



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SASSARI
FACOLTÀ DI AGRARIA



Scuola di dottorato
SCIENZE DEI SISTEMI AGRARI E FORESTALI E DELLE PRODUZIONI
ALIMENTARI

Indirizzo
Produttività delle Piante Coltivate

XXIV Ciclo

Codifica fenologica e dinamica dell'assorbimento minerale
in *Cynara cardunculus var. scloymus*

Dott. Francesco Piras

Direttore della Scuola: Prof. Alba Pusino
Referente di Indirizzo: Prof. Rosella Motzo
Docente Guida: Dott. Luigi Ledda

Anno Accademico 2011-2012

INDICE

1. Abstract	2
2. Capitolo 1. Stadi fenologici in <i>Cynara cardunculus var. scolymus</i>: codifica e descrizione secondo la scala BBCH	
1. Introduzione	3
2. Principi base della scala	4
3. Il carciofo	6
4. Le osservazioni	6
5. Fasi fenologiche di crescita e codici estesi di identificazione BBCH per <i>Cynara var. scolymus</i>	7
6. Discussione e conclusioni	19
7. Bibliografia	20
3. Dinamica dell'assorbimento minerale in <i>Cynara cardunculus var scolymus</i>	
1. Introduzione	22
2. Materiali e metodi	24
3. Risultati e discussione	26
4. Conclusioni	41
5. Bibliografia	42

ABSTRACT

Cynara cardunculus var *scolymus* is a horticultural perennial crop, sometimes grown as annual.

In this thesis we described the phenological traits of the crop and studied the mineral uptake of several globe artichoke varieties grown in Mediterranean environment. Despite its economical relevance, scarce scientific information on phenological and agronomical traits are available at present.

In chapter 1 we present the phenological growth stages based on the Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt, Chemische Industrie (BBCH) scale and its associated decimal code. Nine principal growth stages have been defined and each principal stage has been subdivided into secondary growth stages. Descriptive keys with illustrations are also provided. A practical use of the scale is proposed, with particular reference to harvest time and management treatments. This scale aims to support farmers and researchers to efficiently plan management practices and experimental treatments.

In chapter 2 we present globe artichoke nutrients uptake and partitioning, determined by successive destructive plant harvest and mineral analysis of plant organs of four field grown varieties (Tema 2000, Spinoso Sardo, Violetto and Romanesco C3). Potassium was the most important element in quantitative term, while phosphorus was the less one. Nitrogen showed a remarkable variability in relation to the variety traits. A practical use of the uptake ratio is proposed, with particular reference to the crop nutrition management.

Stadi fenologici in *Cynara cardunculus* var. *scolymus*: codifica e descrizione secondo la scala BBCH

1. Introduzione

La conoscenza della fenologia delle piante coltivate è un aspetto importante e rappresenta uno strumento fondamentale per la programmazione di operazioni colturali come l'irrigazione, la distribuzione di fertilizzanti, l'applicazione di antiparassitari e la pianificazione dei calendari di raccolta (Meier et al., 2009), e rappresenta la base per la costruzione delle curve di crescita della coltura nei modelli di simulazione.

La fenologia ha come scopo la descrizione dettagliata delle fasi di sviluppo di una pianta, indicandone il raggiungimento delle diverse fasi di sviluppo.

I rilievi fenologici in campo vengono generalmente effettuati avvalendosi di protocolli e scale (chiavi) fenologiche che, in passato, non erano standardizzati e come conseguenza in Paesi e in ambienti scientifici diversi si affermarono scale di rilievo differenti. L'utilizzo di chiavi fenologiche differenti crea però problemi di confrontabilità dei dati così, negli ultimi 20 anni, si è cercato di convergere verso una soluzione standard a livello internazionale rappresentata dalla scala centesimale BBCH (Hack et al., 1992; Meier 1997). Infatti, l'aumento delle connessioni internazionali nel campo della ricerca in ambito agronomico e/o colturale e la crescente elaborazione elettronica di dati ha reso necessario la creazione di un sistema internazionale con una descrizione e codifica standardizzata delle fasi di sviluppo delle piante (Meier et al., 2009). Grazie all'utilizzo di scale universalmente riconosciute per descrivere le fasi di crescita delle piante è possibile descrivere le ricerche condotte in modo tale da renderle confrontabili con ricerche simili.

L'utilizzo della scala BBCH come sistema standard per descrivere le fasi di crescita delle piante è oggi accettato a livello internazionale (Meier, 2003) e anche il report dell'European Phenology Network (EPN) ha raccomandato l'uso dei sistemi BBCH per la codifica di osservazioni fenologiche (Bruns & van Vliet, 2003; Van Vliet et al, 2003). La scala BBCH - **B**iologische **B**undesanstalt, **B**undessortenamt and **C**hemical industry (Compendium of Growth Stage Identification Keys for Mono- and Dicotyledonous Plants–Extended BBCH scale; 2nd Edition, 1997) è un sistema ideato per codificare uniformemente stadi fenologici di sviluppo analoghi, osservabili sia in specie monocotiledoni che dicotiledoni. La sua struttura permette di racchiudere tutte le scale già esistenti; inoltre è possibile utilizzarla anche per tutte quelle specie per le quali, attualmente, non sono disponibili scale apposite.

La scala BBCH è una scala centesimale che si basa sulla scala di Zadoks (1974) per i cereali e per il riso ed è stata adattata sia per altre monocotiledoni che per le dicotiledoni. È divisa in stadi di sviluppo primari e secondari e ogni stadio viene indicato tramite un codice composto da due cifre.

Negli ultimi anni, diverse specie vegetali sono state descritte secondo la scala BBCH (Meier et al., 2009a; Archontoulis et al., 2010; Attibayéba et al., 2010; Niemenak et al., 2010).

Nel corso degli ultimi 40 anni sono numerosi i lavori scientifici pubblicati su riviste internazionali che descrivono gli stadi di sviluppo per numerose piante economicamente importanti come ad esempio i cereali (Tottman, 1987), la fava (Knott 1990), la patata (Jefferies & Lawson, 1991), il lino (Smith & Froment, 1998) e anche per piante infestanti (Hess et al., 1997), piante ornamentali come le rose (Meier et al., 2009) o specie arboree come il salice (Saska & Kuzovkina, 2010).

Nonostante la scala BBCH sia stata adattata per la descrizione delle fasi fenologiche di numerose specie vegetali, per il carciofo (*Cynara cardunculus* var. *scolymus*) ancora non è possibile descrivere lo sviluppo della pianta attraverso la scala BBCH.

2. Principi base della scala

La scala BBCH (Hack et al., 1992) considera 10 stadi di sviluppo principali indicati con i numeri da 0 a 9. All'interno degli stadi principali possono essere individuati stadi secondari che definiscono brevi stadi di sviluppo. Entro gli stadi principali, gli stadi secondari sono indicati con numeri che corrispondono a numeri ordinali (es. numero di foglie) o a valori percentuali. Se due o più stadi di sviluppo principali procedono in parallelo è possibile indicarli entrambi, utilizzando una linea obliqua (es. 16/22 – sei foglie e due germogli laterali visibili). Nel caso in cui si volesse riportare un solo stadio di sviluppo, dovrà essere indicato quello la cui fase è maggiormente avanzata, oppure sarà indicato quello che presenta un maggiore interesse.

Dalla combinazione dei numeri degli stadi di sviluppo principali e secondari, scaturisce un codice composto da due cifre che permette di definire precisamente gli stadi di sviluppo fenologico per la maggior parte delle specie vegetali.

STADIO	DESCRIZIONE
0	Germinazione / germogliamento / sviluppo delle gemme
1	Sviluppo delle foglie (fusto principale)
2	Formazione dei germogli laterali / accestimento
3	Allungamento del fusto principale o crescita della rosetta / sviluppo del germoglio principale
4	Sviluppo delle parti vegetative che andranno raccolte o sviluppo degli organi per la propagazione vegetativa / stadio di botticella (culmo principale)
5	Emergenza delle infiorescenze (fusto principale) / spigatura
6	Fioritura (fusto principale)
7	Sviluppo dei frutti
8	Maturazione dei frutti e dei semi
9	Senescenza, inizio della dormienza

In questo lavoro viene utilizzata la scala BBCH per descrivere gli stadi fenologici di crescita del carciofo dalla fase di germinazione, o sviluppo dei germogli, fino alla fase di senescenza. Per il carciofo la scala ha inizio con lo stadio 0, rappresentato dalla germinazione del seme o dallo sviluppo delle gemme nel caso in cui il carciofo venga propagato tramite ovuli o una carciofaia poliennale si origini da ceppaia.

La fase relativa all'attività vegetativa è descritta con due fasi corrispondenti allo sviluppo fogliare (stadio 1) e di sviluppo della rosetta (fase 3) La fase di formazione e di sviluppo dell'infiorescenza viene descritta nella fase 5 e la fioritura nella fase 6. Successivamente, lo sviluppo dei semi (fase 7), la maturazione del capolino e dei semi (fase 8), e la senescenza (fase 9) completano la scala.

In carciofo per una descrizione dettagliata delle fasi da 5 a 8 è necessario utilizzare un codice numerico a tre cifre. In questo caso la prima cifra è riferita allo stadio fenologico principale, la seconda si riferisce al fusto principale o all'ordine della ramificazione su cui si trova l'organo osservato, la terza si riferisce al grado di sviluppo dell'organo, espresso come valore ordinale o come percentuale.

3. Il carciofo

Il carciofo (*Cynara cardunculus* (L.) var. *Scolymus* (Fiori)) appartiene alla famiglia delle Asteracee, sottofamiglia Tubuliflorae, tribù Cynareae. È una pianta erbacea perenne originaria del bacino del Mediterraneo, (Sonnante *et al.*, 2007) coltivata prevalentemente per l'utilizzo delle infiorescenze immature (capolini), utilizzabili sia per il consumo fresco sia destinate all'industria di trasformazione, soprattutto per la produzione di prodotti sott'olio o per il surgelamento (Bianco 1990).

Il carciofo è caratterizzato da un lungo ciclo colturale con una durata che va da 7 a 10 mesi. Il ciclo biologico naturale inizia in autunno con le prime abbondanti piogge e termina con i primi caldi primaverili, dopodiché la pianta va in riposo estivo. Nelle aree di coltivazione più importanti è pratica comune anticipare ai mesi estivi l'epoca di risveglio della pianta mediante l'irrigazione allo scopo di ottenere un notevole anticipo della produzione (Magnifico, 1984). Tale pratica, definita forzatura, è legata alla disponibilità idrica ed è, in ambito mediterraneo, una tecnica colturale molto diffusa.

La coltivazione del carciofo può essere effettuata in un ampio range di suoli con produzioni massime ottenute in terreni profondi, ben drenati e fertili e con una tessitura che va da limo-sabbiosi a limo argillosi. La produzione di massa secca per questa coltura è molto elevata, secondo quanto riportato in letteratura, ma altamente influenzata dalla cultivar e dall'ambiente (Elia e Conversa, 2007).

Il carciofo resiste bene fino a 0 °C, anche se a questa temperatura i capolini mostrano danni alla cuticola delle brattee. Intorno a -4 i capolini diventano non commerciabili; tra -4 e -8 anche le foglie vengono danneggiate e oltre -10 subiscono danni anche le gemme ipogee più superficiali. Le temperature di crescita ottimali per la pianta sono di 24 °C durante il giorno e 13 °C durante la notte, sebbene la pianta abbia un range compreso tra 7-29 °C (Schrader e Mayberry, 1997).

4. Le osservazioni

La scala proposta deriva dalle osservazioni e dalle misurazioni effettuate in diversi siti di coltivazione del carciofo in Sardegna, caratterizzati da clima mediterraneo con estati calde e siccitose e da inverni miti.

- 527 le brattee del capolino di secondo ordine cominciano a divergere, le brattee centrali assumono una colorazione violetta brillante
- 529 primo fiore formato nelle infiorescenze di secondo ordine
- 5N1 il capolino di n° ordine è visibile
- 5N3 gli steli di n° ordine si accrescono; i capolini di n° ordine si accrescono
- 5N5 il capolino di n° ordine ha raggiunto la dimensione ottimale per la raccolta (la dimensione massima del capolino a brattee serrate è stata raggiunta)
- 5N7 le brattee del capolino di n° ordine cominciano a divergere, le brattee centrali assumono una colorazione violetta brillante
- 5N9 primo fiore formato nelle infiorescenze di n° ordine

Stadio principale di crescita 6. Fioritura

- 60 600 primi fiori visibili nel capolino principale
- 61 601 10% dei capolini in fioritura
- 63 603 30% dei capolini in fioritura
- 65 605 50% dei capolini in fioritura
- 67 607 70% dei capolini in fioritura
- 69 609 fine della fioritura
- 620 primi fiori visibili nel capolino secondario
- 621 inizio della fioritura nei capolini di secondo ordine: 10% dei fiori visibili
- 625 fioritura completa nei capolini di secondo ordine: almeno il 50% dei fiori sono visibili
- 627 i fiori del capolino di secondo ordine scoloriscono
- 629 fine della fioritura sui capolini di secondo ordine

- 6N0 primi fiori visibili nel capolino secondario
- 6N. gli stadi si ripetono
- 6N9 fine della fioritura sui capolini di secondo ordine

Stadio principale di crescita 7. Sviluppo dei frutti

- 71 701 i semi sono formati ed iniziano ad espandersi
- 75 705 i semi del 50% dei capolini ha raggiunto la dimensione finale
- 79 709 i semi del 90% dei capolini ha raggiunto la dimensione finale
- 721 i semi dei capolini di secondo ordine sono formati ed iniziano ad espandersi
- 725 il 50% dei semi dei capolini di secondo ordine sono formati ed iniziano ad espandersi
- 729 il 90% dei semi dei capolini di secondo ordine sono formati ed iniziano ad espandersi
- 7N1 i semi dei capolini di n° ordine sono formati ed iniziano ad espandersi
- 7N5 il 50% dei semi dei capolini di n° ordine sono formati ed iniziano ad espandersi
- 7N9 il 90% dei semi dei capolini di n° ordine sono formati ed iniziano ad espandersi

Stadio principale di crescita 8. Maturazione del capolino e dei semi

- 80 800 la parte superiore del primo capolino ha una colorazione giallo-bruna. I fiori maturi sono ancora presenti
- 81 801 10-20% dei capolini presenta nella parte superiore una colorazione giallo-bruna
- 82 802 20-30% dei capolini presenta nella parte superiore una colorazione giallo-bruna
- 83 803 < 20% dei capolini ha una colorazione completamente giallo bruna
- 84 804 > 20% dei capolini ha una colorazione completamente giallo bruna
- 85 805 50% dei capolini ha una colorazione completamente giallo bruna. Solo alcuni fiori sono ancora visibili
- 86 806 il pappo diviene visibile nel capolino principale, la parte superiore del capolino si allarga
- 87 807 < 20% dei capolini con pappo visibile e sono completamente aperti

- 88 808 > 20% dei capolini con pappo visibile e sono completamente aperti
- 89 809 la maggior parte dei capolini sono completamente aperti e completamente secchi. I semi sono maturi
- 820 la parte superiore del capolino di secondo ordine ha una colorazione giallo-bruna. I fiori maturi sono ancora presenti
- 821 10 % del capolino di secondo ordine presenta nella parte superiore una colorazione giallo-bruna
- 823 30% del capolino presenta una colorazione giallo-bruna
- 825 50% del capolino ha una colorazione completamente giallo bruna. Solo alcuni fiori sono ancora visibili
- 826 il pappo diviene visibile nel capolino di secondo ordine, la parte superiore del capolino si allarga
- 829 capolino di secondo ordine completamente aperto e secco. I semi sono maturi
- 8N0 la parte superiore del capolino di n° ordine ha una colorazione giallo-bruna. I fiori maturi sono ancora presenti
- 8N. gli stadi continuano fino a
- 8N9 capolino di secondo ordine completamente aperto e secco. I semi sono maturi .

Stadio principale di crescita 9. Senescenza

- 91 sviluppo del fusto completato, inizio della senescenza delle foglie
- 92 foglie basali morte, ovoli formati, continua la senescenza delle foglie dello stelo.
- 93 l'umidità dello stelo è di circa il 70%; umidità dei capolini circa 25%; la maggior parte delle foglie sono morte
- 95 l'umidità dello stelo è di circa il 50% con una colorazione che passa dal verde al giallo; umidità dei capolini circa 12%; la maggior parte delle foglie sono morte
- 97 l'umidità dello stelo è di circa il 30%, inizio della dispersione dei semi
- 99 la parte epigea della pianta è morta (umidità 10%). Rizoma in dormienza

Stadio principale di crescita 0. Germinazione, germogliamento, sviluppo delle gemme

In ambiente mediterraneo per l'impianto della carciofaia si ricorre generalmente alla riproduzione agamica con "ovoli" (fig.1), carducci o parti di rizoma. Recentemente sono state introdotte anche delle varietà coltivate per via gamica; questo tipo di riproduzione consente di meccanizzare le operazioni di semina, migliorare lo stato sanitario della pianta e ottenere carciofaie omogenee.

Secondo i principi del sistema BBCH, la germinazione del seme e la germinazione delle colture perenni sono fasi di crescita analoghe (Hack et al., 1992) e vengono codificate nello stadio principale 0 (BBCH 01-09).



Foto 1. Ovoli quiescenti e semi di carciofo (fase 00)

Lo sviluppo di una pianta di carciofo proveniente da un seme inizia con la fase di “seme dormiente” (BBCH 00), e si conclude con la fase definita “emergenza”, quando i cotiledoni emergono dalla superficie del suolo (BBCH 09).

Attualmente la semina diretta delle cultivar ibride non viene adottata a causa dell’alto costo del seme, pertanto si ricorre alla semina in contenitori alveolati e all’allevamento delle piantine in vivaio. Il trapianto avviene in genere dopo 35-50 giorni dalla semina, quando le piantine hanno raggiunto lo stadio di 3-4 foglie vere e presentato un apparato radicale ben formato.

Nel caso in cui lo sviluppo della pianta di carciofo avviene a partire da ovuli o gemme, la fase BBCH 00 è rappresentata dall’ovulo (o dalle gemme) quiescente. Gli ovuli sono delle ramificazioni ipogee del fusto che si formano in seguito all’evoluzione prima e al disseccamento poi dei carducci quando le piante entrano in fase di riposo. Hanno una forma allungata, quasi cilindrica, sono fibrosi, lunghi circa 10 cm, con 2-3 cm di spessore. Sono forniti di una gemma apicale e di 2-3 gemme laterali immature quiescenti. Anche nel caso in cui la pianta di carciofo si sviluppi a partire da ovulo o gemme sulla ceppaia, la prima fase termina con l’emergenza delle foglie attraverso la superficie del terreno fase (BBCH 09).

Nelle carciofaie di secondo anno la coltura del carciofo ha inizio dopo la diciocatura, operazione che consiste nell’asportazione della vegetazione secca dell’annata precedente. Viene effettuata nel periodo estivo ed ha lo scopo di favorire lo sviluppo dei nuovi germogli. Secondo la scala BBCH il rizoma dormiente viene codificato con il codice 00. Successivamente, diverse gemme poste sul rizoma si svilupperanno dando origine ai nuovi germogli (che possono arrivare ad essere anche 10 per pianta); anche in questo caso la fase termina con l’emergenza della foglia attraverso la superficie del terreno.

Stadio principale di crescita 1. Sviluppo fogliare

Questo fase (BBCH 10-19) descrive lo sviluppo aereo delle giovani piante (foto da 2.1 a 2.4). Lo sviluppo da ovulo ha inizio con l’espansione della prima foglia, mentre nel caso delle colture al secondo anno, si svilupperanno diversi carducci e di conseguenza saranno emesse diverse foglie che si svilupperanno contemporaneamente (fase 10). In questa fase il numero di foglie con picciolo indica lo stadio osservato e determina la seconda cifra del codice BBCH di questa fase mentre le foglie giovani senza picciolo non vengono considerate.



Foto 2.1: Fase 10



Foto 2.2: Fase 13



Foto 2.3: Fase 16



Foto 2.4: Fase 19

La pianta è caratterizzata da foglie di colore verde di diversa tonalità e tendente al grigiastro nella pagina inferiore. Gli stomi sono presenti in ambedue le pagine anche se si trovano in maggiore quantità in quella inferiore. La forma e il margine delle foglie varia in funzione della cultivar e l'età delle foglie. Un altro carattere varietale è la spinosità delle foglie; le varietà tipicamente spinose hanno foglie con spine lunghe e giallastre; mentre le foglie delle varietà inermi possono talvolta portare piccole spine.

Lo sviluppo fogliare da seme inizia dopo che i cotiledoni sono completamente aperti, prosegue con la formazione delle foglie vere e termina nel momento in cui sono visibili almeno nove foglie (fase 19; foto 2.4).

In accordo con quanto osservato in altri studi su specie erbacee perenni (Proctor et al., 2003; Archontoulis et al., 2010) lo sviluppo fogliare di piante derivanti da ceppaie al secondo anno è molto veloce rispetto a quanto è possibile osservare nelle piante derivanti da seme o da ovulo. Questo fatto è da attribuire alle sostanze di riserva, precedentemente immagazzinate nelle radici, che supportano la crescita.

Questo stadio si sovrappone allo stadio 3, quindi, quando una piccola rosetta è visibile (generalmente allo sviluppo della sesta foglia), per la descrizione dello sviluppo della coltura viene utilizzata la fase più avanzata, ovvero il grado di copertura del suolo raggiunto dalla coltura.

Stadio principale di crescita 2. Formazione dei germogli laterali / accestimento

Questo stadio di sviluppo non è applicabile nella descrizione del carciofo.

Stadio principale di crescita 3. Sviluppo della rosetta

Questa fase descrive lo sviluppo della rosetta valutandola in base al grado di copertura del suolo da parte delle foglie. Le fasi iniziano con la 31 che indica il ricoprimento del 10% del suolo e termina con la fase 39 che indica il 90% di copertura del suolo da parte delle foglie.

Durante questa fase le foglie aumentano la loro dimensione per via dell'allungamento ed espansione della lamina fogliare.



Foto 3.1: Fase 35



Foto 3.2: Fase 37

Stadio principale di crescita 4. Sviluppo delle parti vegetative che andranno raccolte o sviluppo degli organi per la propagazione vegetativa

Questo stadio di sviluppo non è applicabile nella descrizione del carciofo.

Stadio principale di crescita 5. Emergenza dell'infiorescenza e sviluppo

Questa fase descrive, con un codice a due cifre, la morfologia e lo sviluppo dell'infiorescenza nell'intera pianta, usando come riferimento lo stelo principale.

Per la descrizione dei capolini e delle ramificazioni laterali viene utilizzato un codice a tre cifre dove il primo numero (5) è riferito alla fase principale (emergenza del capolino), il

secondo fa riferimento alla ramificazione laterale osservata (n) e il terzo numero descrive la fase di sviluppo raggiunta dal capolino (n).

Nella fase 51 lo stelo principale inizia ad allungarsi, il capolino è nascosto tra le foglie e non è pertanto facilmente individuabile.

Durante la fase 53 il fusto principale ha raggiunto il 30% della sua altezza finale (visibile) e il capolino continua ad accrescersi; sull'asse principale sono visibili le ramificazioni laterali ciascuna portante all'estremità un capolino. All'estremità di ogni ramificazione (1°, 2°, 3°, 4° ordine) si sviluppa un capolino che, a causa della dominanza apicale, avrà dimensione decrescente all'aumentare dell'ordine della ramificazione su cui è inserito. Il capolino varia in forma, dimensioni e peso a seconda del tipo varietale arrivando anche a superare i 400 grammi. Le forme del capolino possono ricondursi schematicamente a quella cilindrica (Masedu), ellissoidale (Violetto di Toscana), ovoidale (Violetto di Provenza), conica (Spinoso Sardo), cilindro-conica (Catanese), sferica (Romanesco), e sub-sferica (*Gros Camus de Bretagne*) (Bianco, 1990).

Durante lo stadio 55 il capolino principale raggiunge la dimensione massima con brattee serrate (momento ottimale per la raccolta). Lo sviluppo della pianta continua con la produzione di nuove branche e di nuovi capolini, l'allungamento di quelle più vecchie e con l'accrescimento dei capolini stessi.



Foto 4.1: Fase 51



Foto 4.2: Fase 51



Foto 4.3: Fase 53



Foto 4.4: Fase 55



Foto 4.5: Fase 57



Foto 4.6: Fase 59

Nella fase 57 le brattee esterne del capolino principale si decolorano e iniziano a divergere, le brattee interne assumono una colorazione violetta brillante a cominciare dalla zona centrale mentre all'apice compaiono delle spine (capolino ultramatturo). Le ramificazioni laterali

hanno raggiunto il 70% del loro sviluppo totale, i capolini presenti continuano ad accrescersi e nuovi capolini vengono formati.

La fase principale 5 si conclude con la fase 59, corrispondente alla pianta con asse fiorale principale completamente allungato e il primo fiore è formato nel capolino principale. Inoltre, durante questa fase le ramificazioni laterali hanno raggiunto il 90% del loro sviluppo massimo e il 90 % dei capolini è stato prodotto. Si ricorda che l'altezza dell'asse fiorale varia a seconda delle varietà fra 40-80 cm, ma può superare anche i 120 cm, mentre il numero finale di infiorescenze per pianta è fortemente influenzato dalla cultivar, dalla tecnica colturale e dalle condizioni ambientali e può variare tra 4-5 e 16-18.

Il carciofo ha un periodo di raccolta molto lungo. Si inizia verso la fine di settembre nella coltura irrigua risvegliata precocemente in estate. Si conclude agli inizi di giugno nella coltura tardiva dell'Italia centro-settentrionale.

Considerata la scalarità della comparsa dei capolini, il numero delle raccolte risulta molto variabile, andando da un numero di 3-4 nelle varietà tardive a maturazione concentrata, ad un massimo di 15-20 nelle varietà più precoci a fioritura continua. Di conseguenza il periodo di raccolta può variare da 20-25 fino a 180-200 giorni in relazione alla varietà e all'andamento climatico stagionale. In linea di massima una carciofaia può produrre da 50.000 a 100.000 capolini per ettaro, corrispondenti a un peso di 60-120 quintali (Bianco, 1990).

Stadio principale di crescita 6. Fioritura

In questa fase viene considerata la fioritura della pianta valutandola in base alla percentuale di capolini fioriti.

Lo stadio 60 rappresenta la fioritura del capolino principale; le fasi da 61 a 69 rappresentano la progressiva fioritura dei capolini, dal 10% al 90%, rispettivamente.

La fioritura all'interno di un capolino è di tipo scalare e si completa nel giro di 3-5 giorni ed avviene in senso centripeto (dall'esterno verso l'interno). I fiori, detti "flosculi", a completa maturità sono tubulosi, azzurro-violacei, ermafroditi e proterandri. Lo stigma diventa recettivo in un periodo di tempo variabile, a seconda delle varietà, tra i 4-5 e gli 8 giorni dopo l'antesi, quando generalmente il polline dello stesso fiore ha già perso la facoltà di germinazione che dura solo 3-4 giorni. Quindi l'autofecondazione dello stesso fiore è quasi impossibile, mentre l'autoimpollinazione dello stesso capolino (gitonogamia) è possibile grazie alla fioritura scalare.

Durante la fioritura la parte terminale delle brattee cambia colore andando dal verde al rosso scuro per arrivare al giallo bruno nelle fasi successive alla fioritura.



Foto 5. capolino in fioritura

Stadio principale di crescita 7. Sviluppo dei frutti

Questa fase descrive lo sviluppo dei semi. Dopo la fecondazione i semi iniziano a formarsi dall'esterno verso l'interno del ricettacolo in maniera centripeta.

Lo Stadio 7 avviene parallelamente alla fase 6 e talvolta si sovrappone con la fase 8 a causa del modello di crescita indeterminata della coltura.

Tre stadi di crescita secondari sono così definiti:

- fase 71 è riferita al capolino principale e si ha quando i semi sono formati ed iniziano ad espandersi;
- fase 75 quando i semi del 50% dei capolini presenti hanno raggiunto la dimensione massima;
- fase 79 quando i semi del 90% dei capolini presenti hanno raggiunto la dimensione massima.

I semi completamente formati sono attaccati al ricettacolo ancora molle. Con lo sviluppo dei capolini e dei semi la crescita vegetativa rallenta notevolmente e si ha la senescenza delle foglie basali.

Il frutto è un achenio tetragono-costato, di colore grigiastro bruno e screziato, commercialmente indicato come seme. Il peso di 1.000 acheni può oscillare tra 30 e 70 g.

Stadio principale di crescita 8. Maturazione del capolino e dei semi

Questa fase descrive la maturazione dei capolini e dei semi. Durante la maturazione i capolini iniziano a cambiare colore dall'alto verso il basso e a ridurre il loro contenuto di umidità (fase 80). Nella fase 81 il 10-20% dei capolini per pianta ha subito una decolorazione della parte superiore del capolino, passando dal rosso al giallo-bruno; la fase 82 è raggiunta quando nel 20-30% dei capolini è avvenuta la decolorazione della parte superiore dei capolini.



Foto 6.1: fase 85



Foto 6.2: fase 89

Con il progredire della maturazione e della riduzione del contenuto di umidità nel capolino, si ha anche il progressivo cambiamento di colore dell'intero capolino. Si considera che un capolino ha cambiato completamente colore solo quando il colore giallo-bruno copre almeno un terzo del capolino stesso.

Quando il colore si intensifica e più capolini diventano completamente gialli, si hanno le fasi 83 (< 20%) e 84 (> 20%) , rispettivamente.

La fase 85 si riferisce alla maturità avanzata raggiunta quando almeno il 50% dei capolini hanno assunto una colorazione giallo-bruno.

Durante le fasi che vanno dalla 80 alla 85, i fiori maturi sono ancora presenti e il calice si trasforma in pappo, struttura atta a facilitare la dispersione dei semi.

La fase 86 indica che il pappo, di solito sul capolino primario, è diventato visibile. La formazione del pappo è accompagnata dall'allargamento della parte superiore del capolino.

L'apertura di più capolini per pianta (< 20% aperti fase 87, > 20% raggiungimento della fase 88). Nella fase 89 la maggior parte dei capolini sono di colore giallo-bruno, con un ridotto contenuto di umidità e il pappo è chiaramente visibile. Nella parte inferiore di ogni pappo è presente un seme (achenio) a sua volta inserito sul ricettacolo. In corrispondenza della fase 89, i semi sono completamente maturi, hanno assunto una colorazione marrone e hanno un contenuto di umidità compreso fra 9-15%. Il ricettacolo è completamente secco, da esso si liberano i semi che vengono dispersi grazie alla presenza del pappo.

Stadio 9. Senescenza

Durante questa fase, che rappresenta la senescenza della pianta, si ha la graduale senescenza dell'apparato fogliare e una progressiva diminuzione del contenuto di umidità degli steli e dei capolini fino ad arrivare ad un completo disseccamento della porzione aerea e l'entrata in dormienza della pianta. In ambiente mediterraneo questa fase si verifica nei mesi tardo primaverili (maggio giugno) quando, a causa dell'elevata temperatura e del deficit idrico, la parte aerea dissecca e le gemme situate nel rizoma entrano in riposo vegetativo.

Nella fase 91 la pianta ha terminato il suo sviluppo e si ha l'inizio dell'ingiallimento e disseccamento dei rami e delle foglie. Nella successiva fase 92 le foglie basali sono completamente secche e gli ovuli sono formati. Successivamente si assiste alla riduzione del contenuto di umidità del fusto, dal 70% (fase 93) al 50% (stadio 95), quindi al 30% (fase 97) ed infine al 10% (fase 99) e ad un progressivo cambio di colore dal verde fino ad osservare un colore marrone scuro.

Lo stadio 9 avviene contemporaneamente alla fase 8. Il numero di capolini in fase di maturazione può essere mantenuto come codice supplementare.

6. Discussione e conclusioni

La scala BBCH proposta è in grado di fornire una descrizione dettagliata e accurata dei principali eventi fenologici, consente l'identificazione delle fasi di crescita principali e dei loro rispettivi stadi secondari in carciofo.

Il ciclo fenologico è suddiviso in due fasi una vegetativa e una riproduttiva. La fase relativa all'attività vegetativa è descritta con due fasi corrispondenti allo sviluppo fogliare (stadio 1) e uno allo sviluppo della rosetta (fase 3) La fase di formazione e di sviluppo dell'infiorescenza viene descritta nella fase 5 fino ad arrivare alla fase di senescenza (fase 9).

Le fasi di crescita fenologiche identificate sono specifiche per la specie, ma il momento in cui ogni fase viene raggiunto differisce tra cultivars ed in funzione del periodo del trapianto.

Considerando l'epoca di raccolta, in carciofo si sogliono infatti distinguere varietà a produzione autunnale e varietà a produzione primaverile. Le prime, dette anche "precoci" o "riflorenti", assicurano una produzione pressoché continua tra l'autunno e la primavera e comprendono il *Violetto di Sicilia* con le varie forme ad esso ascrivibili (*Masedu*, *Molese* etc.), lo *Spinoso Sardo*, il *Violetto Spinoso di Palermo*, il *Violetto di Provenza*, il *Violet Margot*, il *Blanca de Tudela*. Le seconde, indicate anche come "unifere" o "tardive", forniscono produzioni solo primaverili ed includono i tipi *Romaneschi* e il *Violetto di Toscana*, diffusi in Campania, Lazio e Toscana, *Camus de Brétagne*, *Blanc Hyérois*.

Il periodo di raccolta ha dunque una durata variabile in funzione della cultivar, per cui il numero delle raccolte risulta molto variabile, andando da un numero di 3-4 nelle varietà tardive a maturazione concentrata, ad un massimo di 15-20 nelle varietà più precoci, a fioritura continua.

Le fasi BBCH più importanti che richiedono una particolare attenzione da parte degli agricoltori e ricercatori che si occupano di questa specie sono le prime tre, durante le quali risulta fondamentale l'accurata gestione delle pratiche colturali quali concimazione, controllo delle infestanti, trattamenti fitosanitari ed irrigazione. Soprattutto l'irrigazione risulta in ambiente mediterraneo di fondamentale importanza dove la forzatura delle carciofaie rappresenta una pratica consolidata.

Nelle cultivar precoci con ciclo forzato, la fioritura generalmente viene osservata su capolini provenienti da carducci secondari che portano a termine il loro ciclo, mentre nelle cultivar tardive viene generalmente osservata su capolini della pianta principale non raccolti.

7. Bibliografia

- Attibayéba Elie N.-M., S'érina N.J., Dianga J.G.C., Francois M.-Y. (2010) Description of different growth stages of *Sesamum indicum* L. using the extended BBCH scale. *Pakistan Journal of Nutrition*, **9**, 235–239.
- Archontoulis S.V, Struik P.C., Danalatos J. Vos & N.G.(2010) Phenological growth stages of *Cynara cardunculus*: codification and description according to the BBCH scale. *Annals of Applied Biology*, 253–270.
- Bianco V.V. (1990) Carciofo (*Cynara scolymus* L.). In *Orticultura*, pp. 209–251. Eds V.V. Bianco and F. Pampini. Bologna, Italy: Patron.
- Bruns E., van Vliet A.J.H. (2003) Standardisation of phenological monitoring in Europe. Final report of European Phenology Network Project. Environmental Systems Analysis Group, pp. 5–10 and 65–71. Wageningen, the Netherlands: Wageningen University.
- Bruns E., Chmielewski F.-M., van Vliet A.J.H. (2003) The global phenological monitoring concept. In *Phenology: An Integrative Environmental Science. Tasks for Vegetation Science*. Vol. 39, pp. 93–104. Ed. M. Schwarz. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.
- Hack H., Bleiholder H., Buhr L., Meier U., Schnock-Fricke E., Weber E., Witzemberger A. (1992) Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen—Erweiterte BBCH-Skala, Allgemein. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes*, **44**, 265–270.
- Hess M., Barralis G., Bleiholder H., Buhr L., Eggers Th, Hack H. and Stauss R.(1997). Use of the extended BBCH scale – general for the description of the growth stages of mono- and dicotyledonous weed species. *Weed research*, Volume 37, 433-441.
- Jefferies R.A., Lawson H.M. (1991) A key for the stages of development of potato (*Solanum tuberosum*). *Annals of Applied Biology*, **119**, 387–399.
- Knott C.M. (1990) A key for stages of development of the faba bean (*Vicia faba*). *Annals of Applied Biology*, **116**, 391–404.
- Meier U. (1997) *BBCH–Monograph. Growth stages of plants – Entwicklungsstadien von Pflanzen – Estadios de las plantas Developpement des Plantes*. Berlin und Wien: Blackwell Wissenschaftsverlag, p 622.
- Meier U. (2003) Phenological growth stages. Mono- and dicotyledonous plants. In *Phenology: An Integrative Environmental Science. Tasks for Vegetation*

- Science. Vol. 39, pp. 269–283. Ed. M. Schwarz. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.
- Meier U., Bleiholder H., Buhr L., Feller C., Hack H., Heß M., Lancashire P. D, Schnock U, Stauß R., Van den Boom T., Weber E., Zwerger P.(2009). The BBCH system to coding the phenological growth stages of plants-history and publications. *JOURNAL FÜR KULTURPFLANZEN*, 61 41–52.
- Magnifico V. (1984). Le esigenze nutrizionali del carciofo. *Informatore Agrario*, 23 45-47.
- Meier U., Bleiholder H., Brumme H., Mehring B., Proll T., Wiegand J. (2009) Phenological growth stages of roses (*Rosa* sp.): codification and description according to the BBCH scale. *Annals of Applied Biology*, **154**, 231–238.
- Niemenak N., Cilas C., Rohsius C., Bleiholder H., Meier U., Lieberei R. (2010) Phenological growth stages of cacao plants (*Theobroma* sp.): codification and description according to the BBCH scale. *Annals of Applied Biology*, **156**, 13–24.
- Proctor J.T.A., Dorais M., Bleiholder H., Willis A., Hack H., Meier V. (2003) Phenological growth stages of North American ginseng (*Panax quinquefolius*). *Annals of Applied Biology*, **143**, 311–317.
- Saska M.M., Kuzovkina Y.A. (2010) Phenological stages of willow (*Salix*). *Annals of Applied Biology*, **156**, 431–437.
- Schrader, W.L. and K.S. Mayberry. 1997. Artichoke production in California. University of California. Agriculture and Natural Resources. Publication 7221. 4p.
- Smith J.M., Froment M.A. (1998) A growth stage key for winter linseed (*Linum usitatissimum*). *Annals of Applied Biology*, **133**, 297–306.
- Sonnante G., Pignone D., Hammer K. (2007) The domestication of artichoke and cardoon: from Roman times to the genomic age. *Annals of Botany*, **100**, 1095–1100.
- Tottman D.R. (1977) The identification of growth stages in winter wheat with reference to the application of growth-regulator herbicides. *Annals of Applied Biology*, **87**, 213–224.
- van Vliet A.J.H., de Groot R.S., Bellens Y., Braun P., Bruegger R., Bruns E., Clevers J., Estreguil C., Flechsig M., Jeanneret F., Maggi M., Martens P., Menne B., Menzel A., Sparks T. (2003) The European phenology network. *International Journal of Biometeorology*, **47**, 202–212.
- Zadoks J.C., Chang T.T., Konzak C.F. (1974) A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, **14**, 415–421.

Dinamica dell'assorbimento minerale in *Cynara cardunculus* var *scolymus*

1. Introduzione

È ormai noto che l'agricoltura debba assicurare non soltanto la produzione alimentare nel rispetto della salute dei consumatori, ma anche conservare le risorse ambientali che utilizza e con cui interagisce. Negli ultimi anni è diventato evidente come l'utilizzo scorretto di fertilizzanti in agricoltura rappresenti una potenziale fonte di inquinamento per il suolo e per le acque sotterranee.

Oggi è universalmente accettato l'utilizzo dei concimi minerali come pratica per migliorare le produzioni dal punto di vista qualitativo e quantitativo e fra i fertilizzanti utilizzabili, la concimazione azotata, nelle sue diverse forme minerali, è sicuramente il più importante tra gli input di nutrienti in agricoltura.

L'uso eccessivo di fertilizzanti azotati ha comportato però negli anni, danni ambientali anche gravi, e questo è dimostrato dal fatto che le grosse quantità di fertilizzanti azotati distribuiti nelle aree ad agricoltura intensiva sono frequentemente associate all'incremento dei nitrati nelle acque sotterranee (Doltra et al., 2007). È quindi necessario migliorare l'efficienza della concimazione e nel contempo diminuire i rischi ambientali e i costi colturali senza ridurre però le produzioni.

La riduzione delle quantità di fertilizzanti distribuiti è oggi un importante obiettivo di produzione sostenibile per molte colture orticole (Tagliavini et al., 1996) fra le quali rientra sicuramente anche il carciofo.

È necessario pertanto ottenere le curve di assorbimento dei nutrienti in funzione del tempo e in condizioni non limitanti per la coltura (Bar-Yosef, 1991). La curva di assorbimento dei nutrienti definisce il quantitativo ottimale di applicazione di un determinato nutriente che è in grado di evitare sia le carenze che gli eccessi nutritivi. Questi dati costituiscono le basi degli accorgimenti atti alla pianificazione di una concimazione efficiente.

In relazione alle elevate quantità di biomassa prodotta, il carciofo viene considerata una coltura ad alto input, per cui l'apporto di nutrienti nel terreno sotto forma di fertilizzanti chimici o organici rappresenta una pratica consolidata ed essenziale che assicura il miglioramento delle produzioni sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo.

L'assorbimento di nutrienti da parte del carciofo è stato studiato da differenti autori (Knott, 1962; Prats, 1970; Magnifico e Lattanzio, 1976; Moulinier, 1980). Sono inoltre disponibili dati sulle asportazioni del carciofo a maturazione precoce tipo catanese (Magnifico e Lattanzio, 1976 e 1981) mentre pochi dati sono invece disponibili per le varietà tardive tipo

romanesco (Graifenberg et al., 2004, Rosati, 2004) o varietà di recente introduzione come il Tema 2000.

Altri studi sulla fertilizzazione del carciofo si sono concentrati sulle relazioni esistenti tra l'azoto e la produzione (Khayyo et al., 2003; Pomares et al., 2004).

Tra i principali nutrienti, azoto e potassio, svolgono un ruolo essenziale e rappresentano gli elementi più importanti nella nutrizione delle piante. L'azoto è un elemento nutritivo primario necessario per ottenere la massima resa delle colture. A seconda della specie vegetale, della fase di sviluppo e dell'organo osservato, il contenuto di azoto necessario per la crescita ottimale varia tra 2 e 5% del peso secco (Marschner, 1995). L'importanza dell'azoto è dovuta al fatto che questo elemento è un componente essenziale dei composti metabolicamente attivi come proteine, enzimi, acidi nucleici e clorofilla; gioca un ruolo importante nella divisione cellulare, migliora la fotosintesi e determina un conseguente maggiore accumulo di sostanza organica nei tessuti vegetali. Quando l'azoto è un fattore limitante il tasso e l'entità della sintesi proteica vengono depressi e la crescita delle piante viene influenzata negativamente. Inoltre, lo sviluppo è stentato e le piante risultano clorotiche. Accanto all'azoto, il potassio è il nutriente minerale maggiormente assorbito dalle piante. La sua funzione è fondamentale nella osmoregolazione, nel mantenimento degli equilibri elettrochimici nelle cellule e nella regolamentazione delle attività enzimatiche (Hsiao e Läuchli, 1986). Il potassio svolge un ruolo chiave nella produzione di prodotti di qualità infatti migliora la dimensione dei frutti e stimola la crescita delle radici. Inoltre determina una maggiore resistenza contro parassiti, malattie e siccità, nonché alle basse temperature (Imas e Bansal, 1999).

In Sardegna la coltura del carciofo interessa, in termini di superficie e in termini economici, circa il 50% del comparto orticolo. Le varietà più diffuse in ordine di importanza sono: "Spinoso sardo", "Violetto di Provenza", "Tema 2000" e "Romanesco C3". Fra queste il "Romanesco C3" ha mostrato in questi anni il più significativo incremento delle superfici coltivate.

Per le varietà in oggetto: "Spinoso sardo", "Violetto di Provenza", "Tema 2000" e "Romanesco C3", l'obiettivo del presente studio è stato quello di determinare:

- Le curve di assorbimento di N, P, K, in ambiente mediterraneo.
- I periodi di massimo fabbisogno degli elementi nutritivi considerati.

2. Materiali e Metodi

L'attività sperimentale è stata condotta presso l'azienda sperimentale "Mauro Deidda" della Facoltà di Agraria dell'Università degli Studi di Sassari, nelle annate 2009-2010 e 2010-2011 su un suolo la cui composizione chimico-fisica è riportata in tabella 1.

Tabella 1 - Caratteristiche fisico-chimiche del suolo per le diverse classi di profondità.

	Caratteristiche fisiche							
Profondità (cm)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Terra fine (%)	Scheletro (%)	Capacità di campo (% vol.)	Punto di appassimento (% vol.)	Densità apparente (g m⁻³)
0-15	62,0	15,0	23,0	93,7	6,3	31,9	20,7	1,41
15-30	59,0	18,0	23,0	93,0	7,0	28,9	17,6	1,40
30-60	69,0	11,0	20,0	90,2	9,8	23,8	14,4	1,45

	Caratteristiche chimiche				
Profondità (cm)	pH	N totale (‰)	P₂O₅ (p.p.m.)	K₂O (p.p.m.)	Carbonio organico (%)
0-15	7,6	1,14	88,7	379,14	1,33
15-30	7,4	0,98	86,4	365,23	1,29
30-60	7	0,83	86,2	359,74	1,22

La ricerca è stata condotta a scala parcellare, su una superficie avente dimensioni di 50 × 20 m e quindi una superficie complessiva di 1000 mq ha⁻¹. La prova ha previsto la coltivazione di 4 varietà di carciofo (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* F.), secondo un disegno sperimentale a blocchi completi randomizzati con tre repliche. Le quattro varietà utilizzate, in entrambe le annate, sono state: Tema 2000, Spinoso sardo, Violetto di Provenza e Romanesco C3.

In entrambe le annate, a fine luglio si è proceduto alla preparazione del letto di semina attraverso l'aratura, seguita da una doppia erpicatura, una concimazione di fondo distribuendo 3q ha⁻¹ di 18-46, 3 q ha⁻¹ di solfato di potassio (0-0-50) e 1 q ha⁻¹ di urea (46-0-0).

Successivamente, si è proceduto al trapianto (1 agosto e 3 agosto rispettivamente nel 2009-2010 e 2010-2011) mediante l'impiego di ovuli alla distanza di 1,20 m tra le righe e 1,20 m tra le piante sulla stessa riga. L'adozione di tali distanze, superiori rispetto a quelle

tradizionalmente utilizzate, trova giustificazione nel fatto di voler limitare al massimo la competizione intraspecifica al fine di poter valutare le massime asportazioni realizzabili in condizioni di sviluppo ottimali.

Durante il ciclo colturale, sono stati distribuiti 70 kg ha⁻¹ di azoto per ciascun intervento (suddivisi in 46 kg ha⁻¹ di urea e 34 kg ha⁻¹ di nitrato ammonico) per 7 interventi in copertura nel corso del ciclo produttivo. Inoltre, a dicembre e febbraio sono stati distribuiti 92 kg ha⁻¹ di P₂O₅ e 150 kg ha⁻¹ di K₂O.

Con lo scopo di monitorare il ritmo di accrescimento delle piante, a partire dal mese successivo all'impianto e fino alla fine di marzo, mensilmente sono state prelevate delle piante e in particolare tre piante per parcella per il primo campionamento e due piante per parcella per i campionamenti successivi. Le piante sono state frazionate in radici, foglie, fusti e capolini (quando presenti) per il monitoraggio del peso fresco, della biomassa secca e per la misurazione della superficie fogliare tramite la quale è stato possibile calcolare il valore di LAI (Leaf Area Index). Tutti i componenti della pianta sono stati successivamente essiccati in stufa termo-ventilata ad una temperatura di 70°C, e successivamente pesati, macinati e destinati alle analisi chimiche di laboratorio per la determinazione del contenuto in N, P e K. I campioni di biomassa sono stati inviati a un laboratorio chimico privato (Laboratorio di Ricerca e Analisi, Larian, Pomezia, Roma) per la determinazione del contenuto in azoto, fosforo e potassio come N totale (%), e come P e K (%). L'analisi dei campioni è stata effettuata su due repliche per ogni campione. Le quantità di elementi nutritivi sono state calcolate moltiplicando il peso secco di ciascun organo per la concentrazione di elementi. La differenza nella quantità totale di elementi fra due campionamenti successivi rappresenta la quantità di elementi assorbita dalla pianta.

Le analisi statistiche sono state condotte secondo uno schema a blocchi randomizzati. È stata testata l'omogeneità della varianza e tutti i dati raccolti e gli indici calcolati sono stati elaborati utilizzando la procedura GLM del software statistico SAS (SAS Software, 1999). La discriminazione tra medie è stata condotta mediante utilizzo del test LSD protetto (Gomez and Gomez, 1976).

3. Risultati e discussione

In figura 1 sono riportati gli andamenti delle temperature massime e minime medie mensili osservate durante il ciclo di coltivazione.

Gli andamenti termometrici osservati nelle annate 2009-2010 (figura 1a) e 2010-2011 (figura 1b) hanno mostrato valori delle temperature massime e minime in linea con i valori riportati in figura 1c e relativi alla serie storica 1959-2009. Il primo anno di prova è stato caratterizzato da valori di temperatura massima osservate nel mese di agosto nettamente più elevate rispetto agli andamenti caratteristi del sito e a quanto osservato nel secondo anno di prova. Al primo anno anche le temperature massime osservate nel mese di dicembre sono risultate più elevate rispetto alla serie storica e a quanto osservato al secondo anno di prova. Al secondo anno, temperature più elevate sono state osservate in particolare nei mesi di gennaio con valori di temperatura massima decisamente più elevati rispetto a quelle osservate per lo stesso mese nel corso dell'annata 2009-2010.

Per quanto riguarda le temperature minime osservate nelle due annate di prova, valori termometrici inferiori sono stati osservati nei mesi di gennaio, marzo e aprile dell'annata 2009-2010. Va infine osservato che il mese di aprile delle annate 2010-2011 è stato caratterizzato da temperature minime particolarmente elevate.

Figura 1 - Andamento delle temperature massime (TMAX) e minime (TMIN) nell'annata 2009-2010 (A), 2010-2011 (B) e durante il periodo 1959-2009 (C).

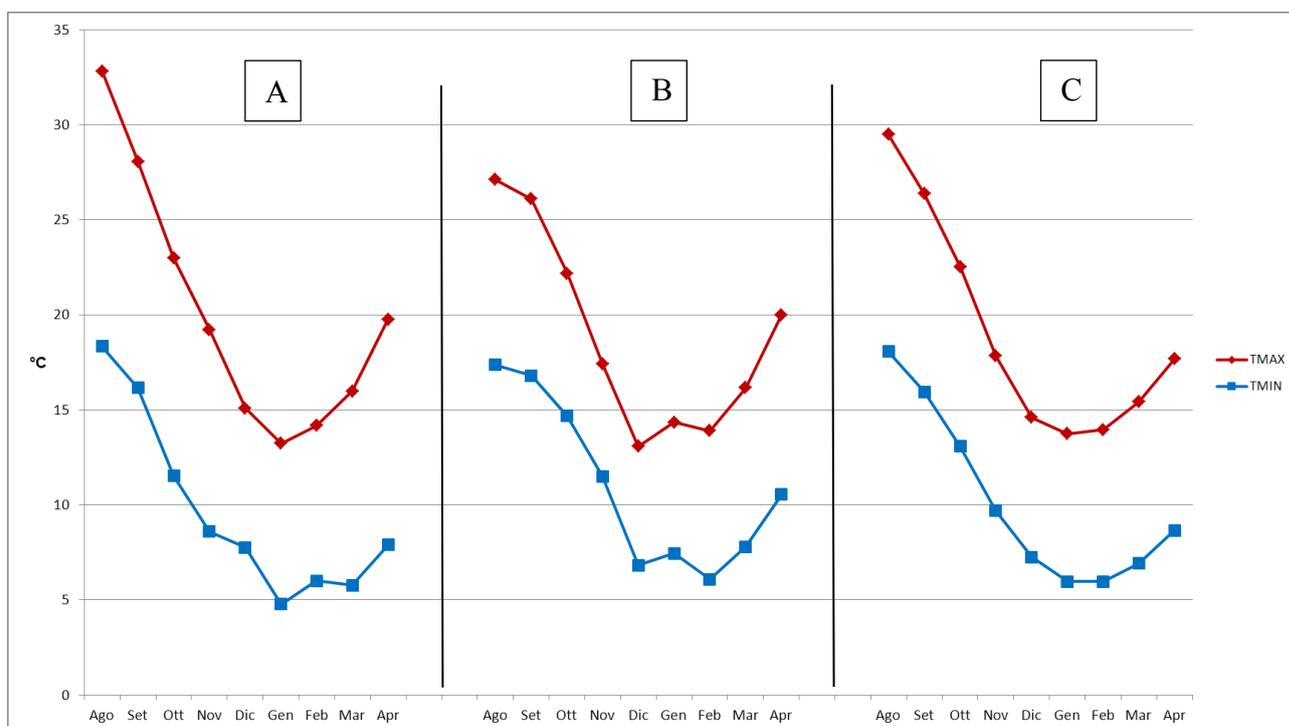
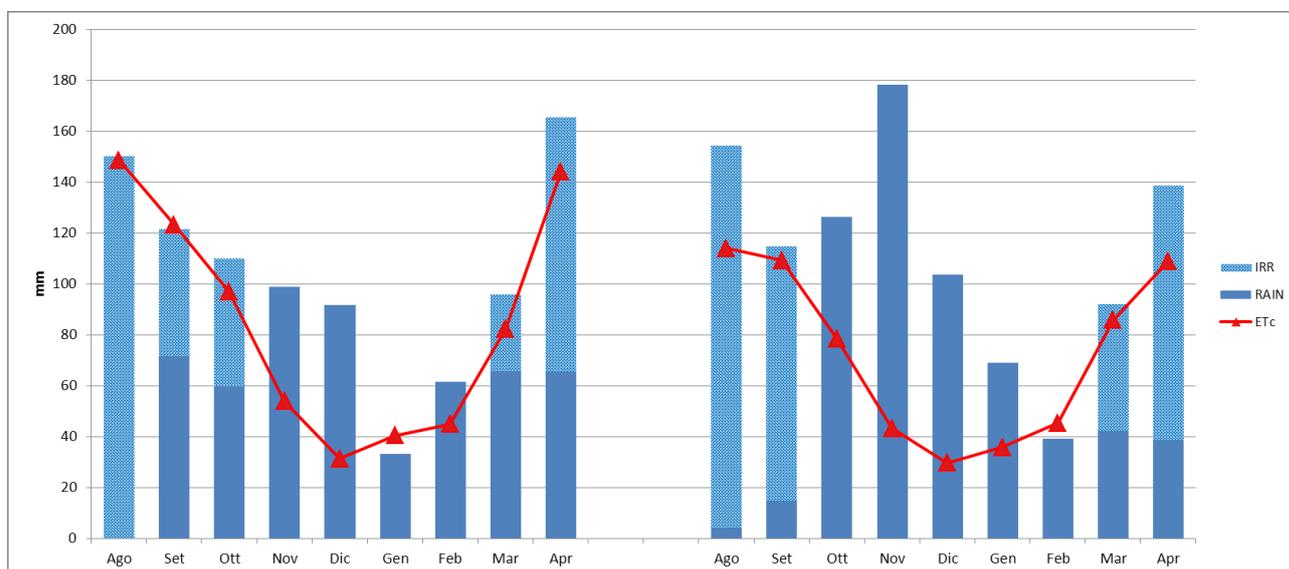


Figura 2 - Precipitazione (RAIN), irrigazione (IRR) ed evapotraspirazione (ETc) nei due anni di prova.



Gli andamenti delle precipitazioni osservati nelle due annate di prova hanno mostrato marcate differenze in particolare per quanto riguarda i mesi di novembre, dicembre e gennaio. In particolare, nel mese di novembre 2010 le precipitazioni sono state particolarmente consistenti raggiungendo quasi i 180 mm rispetto ai 100 mm mensili registrati nel mese di novembre 2009.

Nella due annate durante le quali si è svolta la prova, i valori di precipitazione non sono stati tali da garantire alla coltura una sufficiente disponibilità idrica, pertanto si è reso necessario l'integrazione dell'acqua disponibile per la coltura attraverso l'irrigazione condotta dal risveglio della coltura fino a tutto il mese di ottobre e durante i mesi di marzo e aprile in concomitanza con l'aumento delle temperature e conseguente deficit idrico primaverile.

Per il calcolo del volume d'adacquamento sono stati utilizzati i valori di evapotraspirazione potenziale ed i coefficienti colturali specifici per la coltura.

Nelle figure 3a e 3b sono riportati gli andamenti del Leaf Area Index (LAI) osservati sui quattro tipi varietali in prova. Il Tema 2000, essendo il tipo varietale più precoce, ha mostrato un anticipo nella senescenza, mentre la superficie fogliare massima è stata raggiunta, al secondo anno, con un mese di ritardo. Lo Spinoso sardo e la varietà Romanesco C3 hanno mostrato un andamento caratteristico in entrambe le annate, inoltre il tipo varietale Violetto di Provenza ha confermato, in entrambe le annate, la sua minore vigoria vegetativa.

Figura 3a – Evoluzione del LAI nell'annata 2009-10.

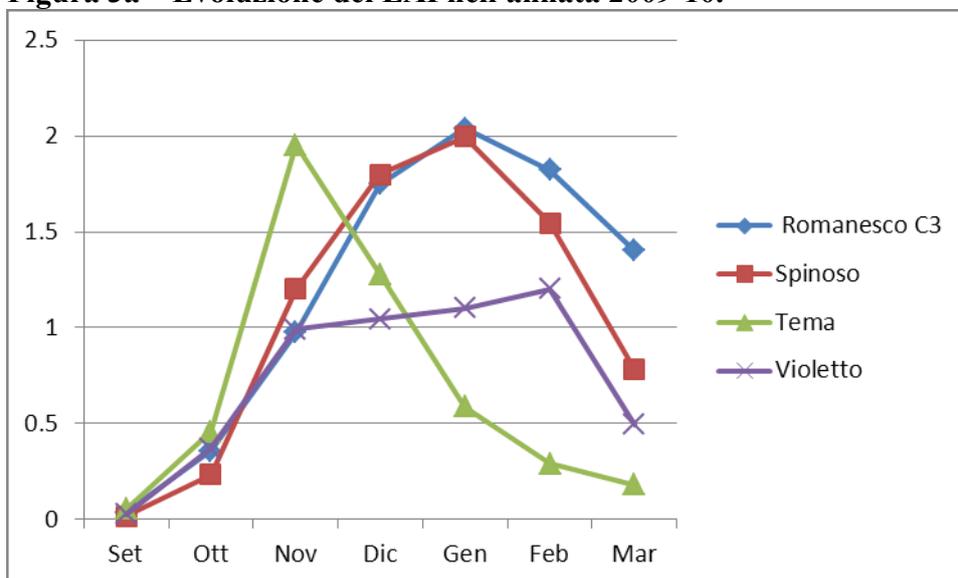


Figura 3b – Evoluzione del LAI nell'annata 2010-2011.

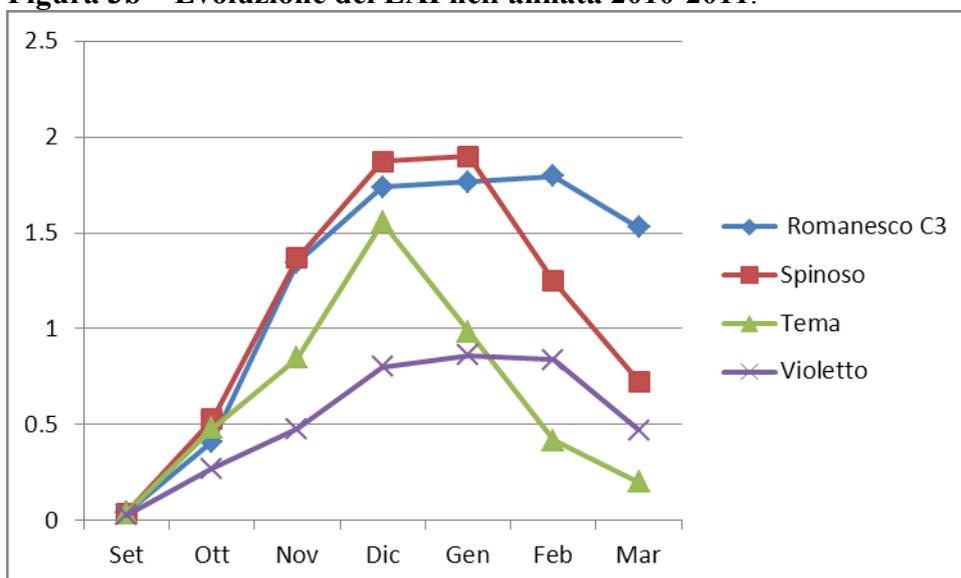


Tabella 2a - Evoluzione fenologica osservata nell'annata 2009-2010 durante il campionamento

Varietà	Giorni dal trapianto						
	37	77	110	144	180	218	248
Tema 2000	10 foglie	16 foglie	28 foglie	Cap. 1° ordine commercializzabile	Cap. 2° ordine commercializzabile	Cap. 3° ordine commercializzabile	Cap. 4° ordine commercializzabile
Spinoso	8 foglie	15 foglie	28 foglie	Cap. 1° ordine visibile	Cap. 1° ordine commercializzabile	Cap. 2° ordine commercializzabile	Cap. 3° ordine commercializzabile
Violetto	9 foglie	17 foglie	25 foglie	Cap. 1° ordine visibile	Cap. 1° ordine commercializzabile	Cap. 2° ordine commercializzabile	Cap. 3° ordine commercializzabile
Romanesco C3	11 foglie	16 foglie	24 foglie	28 foglie	Cap. 1° ordine visibile	Cap. 1° ordine commercializzabile	Cap. 3° ordine commercializzabile

Tabella 2b - Evoluzione fenologica osservata nell'annata 2010-2011 durante il campionamento

Varietà	Giorni dal trapianto						
	38	74	105	140	178	213	252
Tema 2000	10 foglie	19 foglie	26 foglie	Cap. 1° ordine commercializzabile	Cap. 2° ordine commercializzabile	Cap. 3° ordine commercializzabile	Cap. 4° ordine commercializzabile
Spinoso	10 foglie	22 foglie	29 foglie	Cap. 1° ordine visibile	Cap. 1° ordine commercializzabile	Cap. 2° ordine commercializzabile	Cap. 3° ordine commercializzabile
Violetto	9 foglie	15 foglie	20 foglie	28 foglie	Cap. 1° ordine visibile	Cap. 1° ordine commercializzabile	Cap. 3° ordine commercializzabile
Romanesco C3	9 foglie	15 foglie	20 foglie	28 foglie	Cap. 1° ordine visibile	Cap. 1° ordine commercializzabile	Cap. 3° ordine commercializzabile

Nelle tabelle 2a e 2b è riportata l'evoluzione fenologica osservata rispettivamente nelle annate 2009-2010 e 2010-2011 per i quattro tipi varietali in prova.

In entrambe le annate le varietà a confronto hanno confermato il comportamento fenologico atteso, infatti Tema 2000 è risultata la più precoce, seguita dallo Spinoso sardo e dal Violetto di Provenza: Il Romanesco C3, pur confermando le caratteristiche di precocità rispetto al romanesco tradizionale, è risultata la varietà più tardiva nell'ambito del confronto, confermando la sua particolare sensibilità rispetto al fotoperiodo.

Nel confronto tra le due annate la cultivar Violetto di Provenza ha mostrato al primo anno una evoluzione fenologica più accelerata differenziando il capolino principale con circa un mese di anticipo.

Figura 4a – Evoluzione dell'accumulo della biomassa secca (gr/pianta) nell'annata 2009-10.

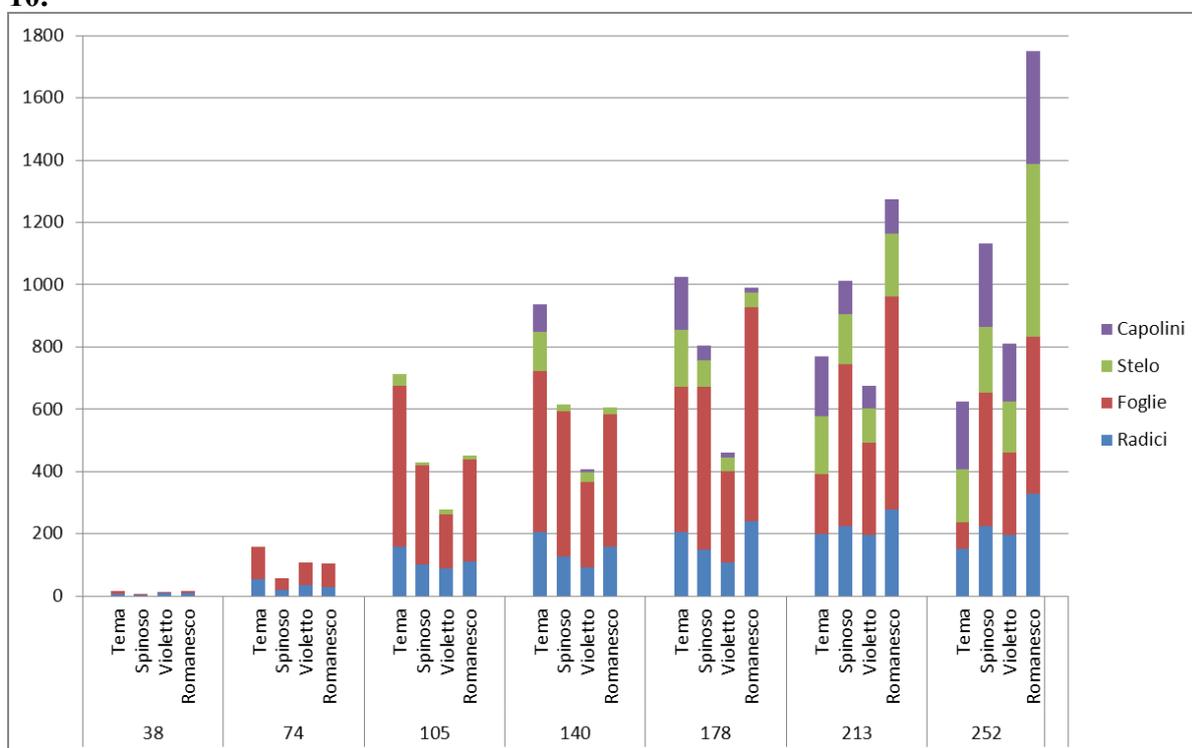
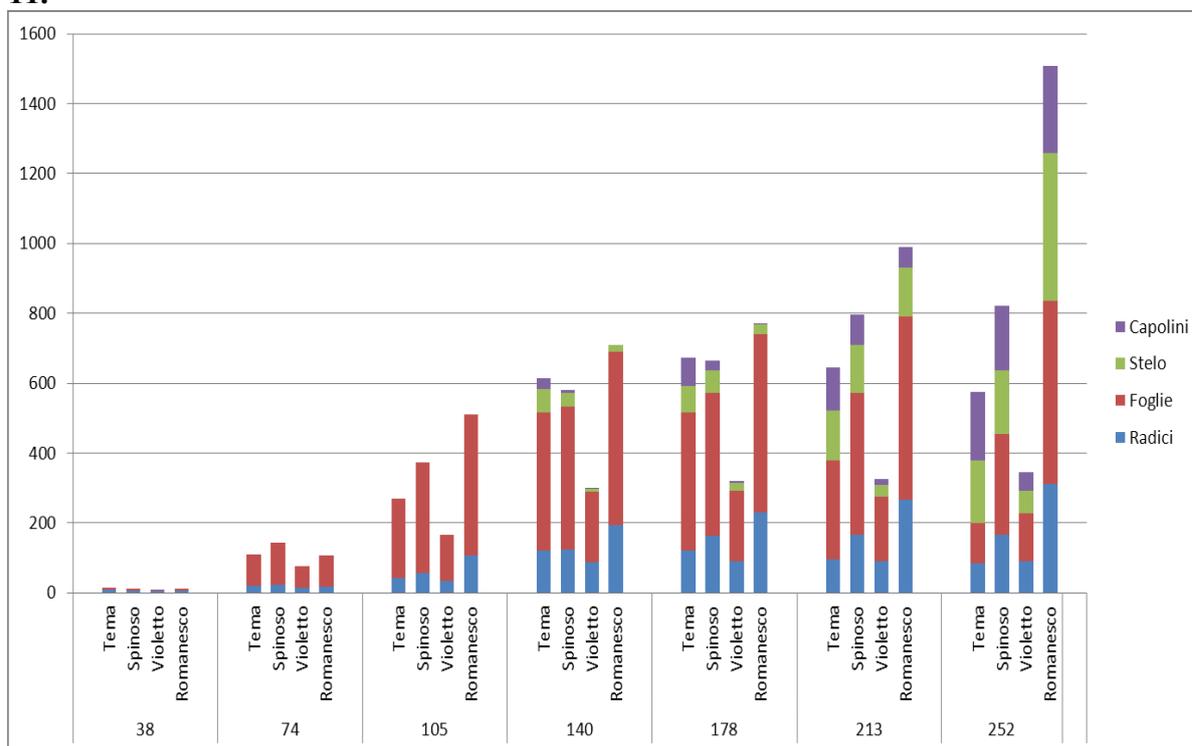


Figura 4b - Evoluzione dell'accumulo della biomassa secca (gr/pianta) nell'annata 2010-11.



In figura 4a e 4b viene riportata l'evoluzione nel tempo della sostanza secca nei quattro tipi varietali a confronto e la sua ripartizione in: radici, foglie, steli e capolini.

Dal grafico emerge come la varietà Romanesco C3 sia caratterizzata da una maggiore vigoria rispetto alle altre varietà, mostrando i più elevati valori di accrescimento durante le fasi primaverili del ciclo. La varietà violetto di Provenza ha mostrato al contrario i più bassi valori di sostanza secca prodotta per pianta confermandosi la cultivar meno vigorosa. In termini di vigore vegetativo Tema 2000 e Spinoso sardo hanno confermato un comportamento intermedio fra le varietà studiate.

È inoltre possibile osservare come in carciofo, l'accumulo di biomassa relativo agli steli diviene rilevante in concomitanza della formazione dei capolini, i quali assumono una incidenza sulla biomassa totale progressivamente crescente.

Per contro la sostanza secca relativa alle foglie mostra elevati incrementi nelle prime fasi del ciclo mentre successivamente si osserva una diminuzione della sua contribuzione alla biomassa totale lasciando supporre meccanismi di traslocazione della biomassa in favore degli organi riproduttivi e del rizoma che, come noto, nelle piante perenni assume anche funzione di organo di riserva.

Ai fini del calcolo delle curve di asportazione specifiche per ciascuna cultivar studiata e per i tre macronutrienti, in tabella 3a e 3b si riportano i risultati medi per ciascuna delle analisi chimiche condotte sui campioni.

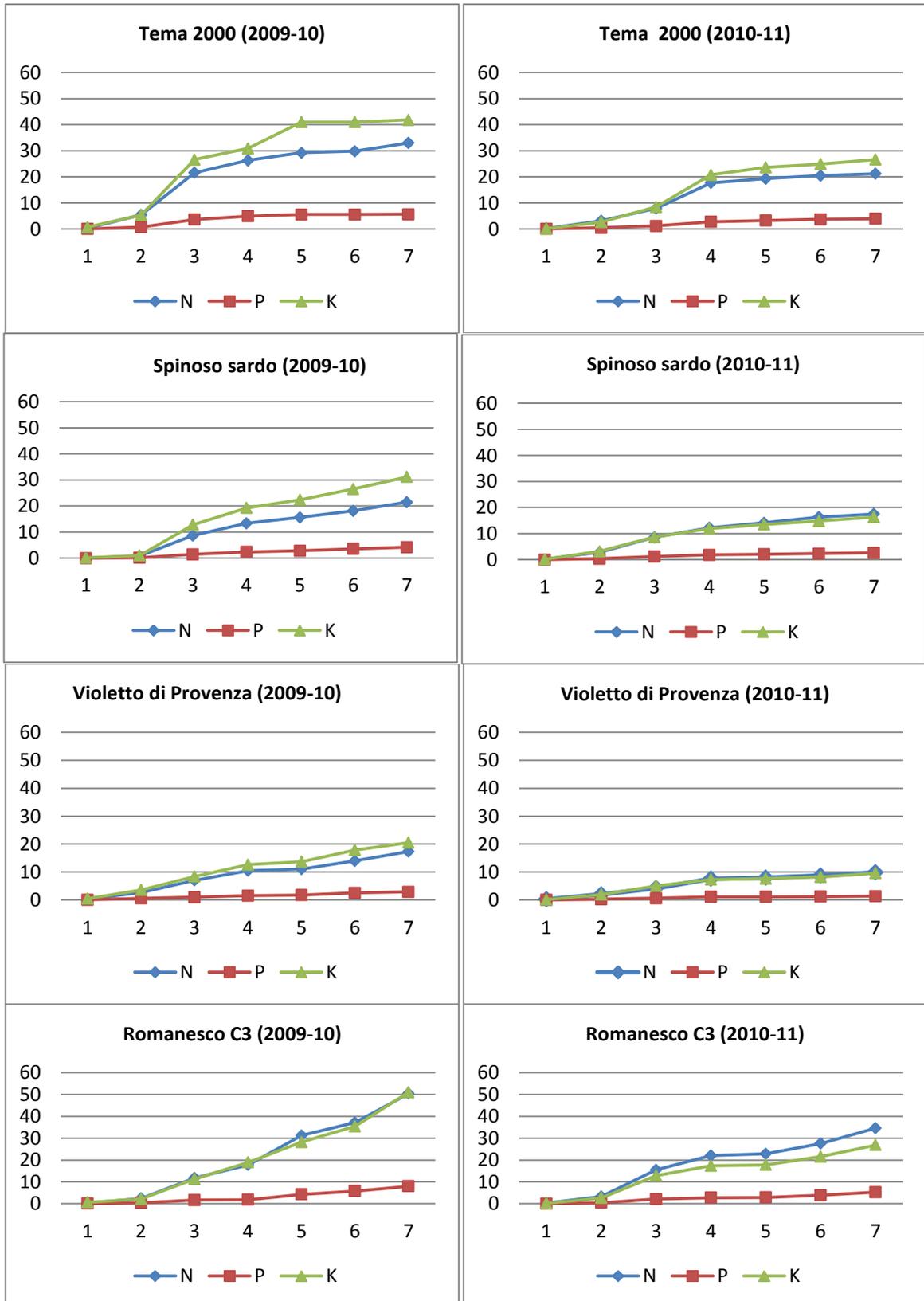
Tabella 3a - Concentrazioni dei macroelementi nelle diverse frazioni (%) nell'annata 2009-10

Varietà	Giorni da trapianto	Azoto				Fosforo				Potassio			
		Foglie	Radici	Steli	Capolini	Foglie	Radici	Steli	Capolini	Foglie	Radici	Steli	Capolini
Tema 2000	38	2,21	1,80	n.a.	n.a.	0,35	0,26	n.a.	n.a.	4,92	3,20	n.a.	n.a.
	74	4,40	1,51	n.a.	n.a.	0,53	0,29	n.a.	n.a.	4,22	1,72	n.a.	n.a.
	105	3,61	1,22	2,84	n.a.	0,59	0,25	0,55	n.a.	4,42	1,39	4,40	n.a.
	140	3,33	1,21	2,05	2,98	0,47	0,26	0,40	0,93	4,17	1,30	4,30	5,21
	178	3,05	1,17	2,06	2,60	0,35	0,27	0,40	0,75	3,92	1,31	4,28	4,58
	213	3,05	1,13	2,07	2,53	0,43	0,27	0,39	0,50	3,94	1,32	4,25	3,70
	252	2,28	1,57	1,62	3,70	0,30	0,22	0,13	0,49	3,71	1,03	1,60	3,63
Spinoso	38	1,7	0,73	n.a.	n.a.	0,25	0,18	n.a.	n.a.	2,82	1,32	n.a.	n.a.
	74	1,7	0,73	n.a.	n.a.	0,28	0,18	n.a.	n.a.	2,12	1,32	n.a.	n.a.
	105	2,41	0,79	2,1	n.a.	0,38	0,2	0,35	n.a.	3,52	1,31	2,82	n.a.
	140	2,55	0,77	2,17	n.a.	0,43	0,24	0,35	n.a.	3,52	1,72	2,92	n.a.
	178	2,3	0,75	1,82	2,31	0,35	0,22	0,38	0,43	2,82	1,62	2,56	3,22
	213	2,33	0,72	1,46	2,01	0,35	0,19	0,4	0,40	2,32	1,52	2,2	2,92
	252	2,29	0,64	1,16	2,01	0,28	0,21	0,16	0,38	2,32	1,02	1,3	2,62
Violetto	38	2,21	1,60	n.a.	n.a.	0,28	0,78	n.a.	n.a.	3,21	3,42	n.a.	n.a.
	74	2,88	1,60	n.a.	n.a.	0,42	0,78	n.a.	n.a.	3,31	3,42	n.a.	n.a.
	105	3,17	1,48	1,43	n.a.	0,38	0,25	0,33	n.a.	3,82	1,52	2,52	n.a.
	140	3,07	1,21	1,48	2,74	0,42	0,25	0,22	0,53	3,85	1,42	0,72	2,72
	178	2,96	1,07	1,43	2,25	0,45	0,21	0,12	0,45	3,87	1,04	0,68	2,82
	213	3,02	0,92	1,37	2,42	0,58	0,22	0,14	0,43	3,82	1,26	1,75	2,28
	252	2,99	1,14	1,10	2,58	0,38	0,23	0,33	0,38	3,24	1,49	2,82	1,43
Romanesco C3	38	2,56	1,66	n.a.	n.a.	0,38	0,33	n.a.	n.a.	4,72	3,71	n.a.	n.a.
	74	2,82	1,10	n.a.	n.a.	0,40	0,23	n.a.	n.a.	3,62	1,42	n.a.	n.a.
	105	3,26	1,01	n.a.	n.a.	0,42	0,22	n.a.	n.a.	3,04	1,21	n.a.	n.a.
	140	3,56	1,31	2,44	n.a.	0,33	0,17	0,68	n.a.	3,82	0,98	5,21	n.a.
	178	3,90	1,20	2,16	3,73	0,50	0,18	0,52	1,22	3,41	0,97	3,82	4,144
	213	2,87	1,08	1,88	3,33	0,35	0,18	0,35	1,02	3,01	0,95	2,42	4,12
	252	2,43	1,11	1,88	2,65	0,23	0,19	0,35	0,55	2,61	0,80	2,42	3,21

Tabella 3b – Concentrazioni dei macroelementi (%) nelle diverse frazioni nell'annata 2010-11.

Varietà	Giorni da trapianto	Azoto				Fosforo				Potassio			
		Foglie	Radici	Steli	Capolini	Foglie	Radici	Steli	Capolini	Foglie	Radici	Steli	Capolini
Tema 2000	38	3,06	1,22	n.a.	n.a.	0,30	0,23	n.a.	n.a.	1,92	0,63	n.a.	n.a.
	74	3,14	1,53	n.a.	n.a.	0,48	0,23	n.a.	n.a.	2,71	1,20	n.a.	n.a.
	105	3,22	1,50	n.a.	n.a.	0,48	0,25	n.a.	n.a.	3,51	1,30	n.a.	n.a.
	140	3,26	1,59	2,76	3,45	0,53	0,23	0,35	0,58	4,31	1,01	2,31	3,10
	178	2,80	1,25	2,71	3,02	0,43	0,23	0,39	0,75	3,71	0,95	2,90	3,95
	213	2,24	1,31	1,77	2,49	0,30	0,24	0,35	0,65	3,12	0,94	2,21	3,58
	252	2,30	1,31	1,13	1,97	0,30	0,22	0,22	0,55	2,12	0,93	1,21	3,21
Spinoso	38	2,15	1,22	n.a.	n.a.	0,30	0,18	n.a.	n.a.	1,90	0,70	n.a.	n.a.
	74	2,15	0,97	n.a.	n.a.	0,30	0,18	n.a.	n.a.	2,52	0,85	n.a.	n.a.
	105	2,50	1,18	n.a.	n.a.	0,35	0,18	n.a.	n.a.	2,51	1,30	n.a.	n.a.
	140	2,50	0,92	1,68	2,40	0,35	0,17	0,35	0,65	2,42	0,78	2,12	3,02
	178	2,74	0,80	1,73	2,30	0,35	0,16	0,43	0,48	2,41	0,73	2,52	2,78
	213	2,99	1,17	1,18	1,89	0,30	0,15	0,22	0,39	2,41	0,70	1,21	2,34
	252	2,72	0,96	0,95	1,48	0,28	0,13	0,22	0,30	1,41	0,55	0,80	1,90
Violetto	38	2,74	1,44	n.a.	n.a.	0,18	0,28	n.a.	n.a.	1,42	0,68	n.a.	n.a.
	74	2,81	1,44	n.a.	n.a.	0,35	0,28	n.a.	n.a.	2,80	1,22	n.a.	n.a.
	105	2,81	1,46	n.a.	n.a.	0,42	0,22	n.a.	n.a.	3,41	1,44	n.a.	n.a.
	140	3,02	1,44	1,61	3,60	0,45	0,20	0,10	0,68	3,12	1,02	0,78	2,52
	178	3,03	1,34	1,61	3,60	0,43	0,19	0,10	0,48	2,91	1,12	0,78	2,64
	213	2,99	1,29	2,36	3,45	0,33	0,17	0,28	0,23	2,52	0,73	1,30	2,88
	252	2,82	1,12	1,98	2,31	0,14	0,15	0,20	0,23	1,02	0,65	0,98	3,12
Romanesco C3	38	2,72	1,18	n.a.	n.a.	0,28	0,19	n.a.	n.a.	2,12	1,22	n.a.	n.a.
	74	3,47	1,23	n.a.	n.a.	0,45	0,17	n.a.	n.a.	2,72	1,31	n.a.	n.a.
	105	3,49	1,35	n.a.	n.a.	0,45	0,29	n.a.	n.a.	2,82	1,40	n.a.	n.a.
	140	3,87	1,21	2,35	n.a.	0,45	0,22	0,35	n.a.	2,92	1,21	2,52	n.a.
	178	3,76	1,16	2,86	4,78	0,37	0,19	0,50	1,12	2,41	1,02	2,91	3,31
	213	2,72	1,07	2,25	4,04	0,28	0,17	0,35	1,21	1,91	0,92	1,52	4,32
	252	2,52	1,04	1,12	2,95	0,28	0,17	0,21	0,63	1,52	0,68	0,85	2,51

Figura 5 - Asportazioni cumulate nei due anni di prova per le diverse varietà (gr/pianta)



Nelle figura 5 sono riportati le curve di assorbimento cumulate per pianta dei tre macro elementi per i due anni di prova e per le quattro varietà oggetto di studio.

Entro varietà fra le due annate le curve mostrano un andamento concorde; le asportazioni più elevate per tutte le varietà nel primo anno di prova sono da attribuire al maggiore quantitativo di sostanza secca prodotta. Per quanto riguarda l'equilibrio quantitativo fra elementi, l'azoto e il potassio hanno mostrato i più elevati valori di asportazione per pianta mentre per il fosforo, pur assumendo un ruolo rilevante, le quantità asportate si sono rilevate di minor entità.

L'assorbimento degli elementi minerali segue l'accumulo di biomassa, pertanto anch'esso è influenzato dalla temperatura, dalla cultivar, dal tipo di suolo e dal tipo di lavorazioni.

Diversi autori riportano che il potassio è il nutriente più assorbito dalle piante di carciofo durante il ciclo di crescita con asportazioni di $573,5 \text{ kg ha}^{-1}$ (Rincon et al., 2007), in accordo con quanto osservato da (Magnifico e Lattanzio, 1976) per la varietà Locale di Mola che riportavano asportazioni pari a 338 kg ha^{-1} .

Nel primo anno di prova le varietà oggetto dello studio hanno confermato questa tendenza, infatti il potassio si è dimostrato l'elemento maggiormente assorbito facendo registrare valori compresi fra i 354 kg ha^{-1} per il Romanesco e i 124 kg ha^{-1} per il Violetto di Provenza. Questi valori non sono stati confermati al secondo anno quando, ad eccezione del Tema 2000, il potassio non è risultato l'elemento più assorbito. Tale risultato è in accordo con quanto osservato da Rosati et al. (2004) sulla varietà Romanesco. I valori osservati sono compresi fra i $186,4 \text{ kg ha}^{-1}$ del Romanesco C3 e i $66,4 \text{ kg ha}^{-1}$ del Violetto di Provenza.

La differenza fra le due annate può essere attribuita sia ad una minore concentrazione del potassio nelle diverse frazioni che alla minore produzione di biomassa totale.

Quando disponibili, i valori di assorbimento riferiti all'azoto riportati in letteratura sono molto variabili sia tra differenti areali di coltivazione ma anche in funzione dell'andamento termo pluviometrico rilevato nell'anno di riferimento. I valori riportati in letteratura variano dai 210 kg ha^{-1} per romanesco (Rosati et al., 2004), ai $250 - 400 \text{ kg ha}^{-1}$ registrati per la varietà Blanca de tudela (SIAM, 2006; Rincon et al., 2007). (Magnifico e Lattanzio, 1976) riportano per la cultivar Locale di Mola 262 kg ha^{-1} mentre (Mouliner, 1980) per Violetto di Provenza riporta 279 kg ha^{-1} in una prova sperimentale realizzata in Francia.

Per quanto riguarda l'azoto, i valori più elevati di assorbimento sono stati osservati sul Romanesco C3 ed in entrambe le annate osservate, sebbene con valori molto variabili: circa 350 kg ha^{-1} al primo anno e 240 kg ha^{-1} al secondo anno, mentre i valori più bassi sono stati

osservati per il Violetto, che ha fatto registrare un assorbimento di 120,4 e 68 kg ha⁻¹, rispettivamente per il primo e per il secondo anno.

I valori di assorbimento riportati in letteratura per il fosforo risultano molto variabili, probabilmente a causa della grande influenza delle proprietà chimiche del suolo (pH e contenuto in carbonati) che vanno ad influenzare la disponibilità dell'elemento. La quantità totale di fosforo assorbito dalla coltura ha variato da 55 kg ha⁻¹ per il Romanesco C3 ai 22 kg ha⁻¹ per il Violetto di Provenza nel 2009-10 e da 36 kg ha⁻¹ a 14 kg ha⁻¹ per il Romanesco C3 e il Violetto di Provenza nel 2010-11. I valori sono risultati più bassi rispetto a quelli riportati in letteratura da Rincon et al. (2007) per la varietà Blanca de Tudela con 71,2 kg ha⁻¹ e 125 kg ha⁻¹ rispettivamente, ma in linea con quanto osservato da Magnifico e Lattanzio (1976) e Rosati et al., (2004) che hanno evidenziato valori di asportazione per il fosforo di 36 e 52 kg ha⁻¹ rispettivamente in Locale di Mola e Romanesco.

Tabella 4a - Asportazioni totali espresse in g/pianta e in kg ha⁻¹ nel 2009-10.

	anno 1							
	totale g/pianta				totale kg/ha (6945 piante ha ⁻¹)			
	Romanesco C3	Spinoso	Tema 2000	Violetto	Romanesco C3	Spinoso	Tema 2000	Violetto
N	50.4	21.5	33.0	17.3	349.8	149.0	229.4	120.4
P	8.0	4.2	5.7	2.9	55.4	29.3	39.4	20.1
K	51.0	31.2	41.8	20.5	354.4	216.4	290.6	142.6

Tabella 4b - Asportazioni totali espresse in g/pianta e in kg ha⁻¹ nel 2010-11.

	anno 2							
	totale g/pianta				totale kg/ha (6945 piante ha ⁻¹)			
	Romanesco C3	Spinoso	Tema 2000	Violetto	Romanesco C3	Spinoso	Tema 2000	Violetto
N	34.6	17.5	21.2	9.9	240.3	121.6	147.3	68.5
P	5.2	2.7	4.0	1.3	36.3	18.4	27.4	9.3
K	26.8	16.3	26.7	9.6	186.4	113.4	185.5	66.4

Tabella 5.a - Incrementi medi mensili per pianta delle asportazioni di azoto osservati nell'annata 2009-10.

Varietà	Giorni dopo il trapianto							Media
	37	77	110	144	180	218	248	
Tema	0.34 c	5.09 b	16.17 A a	5.11 b	3.72 B bc	2.87 bc	3.77 B bc	5.30
Spinoso	0.75 c	0.70 c	7.92 B a	4.51 ab	3.87 B b	3.55 bc	3.39 B bc	3.43
Violetto	0.26 b	2.37 b	7.28 B a	2.23 b	1.47 B b	4.09 ab	4.34 B ab	3.15
Romanesco C3	0.32 c	2.07 c	9.4 B b	6.74 b	13.44 A a	5.96 b	14.78 A b	7.53
Varietà	**							
Giorno	**							
Repliche (Giorno)	n.s.							
Mese*Varietà	*							

Ns Non significativo ** significativo per $P \leq 0,05$ e $\leq 0,01$ rispettivamente
 Medie seguite dalla stessa lettera minuscola differiscono per $P \leq 0,01$ (tra mesi entro varietà)
 Medie seguite dalla stessa lettera maiuscola differiscono per $P \leq 0,05$ (tra varietà entro mese)

Tabella 5.b - Incrementi medi mensili per pianta delle asportazioni di azoto osservati nell'annata 2010-11.

Varietà	Giorni dopo il trapianto							Media
	38	74	105	140	178	213	252	
Tema	0.26 c	2.9 bc	4.75 B b	10.01 A a	1.86 bc	1.45 B bc	0.89 B c	3.16
Spinoso	0.18 b	2.63 a	5.76 B a	3.29 B a	3.53 a	2.49 B a	1.32 AB b	2.74
Violetto	0.19	1.78	2.26 B	3.34 B	0.55	1.73 B	1.14 AB	1.57
Romanesco C3	0.23 c	3.06 c	12.2 A a	6.73 B b	0.31 c	8.88 A ab	7.85 A b	5.61
Varietà	**							
Giorno	**							
Repliche (Giorno)	n.s.							
Giorno*Varietà	*							

Ns Non significativo ** significativo per $P \leq 0,05$ e $\leq 0,01$ rispettivamente
 Medie seguite dalla stessa lettera minuscola differiscono per $P \leq 0,01$ (tra mesi entro varietà)
 Medie seguite dalla stessa lettera maiuscola differiscono per $P \leq 0,05$ (tra varietà entro mese)

Tabella 6.a - Incrementi medi mensili per pianta delle asportazioni di fosforo osservati nell'annata 2009-10.

Varietà	Giorni dopo il trapianto							Media
	37	77	110	144	180	218	248	
Tema	0.05 b	0.66 b	2.93 A a	1.36 ab	0.86 AB	0.51 B	0.22 B b	0.94
Spinoso	0.14 b	0.12 b	1.31 AB a	0.87 ab	0.72 AB ab	0.85 A b	0.68 AB ab	0.65
Violetto	0.09	0.49	0.77	0.38	0.28 B	0.89	0.55 AB	0.49
Romanesco C3	0.55 b	0.31 b	1.26 AB a	0.46 b	2.45 A a	1.47 A	2.40 A a	1.20
Varietà	**							
Giorno	**							
Repliche (Giorno)	n.s.							
Giorno*Varietà	*							

Ns Non significativo *,** significativo per $P \leq 0,05$ e $\leq 0,01$ rispettivamente
 Medie seguite dalla stessa lettera minuscola differiscono per $P \leq 0,01$ (tra mesi entro varietà)
 Medie seguite dalla stessa lettera maiuscola differiscono per $P \leq 0,05$ (tra varietà entro mese)

Tabella 6.b - Incrementi medi mensili per pianta delle asportazioni di fosforo osservati nell'annata 2010-11

Varietà	Giorni dopo il trapianto							Media
	38	74	105	140	178	213	252	
Tema	0.04 c	0.45 bc	0.71 AB b	1.62 a	0.52 bc	0.45 AB b	0.28 B bc	0.60
Spinoso	0.03 c	0.40 ab	0.81 AB a	0.57 ab	0.58 ab	0.26 B b	0.31 B ab	0.42
Violetto	0.02	0.23	0.37 B	0.47	0.04	0.15 B	0.12 B	0.20
Romanesco C3	0.03 c	0.40 bc	1.69 A a	0.65 b	0.06 c	1.58 A a	1.45 A a	0.84
Varietà	**							
Giorno	**							
Repliche (Giorno)	n.s.							
Giorno*Varietà	*							

Ns Non significativo *,** significativo per $P \leq 0,05$ e $\leq 0,01$ rispettivamente
 Medie seguite dalla stessa lettera minuscola differiscono per $P \leq 0,01$ (tra mesi entro varietà)
 Medie seguite dalla stessa lettera maiuscola differiscono per $P \leq 0,05$ (tra varietà entro mese)

Tabella 7.a - Incrementi medi mensili per pianta delle asportazioni di potassio osservati nel 2009-10.

Varietà	Giorni dopo il trapianto							Media
	37	77	110	144	180	218	248	
Tema	0.71 d	4.64 c	21.27 A a	9.46 A b	6.95 bc	4.11 c	1.65 B cd	6.97
Spinoso	0.13 c	0.91 c	11.78 B a	5.89 AB b	5.05 b	4.39 b	4.65 B b	4.68
Violetto	0.49 c	3.1 bc	8.39 B a	2.5 B bc	1.8 c	5.42 ab	3.96 B bc	3.67
Romanesco C3	0.65 c	1.5 c	9.16 B b	8.13 AB	9.27 b	7.2 b	17.47 A a	7.63
Varietà	**							
Giorno	**							
Repliche (Giorno)	n.s.							
Giorno*Varietà	*							

Ns Non significativo **,** significativo per $P \leq 0,05$ e $\leq 0,01$ rispettivamente
 Medie seguite dalla stessa lettera minuscola differiscono per $P \leq 0,01$ (tra mesi entro varietà)
 Medie seguite dalla stessa lettera maiuscola differiscono per $P \leq 0,05$ (tra varietà entro mese)

Tabella 7.b - Incrementi medi mensili per pianta delle asportazioni di potassio osservati nel 2010-11.

Varietà	Giorni dopo il trapianto							Media
	38	74	105	140	178	213	252	
Tema	0,15 c	2,55 bc	5,77 AB b	12,47 A a	3,05 bc	2,48 bc	1,90 c	4.05
Spinoso	0,14 b	3,09 ab	5,44 AB a	3,10 B ab	3,53 ab	1,52 b	1,55 b	2.62
Violetto	0,09	1,83	3,09 B	2,30 B	0,25	1,09	1,36	1.43
Romanesco C3	0,19 c	2,44 c	10,20 A a	4,69 B bc	0,22 c	7,47 ab	5,60 b	4.40
Varietà	**							
Giorno	**							
Repliche (Giorno)	n.s.							
Giorno*Varietà	*							

Ns Non significativo **,** significativo per $P \leq 0,05$ e $\leq 0,01$ rispettivamente
 Medie seguite dalla stessa lettera minuscola differiscono per $P \leq 0,01$ (tra mesi entro varietà)
 Medie seguite dalla stessa lettera maiuscola differiscono per $P \leq 0,05$ (tra varietà entro mese)

In tabella 5a e 5b sono riportate le medie e i risultati dell'analisi della varianza condotta sugli incrementi medi mensili per pianta delle asportazioni di azoto, nelle quattro varietà e nelle due annate di prova. Nei primi due campionamenti, in entrambe le annate, nessuna differenza è stata osservata fra le quattro varietà. Nel confronto tra varietà il Tema 2000 ha mostrato, in entrambi gli anni osservati, i maggiori incrementi durante la fase autunnale in concomitanza della produzione del primo capolino e rispettivamente nel terzo e nel quarto campionamento, mentre il Romanesco C3 ha mostrato in entrambe gli anni i maggiori assorbimenti nella fase terminale del ciclo.

In tabella 6a e 6b sono riportati le medie ed i risultati dell'analisi della varianza condotta sugli incrementi medi mensili per pianta delle asportazioni di fosforo, nelle quattro varietà e nelle due annate di prova.

Similmente a quanto osservato per l'azoto, nei primi due campionamenti, in entrambe le annate, nessuna differenza è stata osservata fra le quattro varietà.

Tra le diverse varietà il Romanesco ha mostrato i massimi incrementi medi mensili differenziandosi dalle altre varietà più precoci soprattutto nella fase terminale del ciclo produttivo. La varietà Violetto si è caratterizzata per i valori più bassi di incrementi di assorbimento, da mettere in relazione anche alla inferiore produzione di biomassa rispetto alle altre varietà a confronto.

Entro varietà il Violetto inoltre non ha mostrato differenze statisticamente significative durante il ciclo produttivo, mentre per il Romanesco i maggiori incrementi si sono avuti nella parte terminale del ciclo produttivo. Inoltre, le altre due cultivar precoci hanno mostrato i maggiori incrementi durante la fase precedente alla produzione del primo capolino.

In tabella 7a e 7b sono riportate le medie ed i risultati dell'analisi della varianza condotta sugli incrementi medi mensili per pianta delle asportazioni di potassio, nelle quattro varietà e nelle due annate di prova.

Come per azoto e fosforo, nei primi due mesi anche per l'assorbimento del potassio non sono emerse differenze statisticamente significative tra le varietà.

La varietà Tema 2000 ha mostrato nel primo anno i massimi incrementi nell'assorbimento di questo elemento durante il periodo di produzione del primo capolino: tale andamento osservato sulla cultivar Tema 2000 è stato confermato anche dai dati relativi al secondo anno. La cultivar Violetto di Provenza ha mostrato in entrambe le annate incrementi di ridotta entità, mentre la varietà Romanesco ha mostrato i più elevati incrementi di assorbimento all'ultimo campionamento condotto al primo anno di prova. Tuttavia, tale andamento non è stato riconfermato dai dati raccolti al secondo anno.

4. Conclusioni

Lo studio biennale condotto ha mostrato trend di asportazione con andamenti sovrapponibili fra annate. L'assorbimento degli elementi minerali segue l'accumulo di biomassa, pertanto anch'esso è influenzato dall'andamento termopluviometrico, dalla cultivar, dal tipo di suolo e dalla tecnica di coltivazione.

Nelle condizioni di coltivazione e produttività in cui è stata condotta la presente prova la varietà Romanesco C3 si è dimostrata la varietà più vigorosa e la più esigente in termini di macroelementi, mentre la varietà Violetto di Provenza ha mostrato una minore vigoria e di conseguenza un ridotto assorbimento minerale.

Per quanto riguarda l'azoto le asportazioni totali più elevate sono state osservate sulla varietà Romanesco (circa 350 kg ha⁻¹), mentre 230 kg ha⁻¹, 149 kg ha⁻¹ e 120 kg ha⁻¹ sembrerebbero sufficienti per coprire gli assorbimenti rispettivamente delle cultivar Tema 2000, Spino sardo e Violetto di Provenza.

Per aumentare l'efficienza della concimazione azotata i risultati suggeriscono il frazionamento degli interventi. Infatti, come è noto, l'azoto è soggetto a notevoli perdite per dilavamento e per le poco valutate perdite sotto forma gassosa. I risultati suggeriscono inoltre l'esigenza di differenziare la concimazione azotata in funzione della cultivar, intervenendo in modo specifico nel momento in cui la coltura si accresce rapidamente, assorbendo pertanto i massimi quantitativi di elementi nutritivi.

Tra le diverse varietà il Romanesco C3 ha mostrato i massimi incrementi medi mensili differenziandosi dalle altre varietà più precoci soprattutto durante la fase primaverile di sviluppo e con la concomitante formazione dei capolini, mentre le cultivar precoci hanno mostrato i maggiori incrementi durante la fase precedente alla formazione del primo capolino, e quindi durante il periodo autunno –invernale.

Le asportazioni totali di fosforo sono risultate più elevate nella varietà Romanesco (52 kg ha⁻¹). Inoltre, le asportazioni mensili di questo macroelemento si sono rivelate abbastanza costanti durante tutto il ciclo produttivo e per tutte le varietà studiate.

Le asportazioni totali più elevate di potassio fra sono risultate pari a 354 kg ha⁻¹ osservati sulla cultivar Romanesco. Nelle altre varietà studiate, le asportazioni di questo macroelemento hanno mostrato un andamento simile a quello descritto per l'azoto.

5. Bibliografia

- Bar-yosef, B. 1991 Fertilization under drip irrigation. In: Fluid Fertilizer Science and Tecnology. Palgrave. D.A. (Ed). Marcel Dekker. Inc.. Nerw York pp 285-329
- Doltra, J.,Carpintero, J.M., Bergegal, F., Khayyo S. and Ramos, C. 2007. Use of a crop model to study the response of artichoke to different levels of soils mineral nitrogen. *Acta Horticulturae* 730:257-264
- Elia, A. and. Santamaria, P. 1994. Influence of nitrogen, phosphorus and potassium on artichoke transplanting growth. *Agr. Med.* 124: 106-111.
- Elia, A., Conversa, G. 2007. Mineral nutrition aspect in artichoke growing. *Acta Horticulturae* 730: 239-249.
- Khayyo, S., Perz Lotz, J. and Ramos, C.2003. Application of the Nmin, Nitrogen fertilizer recommendation system in artichoke in the Valencian community. *Acta Horticulturae* 660: 261-266.
- Gerakis, P.A. and Honma, S. 1969. Response of globe artichoke *Cynara scolymus* L. to various nutritional environments in solution culture and to N, P and K fertilizer in organic soil. *Soil Science* 108: 290-295.
- Graifenberg A., Magnani G., Botrini L., Pacifici S., Giustiniani L., Curadi M., 2004. Crescita e asportazione degli elementi nutritivi in carciofo di tipo Romanesco. 2004. Atti IV Congresso SOI.
- Hsiao, C. and A. Läuchli. 1986. Role of potassium in plant-water relation. In: *Advances in plant nutrition* 2, pp 281-312. Tinker and A. Lauchli (eds.). Praeger, New York.
- Khayyo, S., Pèrez Lotz, J. and Ramos, C. 2003. Application of the N min, nitrogen fertilizer recommendation system in artichoke in the Valencian Community, *Acta Hort.* 660: 261-266.
- Knott, 1962 J:E: Handbook for vegetable growers. John Willey and sons, Inc., New York.
- Imas, P. and S.K. Bansal. 1999. Potassium and integrated nutrient management in potato. Presented at the global conference on potato, December 6-11, New Delhi, India.
- Macua, J.I. 2007. New Horizons for artichoke cultivation. *Acta Horticulturae* 730: 39-47
- Magnifico, V. and V. Lattanzio. 1976. Rhythm of removal of nutrient elements (NPK) at various stages of globe artichoke growth. *Rivista di Agronomia* 10: 273-281.
- Magnifico, V., Lattanzio, V. 1981. Ritmo di asportazione di elementi nutritivi nel carciofo. Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu. Atti 3° Congresso internazionale carciofo,. Ed. Laterza Bari, pp 283-294.

- Magnifico V. 1984. Le esigenze nutrizionali del carciofo. *Informatore agrario*, 23:45-47
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic press, London, 4th printing (1999): 889 pp.
- Moulinier, H. 1980. Appreciation des besoins en entrain de l'artichaut. *Comptes Rendus des Seances de l'Academie d'Agriculture de France* 66: 527-531.
- Pomares F., Tarazona M., Estela M, Bartual R., and Arciniaga L. 1993. Response of globe artichoke to nitrogen, phosphorous and potassium fertilizer. *Agrochimica* 1-2: 111-121.
- Pomares F., et al. 2004. Effects of water and nitrogen fertilization on seed grown globe artichoke. *Acta Horticulturae*. 660: 303-305
- Prats J 1970. La fertilization raisonnée. Ministere de l'Agriculture, Paris
- Rincón, L., Pérez, A., Pellicer, C., Abadía, A.; Sáez, J. 2007 Nutrient Uptake by artichoke. *Acta Horticulturae* 730: 287-292.
- Rincón, L., Pérez, A., Pellicer, C., Abadía, A.; Sáez, J. 2007 Vegetative growth parameters in artichoke. *Acta Horticulturae* 730: 301-306.
- Rosati, A., Pepe, R., Senatore, A., Monti, L., Magnifico, V. 2004. Razionalizzazione della concimazione in carciofo Romanesco. *Informatore Agrario* 51: 63-65
- SAS Software, 1999. Version 9.02. Cary: SAS Institute, Inc.
- Tagliavini, M., Scudellari, D., Marangoni, B., Toselli, M., 1996. Nitrogen fertilization in orchards to reconcile productivity and environmental aspects. *Fertil. Res.* 43, 93–102.