per la relativa moltiplicazione.

3 - Bibliografia

Abbate V., Noto G., (1981). Variabilità ambientale e genotipica in popolazioni siciliane di *Cynara scolymus* ed isolamento di nuovi cloni di Violetto di Sicilia. Atti III Cong. Int. Studi sul carciofo. Ed. Laterza (Bari): 797-807

Barcaccia G., Lorenzetti S., Falcinelli M., (2006). Sull'eterosi nelle piante: dall'ipotesi genetica di Jones all'era genomica. CMF, Perugia.

Basnizky J., Zohary D., (1994). Breeding of seed-planted artichoke. Plant Breed. Rev. 12, 253-269.

Bianco V. V., (1990) Carciofo (*Cynara scolymus* L.). In VV Bianco e F Rimpini (eds.), Orticoltura. Patron Editore, Bologna

Bianco V. V. e Calabrese N, (2009). Il carciofo e il cardo. Bayer, Bologna

Bonciarelli F., (1998). Coltivazioni erbacee da pieno campo. Edagricole, Bologna.

Calabrese N. (2009) Il carciofo e il cardo. Bayer, Bologna

Cannella C. (2009) Il carciofo e il cardo. Bayer, Bologna

Caponio F., Gomes T., Del Curatolo D., (2003). L'olio di copertura delle conserve vegetali. Nota III: I carciofini, Industrie Alimentari , 137, 42,

Cedrola C., Tomasone R., Colorio G., Pagano M. (2009). Primi risultati nell'introduzione di una nuova macchina a trazione elettrica per agevolare meccanicamente la raccolta del carciofo. IX Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agrari Ischia Porto, 12-16 settembre 2009

Ciccarese F., Cirulli M., (1985). La verticilliosi del carciofo. Informatore fitopatologico 9: 25-26

Ciccarese F., Cirulli M., Frisullo S., (1985). Prova di lotta chimica contro la verticilliosi del carciofo. *Informatore fitopatologico* 5: 39-42

Cirulli M., Ciccarese F., Frisullo S., (1984) L'avvizzimento del carciofo da *Verticilium dahliae* Kleb. *In Italia Meridionale. Informatore agrario* 30: 52-55

Colelli G., Calabrese N., (2009). *Il carciofo e il cardo*. Bayer, Bologna

Curzi M., (1930) Intorno alle tracheomicosi e a nuovi gravi casi di verticilliosi. *Boll. R. Staz. Pat. Veg.* X, 1: 44-62

Damato, G. and Calabrese, N., (2007). Osmoconditioning and germination temperatures in “seed” of two artichoke cultivars. *Acta Hort. (ISHS)* 730:331-336.

D'Alessandro F., Agosta I., (1984). Aspetti agronomici della coltura del carciofo *L'informatore agrario*, 23-42

Deidda M., (1967). Contributo al miglioramento genetico del carciofo. *Atti I Congresso Int. Di Studi sul Carciofo*. Bari. Ed. Minerva Medica (Torino): 157-174

Delrio G., (2009). *Il carciofo e il cardo*. Bayer, Bologna

Dellacecca V., Bianco V.V., (1967). Valore agronomico delle gemme in relazione alla loro posizione sul rizoma del carciofo. In: *Atti del primo congresso internazionale di studi sul carciofo*. Università di Bari. Ed, Minerva Medica, Torino.

Dellacecca V., Magnifico V., Marzi V., et al., (1976). Contributo alla conoscenza delle varietà di carciofo coltivate nel mondo. *Atti I Congresso Int. Di Studi sul Carciofo*. Bari. Ed. Minerva Medica (Torino): 199-316

C. Du Cange, (1883)*Glossarium mediae et infimae latinitatis*, Niort

Farber J.N. *et al.*, (2003). .Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut produce. Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety vol II (Supplement), , 142-160

Foury C., (1967). Étude de la biologie florale de l'artichaut (*Cynara scolymus* L.); application à la sélection, 1ère partie : données sur la biologie florale, Ann. Amélior. Plantes 17: 357–373.

Galli Volonterio A, (1999). .Microbiologia degli alimenti. Paravia, Torino, , 206-209.

Gallitelli D., Mascia T. (2009) Il carciofo e il cardo. Bayer, Bologna

Gil Izquierdo A., Conesa MA, Ferreres F., (2002). Influence of Modified Atmosphere packaging on quality vitamin and phenolic content of artichokes (*Cynara Scolymus* L.), European Food Research and Technology, Volume 215 pages 21-27,.

Giménez M., Olarte C., Sanz S., Lomas C., Echàvarri J.F., Ayala F., (2003). Relationbetween spoilage and microbiological quality in minimally processed artichoke packaged with different films. Food microbiology 231-242.

Graifenberg A., Curadi M. Giustiniani L., (2001). Come valorizzare la qualità del carciofo. Innovazione e Agricoltura 1(4): 44-52

Graifenberg A., Giustiniani L., (1997). Problematiche colturali e valorizzazione del carciofo. Inf Agr 27: 53-57

Jacoboni N., (1958). Il carciofo romanesco: biologia e coltivazione. Ann. Fac. Agr. Univ. XIII, Perugia

Jannaccone A.(1967). Avvicendamenti, metodi di propagazione e durata della carciofaia In: Atti del primo congresso internazionale di studi sul carciofo. Università di Bari. Ed, Minerva Medica, Torino

Lattanzio V., Cardinali A., Di Venere D., Linsalata V., Palmieri S., (1994). Browning phenomena in stored artichoke heads : enzymic or chemical reactions?, Food Chemistry , 50, 1.

Leoni O., F. Van Sumere C., (1990). Polyphenol Oxidase from artichoke (*Cynara Scolymus* L.), Food Chemistry 38, 27-39.

Lewis D., (1941). Male sterility in natural populations of hermaphrodite plants. New Phytol, 40, 5663.

Lorenzetti F., Veronesi F., Ceccarelli S., (1996). Genetica agraria, Terza edizione. Patron Editore, Bologna.

Marras F. S., Cirulli M., (2009) Il carciofo e il cardo. Bayer, Bologna.

Massignan L., Lovino R., De Cillis M.F., Di Venere D., Linsalata V., Bianco V.V. , (2000). Effect of harvest time, processing and packaging on the quality of . ready to use .artichokes, IV International Congress on Artichoke, Valenzano- Bari

Marzi V (2001). Coltivazioni erbacee: Piante oleifere, da zucchero, da fibra, orticole e aromatiche. Patron Editore, Bologna.

Mauromicale G., Copani V., (1989). Caratteristiche biologiche e produzione di cloni diversi di carciofo isolati in popolazioni Siciliane di Violetto di Sicilia. Tecnica agricola 41(4): 3-17

Mauromicale G., Ierna A., (1995) Effects of gibberellic acid and sowing date on harvest time and yields of seed-grown globe artichoke (*Cynara scolymus* L.). Agronomie 15(9-10): 527-538

Mauromicale G., Ierna A., (1995). Effects of gibberellic acid and sowing date on harvest time and yields of seed-grown globe artichoke (*Cynara scolymus* L.). Agronomie 15(9-10): 527-538

Mauromicale G., Ierna A., (2000). Panorama varietale e miglioramento genetico del carciofo. Inf Agr 26: 39-45

Mauromicale G., Morello N., Ierna A., (2000). Nuove varietà per migliorare la cinaricoltura siciliana. Inf Agr 26: 47-51

Miccolis V., (1996). Il carciofo: aspetti di tecnica colturale. Supplemento dell'informatore agrario 33: 17-20

Miglioli L., (1995). La scottatura dei prodotti vegetali, Industria Conserve, 70, 148

Oliaro T., (1967). Lineamenti di una storia del carciofo. In: Atti I Congr. Int. Carciofo. Bari. Ed, Minerva Medica, Torino

Pari L., Civitarese A., Assirelli A., Del Giudice A.,(2009). Il prototipo che abbatte i cisti della raccolta del cardo. L'informatore agrario 29/2009.

Pècaut P., (1983). Amélioration des varièetès à multiplication vègètative, varièetès à multiplication par semences, clones sans virus issus de multiplication in vitro. Procès-verbal de la Sèance de 12 janvier. Acadèmie d'agriculture de France : 69-78

Perego P., Fabiano B, Bertocchi D, Scavotti A, Ferraiolo G., (1995). Modelling of Canned artichoke pasteurization, Italian Journal of Food Science, Volume 7 pages 169 .177.

Pignone D. e Sonatte G., (2009). Il carciofo e il cardo. Bayer, Bologna

Pochard E., Foury C., Chambonnet D., (1967). Il miglioramento genetico del carciofo. In: Atti I Congr. Int. Carciofo. Bari. Ed, Minerva Medica, Torino

Pulselli A., (1928). Un grave caso di tracheomicosi del carciofo. Boll. R. Staz. Pat. Veg. VIII, 2: 189-193

Rondanelli M., Opizzi A., Monteferraio F., (2009). Il carciofo e il cardo. Bayer, Bologna

Rottenberg A., (1993). Genetic affinities among the various species grouped in the genus *Cynara* L. (in Hebrew). MSC thesis. The Hebrew University, Jerusalem

Rottenberg A., Zohary D., (1996). The wild relatives and the wild ancestry of the cultivated artichoke. *Genetic Resources Crop Ev* 43(1): 53-58

Saccardo F., Ancora G., (1985). Il contributo della micropropagazione al miglioramento della coltura del carciofo. Recenti acquisizioni del miglioramento genetico italiano in orticoltura e floricoltura: 24-26

Saccardo F., (2009). Il carciofo e il cardo. Bayer, Bologna

Scano E. A., Matta G. (2003). La filiera industriale del carciofo , Analisi del comparto, prodotti convenzionali e innovativi Impaginazione e stampa Grafica del Parteolla Via dei Pisani, 5 - 09041 Dolianova (CA)

Tesi R., (1976). Primi risultati del miglioramento genetico della varietà toscane di *Cynara cardunculus*, Var. *scolymus*. In atti: del II Congresso Internazionale Di Studi sul Carciofo. Bari. Ed. Minerva Medica (Torino): 747-763

Tesi R., (1981). Terom, a new artichoke cultivar for Tuscany. *Ortoflorofrut. Ital.* 30: 49-51

Tesi R., (1994). Principi di orticoltura e ortaggi d'Italia. Edagricole, Bologna.

Temperini A.(2011). Interventi genetici ed agronomici per la costituzione e la valorizzazione di genotipi di carciofo ad alta resa in “seme” per la produzione di olio.

Temperini O. (2009). Il carciofo e il cardo. Bayer, Bologna

Trigo Colina L., (1981) Etude du comportement clonal de la population d'artichaut Blanca de España Cultivée dans la Vallée l'Ebre. In atti: del 3° Congresso Internazionale Di Studi sul Carciofo. Laterza, Bari. 629-638

Viani P., (1929) Carciofo. Trattato di orticoltura. Ed. Battiato, Catania, Vol. II: 894-914

Wiklund A., (1992). The genus *Cynara* L. (Asteraceae- Carduae). Bot. J. Linnean Soc. 109: 75-123

4 - Ringraziamenti

Durante tutto il ciclo di questo dottorato, sono stato affiancato ed aiutato da alcune persone con cui ho avuto l'immenso piacere di lavorare insieme.

In particolare vorrei ringraziare:

Il mio Tutore Dott. Olindo Temperini, per avermi costantemente seguito durante tutte le fasi del dottorato e per avermi insegnato tutto quello che conosco sull'orticoltura con competenza, disponibilità e grande premura.

Il Dott. Andrea Temperini per l'aiuto ricevuto nella sperimentazione, per i suoi indispensabili consigli e spiegazioni, per la sua lealtà ed amicizia.

Il Dott. Fabrizio Ercolani con cui ho collaborato nella sperimentazione svoltasi presso i Centri dimostrativi ARSIAL di Tarquinia.

Il Dott. Roberto Mariotti per avermi messo a disposizione il personale e le strutture ARSIAL di Tarquinia e Cerveteri.

Tutto il personale ARSIAL che mi ha aiutato in questi anni di lavoro ed in particolare: Di Giacinti Silvano, Orchi Claudio, Vittozzi Luigi, Santopietro Claudio, Mosconi Alberto.

Tutto il personale dell'Azienda didattica sperimentale Nello Lupori che mi ha aiutato in questi anni di lavoro ed in particolare: Giacomini Graziella e Pampaloni Sergio.

Un ringraziamento particolare va a mia madre per il grande sostegno che mi ha offerto in questi anni e soprattutto per l'esempio di vita che ha saputo essere per me e mia sorella.