

Effetto della vernalizzazione sull'induzione a fiore in tipologie e classi diverse di radicchio (*Cichorium intybus* L. var *silvestre* Bischoff)

Ferdinando Pimpini*, Carlo Nicoletto

Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali, Università di Padova
Viale dell'Università 16, 35020 Legnaro (Padova)

Data di ricevimento: 29 settembre 2007

Data di accettazione: 18 novembre 2007

Riassunto

Tutte le prove sono state condotte presso l'Azienda Sperimentale "L. Toniolo" dell'Università di Padova (45°21' N; 11°58' E).

Prova 1. La ricerca è stata effettuata per studiare l'effetto di durate crescenti di vernalizzazione (0-5-10-15-20 e 30 giorni) su tre classi di precocità di Rosso di Chioggia: "Perseo" (P), "Leo" (M) e "Virgo" (T). La semina è avvenuta in date consecutive (10-20-25 e 30 maggio, 5 e 10 giugno 2004 rispettivamente per V30-V20-V15-V10-V5 e V0) per avere piante omogenee al termine della vernalizzazione. Il trattamento con bassa temperatura in cella climatica (5 °C) è iniziato il 1 giugno per V30 e per le altre tesi (V5-V10-V15 e V20) dopo 25-20-15 e 10 giorni, mentre le piante V0 sono rimaste in serra. Al termine della vernalizzazione e della sua stabilizzazione, si è proceduto con il trapianto in pieno campo (24 luglio). Inoltre, il 30 agosto, su 5 piante fiorite per classe sono state contate le foglie presenti nella rosetta e sullo scapo fiorale per verificare l'eventuale relazione tra fioritura e numero di foglie differenziate.

Prova 2. L'esperienza, condotta con 8 tipologie di radicchio (Rosso di Treviso tardivo "Sile tardivo", Rosso di Treviso precoce "Mesola precoce", Rosso di Chioggia "Perseo" (P), "Leo" (M) e "Virgo" (T), Rosso di Verona "Cologna medio", Variegato di Lusina "Adige tardivo" e Variegato di Castelfranco "Castellano medio"), ha avuto lo scopo di valutare l'effetto di brevi periodi di vernalizzazione sull'induzione a fiore oltre che sulla determinazione della loro appartenenza all'insieme delle specie annuali o biennali. Tutte le piante sono state vernalizzate per 0-5 e 15 giorni (V0-V5 e V15). La semina, avvenuta il 15-25 e 30 gennaio 2005 per V15, V5 e V0 rispettivamente, ha previsto l'impiego di contenitori alveolari. La vernalizzazione a 5 °C è iniziata il 14 febbraio e al suo termine è stata stabilizzata per 15 giorni; successivamente (26 maggio), si è eseguito il trapianto in pieno campo.

Per valutare l'avvenuta transizione di fase (stadio 51 BBCH), in entrambe le prove i rilievi venivano eseguiti quotidianamente su tutte le piante.

I risultati hanno evidenziato che: 1) non esiste una relazione tra numero di foglie differenziate e fioritura; 2) la vernalizzazione ha diverso effetto sull'induzione a fiore nei radicchi considerati; 3) in media l'efficacia della vernalizzazione è correlata alla sua durata; 4) la bassa temperatura incrementa la precocità di fioritura anticipando la transizione di fase; 5) il comportamento dei diversi tipi di radicchio dimostra che il Rosso di Treviso tardivo è, attualmente, l'unico ad appartenere all'insieme delle specie biennali.

Parole chiave: induzione a fiore, temperatura, transizione di fase.

Summary

FLOWERING INDUCTION IN RADICCHIO (*CICHORIUM INTYBUS* L. VAR *SILVESTRE* BISCHOFF): THE INFLUENCE OF VERNALIZATION IN DIFFERENT TYPES AND CLASSES OF PRECOCITY

All experiments were carried out at the Experimental Station "L. Toniolo" of the University of Padova (45°21' N; 11°58' E).

Experiment 1. This research was undertaken to study the effect of increasing duration of cold periods (0-5-10-15-20 and 30 days) on three classes of "Rosso di Chioggia" with different precocity: "Perseo" (Precocious), "Leo" (Medium) and "Virgo" (Late). Seeds were sown on different dates (V30-V20-V15-V10-V5 and V0, i.e. May 10th-20th-25th and 30th, June 5th and 10th 2004 respectively) and placed in pre-formed polystyrene multiple trays. Treatments with low temperatures (5 °C) started on the 1st June for V30 and for the others (V5-V10-V15 and V20) 25-

* Autore corrispondente: tel.: +39 049 8272827. Indirizzo e-mail: ferdinando.pimpini@unipd.it

20-15 and 10 days later in controlled growth chambers, while plants that did not require vernalization stayed in the greenhouse. After vernalization and its stabilisation for 15 days, plants were transplanted in open field (July 24th). Moreover, on the 30th of August the number of leaves in rosette and elongated stem on five flowered plants for each group was determined, to verify the possible existing relation between flowering and the number of leaves on plant.

Experiment 2. This experiment was undertaken to compare the effect of vernalization on flowering of 8 cultivars of radicchio to assess their membership of annual or biennial species. The 8 cultivars were Rosso di Treviso tardivo "Sile tardivo", Rosso di Treviso precoce "Mesola precoce", Rosso di Chioggia "Perseo" (P), "Leo" (M) and "Virgo" (L), Rosso di Verona "Cologna medio", Variegato di Lusia "Adige tardivo" e Variegato di Castelfranco "Castellano medio". All types were vernalized for 0-5 and 15 days (V0-V5 and V15). Seeds were placed (January 15th-25th and 30th 2005 for V15, V5 and V0 respectively) in pre-formed polystyrene multiple trays. Vernalization (5 °C) started on February 14th in controlled growth chambers and, at the end, was stabilized for 15 days. After vernalization and its stabilisation, plants were transplanted in open field (May 26th). In both experiments, after the transplant, plants were controlled everyday to determine the exact day in which the stem elongation started (stage 51 BBCH). Results showed that: (1) there is no relation between the number of leaves on plant and flowering; (2) vernalization exerts different effect on promoting flowering among types; (3) on average the effect of cold period is quantitatively related to its duration; (4) low temperature increased flowering precocity anticipating the stage of phase transition; (5) the behaviour of different types of radicchio shows that Rosso di Treviso tardivo is probably a biennial plant, while the others act as annual species.

Key-words: flowering induction, phase transition, temperature.

Introduzione

Il controllo dell'induzione a fiore in radicchio (*Cichorium intybus* L. var *silvestre* Bischoff) è uno degli aspetti più complessi che caratterizzano questa orticola. Tale fenomeno, infatti, risulta essere condizionato da numerosi fattori esogeni ed endogeni connessi tra loro e, nell'ambito dei primi, rivestono un ruolo importante il fotoperiodo e la vernalizzazione.

Per quanto riguarda l'influenza del fotoperiodo, le ricerche condotte fino al momento attuale hanno evidenziato (Pimpini et al., 2007) che la fioritura avviene sia in condizioni di giorno lungo (LD) che di giorno corto (SD); tuttavia l'efficacia dell'LD nell'indurre a fiore la pianta è decisamente superiore rispetto a quella dell'SD (Pimpini et al., l.c.).

L'azione delle basse temperature (< 8 °C), invece, come riportato in bibliografia (Gianquinto e Pimpini, 1995; Gianquinto, 1997; Pimpini et al., l.c.), non è in grado di indurre a fiore la pianta, ma solo di precocizzarne la fioritura. Tale effetto della vernalizzazione viene vanificato se, subito dopo, le piante vengono sottoposte a livelli termici superiori a 25-28 °C, che comportano la devernizzazione delle stesse (Gianquinto e Pimpini, l.c.; Pimpini et al., l.c.). Questa risposta non si verifica quando, ultimato il trattamento con bassa temperatura, le piante vengono allevate a 15-18 °C per un periodo

di tempo utile al raggiungimento dello stadio di stabilizzazione dell'azione che promuove la preinduzione (Bernier et al., 1981; Gianquinto e Pimpini, l.c.). L'efficacia nell'anticipo della fioritura sembra essere dovuta alla durata del periodo vernalizzante. La termoinduzione, pertanto, appare un fenomeno di tipo quantitativo ed è stato osservato che, con piante di 35 giorni, per il Rosso di Chioggia (M) è necessario un periodo di almeno 30 giorni con temperature inferiori agli 8 °C per ottenere un significativo anticipo della fioritura (Pimpini e Gianquinto, l.c.). I risultati ottenuti, ovviamente, fanno riferimento alla sola classe della tipologia di radicchio analizzata. Conoscendo però la numerosità delle tipologie e classi attualmente coltivate, caratterizzate da notevole eterogeneità genetica al loro interno, si è voluto verificare l'eventuale estensione delle risposte alla vernalizzazione anche nei confronti delle altre tipologie di radicchio che maggiormente incidono nel complesso della produzione. Oltre a questo aspetto, si è ritenuto opportuno valutare il comportamento delle singole popolazioni al fine di individuarne l'appartenenza all'insieme delle specie annuali o biennali.

Per il raggiungimento di tali obiettivi, presso il Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali dell'Università di Padova, sono state impostate due esperienze di cui si riferiscono i risultati.

Materiali e metodi

Le prove sono state condotte nel triennio 2004-2006 presso l'Azienda Sperimentale Agraria "L. Toniolo" dell'Università di Padova sita in Legnaro (45°21' N; 11°58' E).

La prima prova è stata impostata per valutare le risposte a 6 diversi periodi di vernalizzazione (0-5-10-15-20 e 30 giorni, indicati con V0-V5-V10-V15-V20 e V30), di tre classi di Rosso di Chioggia (precoce, medio e tardivo, indicate con P, M, T, rappresentate rispettivamente dalle selezioni "Perseo", "Leo" e "Virgo"). Il seme impiegato è stato fornito dalla ditta T&T Produce che garantiva l'assenza di possibili trattamenti vernalizzanti sulla pianta madre.

La semina, al fine di avere piantine fenologicamente omogenee al momento della vernalizzazione (3-4 foglie vere), è stata effettuata su contenitori di polistirolo espanso da 180 alveoli in diverse epoche: 10 maggio 2004 (V30), 20 maggio (V20), 25 maggio (V15), 30 maggio (V10), 5 giugno (V5) e 10 giugno (V0). Per ciascuna classe di precocità, gli alveoli da 18 mL ciascuno, sono stati riempiti con substrato composto da: torba Klasmann-Deimann GmbH della quale veniva dichiarato pH 5.0-6.0 (CaCl₂), volume allo svuotamento (norme EN 12580) L 70 oltre alle concentrazioni sul peso secco di carbonio organico di origine biologica (35%), azoto organico (0.4%) e sostanza organica (60%); sabbia di sbancamento di duna e terreno franco limoso in rapporto volumetrico 1:1:1 al quale sono stati aggiunti 2 kg m⁻³ di un concime complesso (Nitrophoska Gold 15-9-15+2MgO) e, in forma preventiva, un fungicida (Previcur 80 mL hl⁻¹, s.a. propamocarb). Su tale substrato si sono distribuiti 3-4 semi per ogni alveolo. Nel complesso si sono seminati 540 alveoli e, subito dopo la semina, i contenitori sono stati posti in cella di germinazione a 27 °C e UR 90% e in tali condizioni l'emergenza si è conclusa in 2 giorni. Dopo questa fase, i contenitori sono stati trasferiti in serra a fotoperiodo naturale (LD) e, dal momento in cui le foglie cotiledonari si sono completamente espanse, fino allo stadio di 2 foglie vere, fase 12 scala BBCH (Feller et al., 1995), si è provveduto ad un graduale diradamento fino a lasciare una sola piantina per alveolo.

Quando le piante destinate alla vernalizzazione presentavano 3-4 foglie vere, sono state

portate in cella climatica per un breve periodo di acclimatazione prima del trattamento con i bassi livelli termici. A tale scopo la temperatura è stata ridotta da 25 a 15 °C il primo giorno, da 15 a 10 °C il secondo e da 10 a 5 °C il terzo, mentre erano già state impostate UR e fotoperiodo rispettivamente al 60% e 12 ore di luce (8.00-20.00). La cella climatica impiegata per la realizzazione degli interventi previsti dal piano sperimentale era costituita da quattro moduli indipendenti delle dimensioni di (0.75x0.60x0.25 m). All'interno di ognuno di questi erano presenti 5 tubi al neon al soffitto e altri 4 sulla parete interna della porta che, complessivamente, garantivano una densità di flusso quantico a livello delle piante di circa 300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. L'omogeneità della temperatura nelle singole unità era garantita da piccoli ventilatori che, oltre a permettere la movimentazione dell'aria in senso orizzontale, convogliavano la stessa al di sotto di una lastra di acciaio forata da cui l'aria risaliva verso l'alto coinvolgendo uniformemente le piante. L'UR veniva mantenuta al livello prefissato tramite umidostato. Al fine di garantire il regolare fabbisogno idrico alle piante, i contenitori erano posti all'interno di vassoi di plastica nei quali periodicamente e, secondo necessità, veniva versato il quantitativo di acqua richiesto. L'esposizione alla temperatura vernalizzante (5 °C) è iniziata il 1 giugno per le tesi V30, per le altre (V5-V10-V15 e V20), invece, il trattamento termico è stato avviato a distanza di 25, 20, 15 e 10 giorni rispettivamente, per avere piante omogenee al termine dello stesso, conclusosi per tutte il 30 giugno. Terminato il periodo di vernalizzazione, le piante sono state mantenute in cella con temperature di 16 °C di notte e 18 °C di giorno fino al 15 luglio per stabilizzare l'effetto del trattamento termico. In seguito sono state trasferite in serra dove si trovavano le piante della tesi V0 dalla conclusione dell'emergenza.

L'insieme dei trattamenti effettuati ha comportato la definizione di 18 tesi sperimentali derivate dalla combinazione fattoriale delle 3 classi di precocità per le 6 durate di vernalizzazione (tab. 1).

Per quanto riguarda i trattamenti fitosanitari, le piante rimaste sempre in serra sono state nebulizzate con ossicloruro di Cu (3 g L⁻¹) e con deltametrina, (Decis 0.8 mL L⁻¹, s.a. deltametrina) il 25 giugno. In cella, invece, visto il mode-

Tabella 1. Tesi a confronto (2004).

Table 1. Compared treatments (2004).

Vernalizzazione (giorni)	Tipologia Rosso di Chioggia		
	“Perseo” (P)	“Leo” (M)	“Virgo” (T)
0	P0	M0	T0
5	P5	M5	T5
10	P10	M10	T10
15	P15	M15	T15
20	P20	M20	T20
30	P30	M30	T30

sto accrescimento delle piante e le condizioni sfavorevoli all'insorgenza di patologie al livello termico vernalizzante, non sono stati effettuati interventi di alcun tipo.

Il 24 luglio, quando le piante delle diverse tesi, terminato il periodo di vernalizzazione e portate in serra, avevano raggiunto la fase fenologica di 10-12 foglie, sono state trapiantate in pieno campo. A questo proposito è stata predisposta una superficie di 300 m² (15x20 m) concimata con 50, 150, e 100 kg ha⁻¹ rispettivamente di N, P₂O₅ e K₂O. Su quest'area è stata condotta la prova seguendo lo schema distributivo a split-plot con 2 ripetizioni che prevedeva le classi di precocità (3) nelle parcelle e i periodi di vernalizzazione (6) nelle sub-parcelle. Si sono realizzate di conseguenza, complessivamente, 36 unità sperimentali, delle dimensioni di 1.5x2.5 m (3.75 m²) in ciascuna delle quali, con sesto d'impianto di 0.50x0.50 m (4 piante m⁻²) erano presenti 15 piante.

Per soddisfare le esigenze idriche delle piante, è stato predisposto un impianto di irrigazione a goccia con gocciolatori coestrusi che ha interessato le singole parcelle e inoltre, per evitare eventuali danni da grandine, tutta la superficie interessata dalla prova è stata protetta con rete antigrandine incolore sostenuta da una struttura portante realizzata con pali di legno alti 1.30 m.

La difesa fitosanitaria in pieno campo non ha presentato problemi particolari per cui è stato sufficiente intervenire soltanto in modo preventivo con ossicloruro di Cu (3 g L⁻¹) il 30 luglio e il 23 agosto.

I rilievi rivolti all'individuazione dell'avvenuta transizione di fase, identificata con la distensione degli internodi basali dello scapo, stadio 51 scala BBCH (Feller et al., l.c.), venivano eseguiti quotidianamente su tutte le piante. I da-

ti ricavati da questi rilievi sono poi stati impiegati per calcolare l'indice medio di transizione di fase (IMTF) per il quale si sono presi come riferimenti la data di trapianto, che corrispondeva a piante con 12 foglie vere aperte e il giorno in cui si rendeva visibile l'inizio dell'allungamento dello scapo. Inoltre, il 30 agosto, per ogni tesi e ripetizione, si sono prelevate 5 piante, già in piena antesi, e di queste è stato rilevato il numero di foglie presenti prima dell'allungamento dello scapo e quelle presenti sullo stesso al fine di verificare l'eventuale esistenza di relazioni tra fioritura e numero di foglie per pianta. La prova si è conclusa il 22 settembre 2004.

Con la seconda esperienza si sono posti a confronto otto tipi di radicchio: Rosso di Chioggia “Perseo” (precoce), “Leo” (medio) e “Virgo” (tardivo), Rosso di Verona “Cologna medio”, Variegato di Castelfranco “Castellano medio”, Variegato di Lusina “Adige tardivo”, Rosso di Treviso precoce “Mesola precoce” e Rosso di Treviso tardivo, “Sile tardivo”. Per ogni tipo di radicchio si sono considerate le risposte alla vernalizzazione (5 °C) per 3 periodi molto brevi (0, 5 e 15 giorni, identificati con V0, V5 e V15) nei confronti della fioritura e, nello stesso tempo, dell'appartenenza di questa asteracea all'insieme delle specie annuali o biennali. La prova ha quindi preso in considerazione 24 tesi sperimentali derivate dalla combinazione fattoriale di 8 radicchi per 3 periodi di vernalizzazione. Il seme, garantito per non aver subito vernalizzazioni sulla pianta madre, è stato fornito dalla ditta T&T Produce.

Per rendere più omogeneo il materiale di propagazione, la semina è avvenuta in cella a 27 °C e UR 90%, il 15, 25 e 30 gennaio 2005 rispettivamente per V15, V5 e V0 e, dopo la germinazione, si è provveduto al trasferimento delle singole plantule in 8 contenitori da 180 alveoli (18 mL per alveolo) riempiti con substrato analogo alla prima prova. Si sono pertanto considerate 180 piantine per tipo al fine di poter scegliere 90 omogenee per lo svolgimento della prova.

Durante le prime fasi di crescita si sono eseguite 2 fertirrigazioni (26 gennaio e 13 febbraio) con una soluzione a 1 g L⁻¹ di Planta® “Ferty 3” (15-10-15+2MgO).

A 30 giorni dalla semina (14 febbraio), quando le piantine presentavano 3-4 foglie vere, è iniziata la vernalizzazione in cella climatica per

la tesi V15, mentre il trattamento termico per la V5 è stato avviato 10 giorni dopo. Le condizioni climatiche impostate all'interno della cella erano: temperatura 5 °C, UR 65% e fotoperiodo breve (8.00-19.00 h). Tali interventi sono terminati il 28 febbraio.

Ultimata la vernalizzazione, le piante in contenitore sono rimaste in cella per altri 15 giorni al fine di fissare l'effetto vernalizzante a 16 °C di notte e 18 °C di giorno e sempre in SD.

Le piante del testimone non vernalizzato (V0), invece, mantenute sempre in serra, sono state ripicchettate, il 2 marzo, in 7 contenitori da 40 alveoli (100 mL) riempiti con substrato analogo ai precedenti. La stessa operazione si è ripetuta il 16 marzo anche per le piante vernalizzate. Da questo momento tutte le tesi hanno proseguito il ciclo colturale in serra fino al 25 maggio quando l'andamento termico all'esterno non garantiva temperature notturne superiori a quelle vernalizzanti (fig. 1). Questa condizione, infatti, era necessaria per le tesi non vernalizzate, al fine di valutare l'azione induttiva dell'LD in assenza di basse temperature.

Il terreno destinato ad ospitare la prova (380 m²) era stato concimato con 50, 150 e 100 kg ha⁻¹ rispettivamente di N, P₂O₅ e K₂O prima della sua preparazione. Si è operato su schema distributivo a split-plot con 2 ripetizioni disponendo i periodi di vernalizzazione (3) nelle parcelle e i tipi (8) nelle sub-parcelle delle dimensioni di 1.5x2.5 m (3.75 m²). Il trapianto è avvenuto il 26 maggio adottando un sesto d'impianto di 0.50x0.50 m che ha consentito di ottenere una densità di 4 piante m⁻². Il rifornimento idrico è stato assicurato tramite manichetta con gocciolatori coestrusi. Anche per questa prova si è

provveduto alla difesa dalla grandine con le stesse modalità della precedente.

Per valutare l'avvenuta transizione di fase, identificata con la distensione degli internodi basali dello scapo, i rilievi sono stati eseguiti quotidianamente su tutte le piante. I dati ricavati sono poi stati impiegati per calcolare l'indice medio di transizione di fase (IMTF) per il quale, anche in questo caso, si sono presi come riferimenti la data di trapianto, che corrispondeva a piante con 12 foglie vere aperte e il giorno in cui si rendeva visibile l'inizio dell'allungamento dello scapo. La prova si è conclusa il 17 settembre 2005.

I dati delle due prove sono stati elaborati statisticamente con l'ANOVA considerando i periodi di vernalizzazione stabiliti come fattore fisso e le tipologie di radichio, conosciuta la considerevole eterogeneità delle piante in esse presente, come fattore variabile; i valori delle medie sono stati separati con il test HSD di Tuckey.

Andamento meteorologico

I dati relativi all'andamento delle temperature, dell'UR e delle precipitazioni piovose per i due anni di prova e pluriennali (1963-2006), durante i periodi in cui le piante sono state mantenute in campo, sono stati rilevati nella stazione agrometeorologica presente nell'Azienda Sperimentale Agraria "L. Toniolo". Per quanto riguarda le temperature massime e minime, i valori registrati per il 2004 non hanno evidenziato scostamenti di rilievo nei confronti delle medie pluriennali, mentre il 2005 si è differenziato in modo consistente (fig. 1). Fino all'ultima decade di luglio, infatti, i valori max e min re-

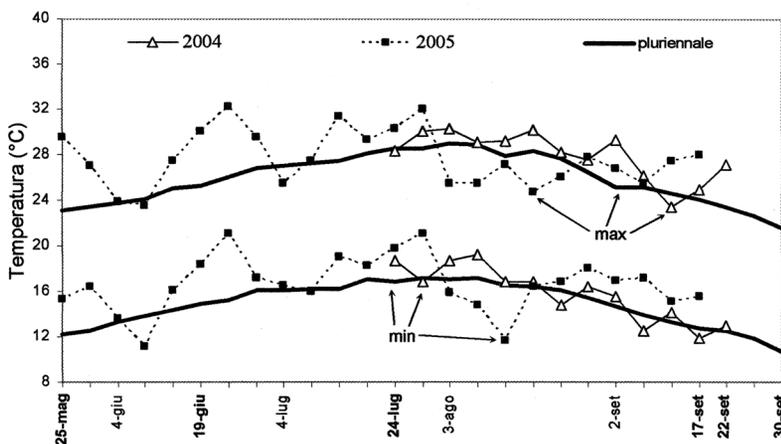


Figura 1. Temperature massime e minime esterne (°C) relative ai due anni di prova e pluriennali (medie pentadiche).

Figure 1. Max and min external temperatures (°C), in the two years of the trial and their pluriennial values (pentadic means).

lativi a questa annata sono risultati, per la grande maggioranza dei casi, marcatamente superiori. Successivamente, durante la prima metà di agosto, si sono registrati livelli termici al di sotto di quelli pluriennali attesi.

I dati relativi alle precipitazioni piovose durante il periodo di permanenza delle piante in piena aria (fig. 2), hanno messo in luce che nel 2004, l'ammontare della pioggia (151.4 mm) non si è discostato da quanto evidenziato dai valori pluriennali (154.3 mm). Le precipitazioni piovose del 2005, invece, con 450.0 mm, si sono discostate in modo consistente nei confronti di quanto atteso (299.5 mm). La distribuzione e la quantità delle piogge nelle diverse annate ha influito, ovviamente, sull'andamento dell'UR (fig. 3). Nel 2004 i valori della minima, ad eccezione della metà di settembre, non si sono discostati in modo significativo dai pluriennali, mentre nel 2005, a causa delle numerose precipitazioni verificatesi dal 13 agosto fino ai primi di settembre, sono stati rilevati i valori più alti (intorno al 60%). L'UR media, invece, si è mantenuta prossima ai valori attesi (70%) fino all'inizio di agosto per poi manifestare un tendenziale innalzamento fino ai primi di settembre. Infine, per quanto riguarda l'UR massima, colpisce il generale aumento rispetto ai valori pluriennali che mediamente si discostano del 10% con punte del 25% in alcuni casi nel 2005 (es. fine maggio, fine agosto-inizio settembre).

Risultati

Prima prova

I risultati relativi al conteggio delle foglie presenti nel grumolo e nello scapo fiorale, (30 agosto), hanno permesso di evidenziare che il loro

Tabella 2. Effetto dei periodi di vernalizzazione sul numero di foglie del grumolo, scapo fiorale e totale pianta nel Rosso di Chioggia (media classi P, M e T).

Table 2. Effect of vernalization periods on heart leaf number, flower scape and whole plant in Rosso di Chioggia (mean of P, M and T classes).

Vern. (d)	Medie classi precocità		
	grumolo	scapo	totali
0	30.6	32.0	62.6 a
5	20.0	19.3	39.3 c
10	31.3	26.0	57.3 ab
15	23.3	28.3	51.6 b
20	29.6	29.3	59.0 ab
30	20.3	36.6	57.0 ab
medie	25.8	28.6	54.5

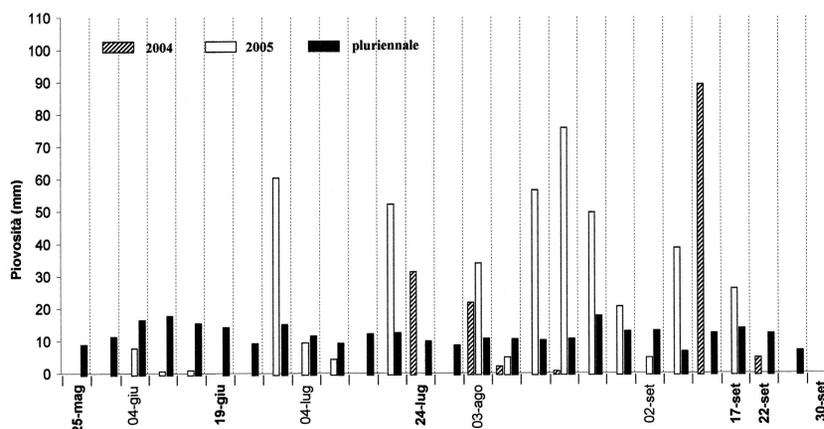
Per l'effetto principale dei periodi di vernalizzazione i valori senza alcuna lettera in comune differiscono per $P \leq 0.01$ secondo il test HSD di Tuckey. Significativa per $P \leq 0.01$ secondo il test HSD di Tuckey l'interazione "parti di pianta x giorni di vernalizzazione". Non significativo l'effetto principale delle parti di pianta.

About the main effect of vernalization periods, values with no letter in common differ for $P \leq 0.01$ according to Tuckey's HSD test. The interaction "part of plant x vernalization days" was significant for $P \leq 0.01$ according to Tuckey's HSD test. Main effect of plant parts was not significant.

numero si è distribuito uniformemente tra le due parti di pianta e che, come già noto, è aumentata passando dal tipo precoce a quello tardivo (dati non mostrati). Nel caso della tipologia precoce (P), infatti, si sono contate intorno alle 25 foglie per ciascuna delle due parti considerate, salite a 33 per la media (M) e 36 per la tardiva (T), valori che hanno portato ad un totale per pianta pari a 50, 66 e 72 rispettivamente. Nessuna risposta di rilievo è stata messa in evidenza dalle durate dei periodi di vernalizzazione (tab. 2); ciò può essere attribuito alla diversità dei

Figura 2. Precipitazioni cumulative pentadiche (mm) relative ai due anni di prova e pluriennali.

Figure 2. Cumulated pentadic rainfall (mm) in two years of the trial and its pluriennial values.



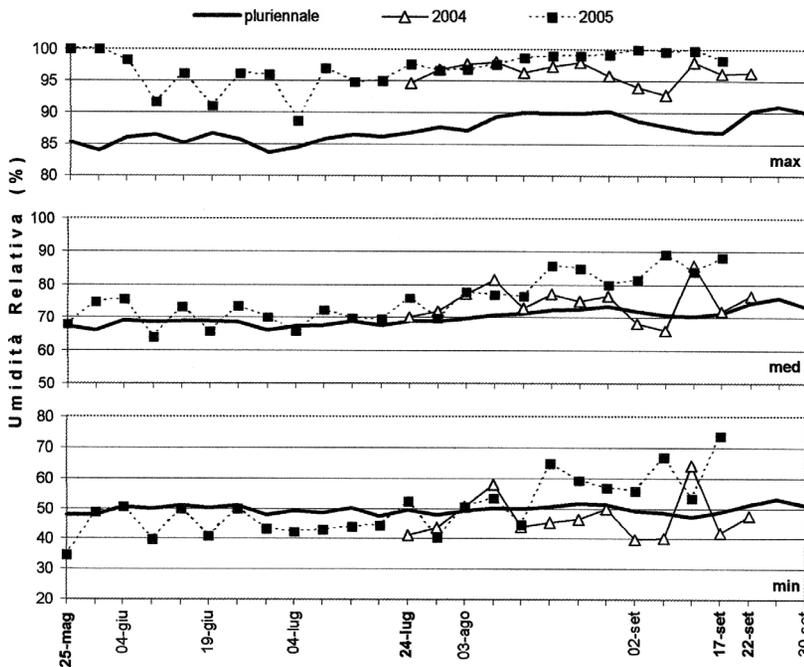


Figura 3. UR(%) massima, media e minima relative ai due anni di prova e pluriennali (medie pentadiche).

Figure 3. Max, mean and min RH (%), in the two years of the trial and its pluriennial values (pentadic means).

trattamenti riservati alle piante al fine di raggiungere analoga fase fenologica (10-12 foglie) tra tutte le tesi al momento del trapianto.

Nei confronti della transizione di fase si è potuto osservare che le percentuali cumulate

delle piante in fioritura tra 20 e 90 giorni dopo il trapianto (GDT), hanno manifestato notevole eterogeneità di risposta, sia tra le classi di precocità della tipologia di radicchio impiegata che tra le durate della vernalizzazione (fig. 4). Nei

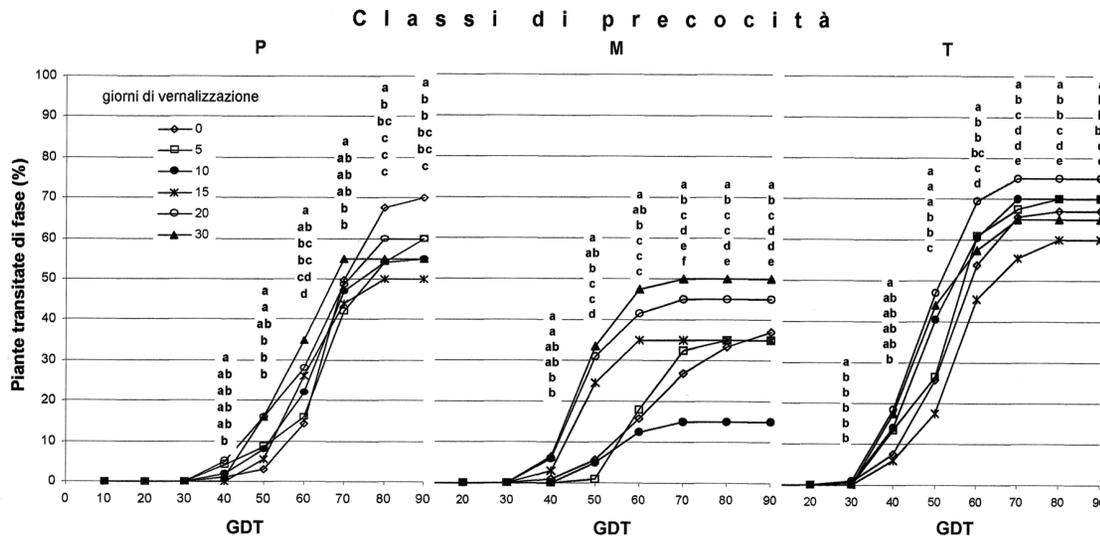


Figura 4. Diversa efficacia della vernalizzazione sulla percentuale di piante transitate di fase nelle classi di precocità P, M e T del Rosso di Chioggia (2004).

Figure 4. Different effectiveness of the vernalization on the changing phase seedling percentage in the P, M and T precocity classes of Rosso di Chioggia (2004).

Nell'ambito delle classi di precocità, le medie senza alcuna lettera in comune per i singoli GDT differiscono significativamente per $P \leq 0.001$ secondo il test HSD di Tuckey. Significativa per $P \leq 0.001$ secondo il test HSD di Tuckey l'interazione "classi di precocità x giorni di vernalizzazione".

Within the precocity classes, means with no letter in common for the single DAT differ significantly for $P \leq 0.001$ according to the Tuckey's HSD test. The interaction "precocity classes x vernalization days" was significant according to the Tuckey's HSD test.

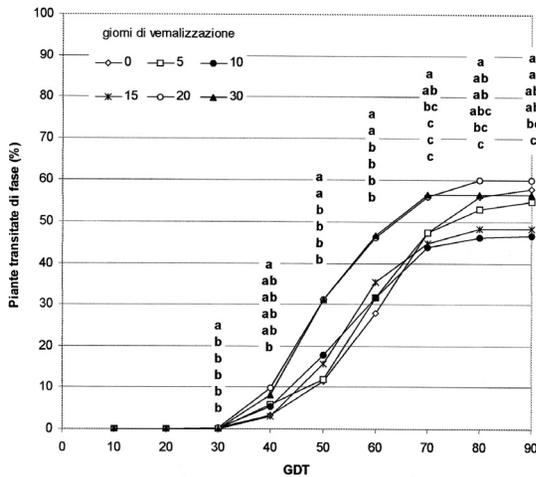


Figura 5. Effetto principale dei periodi di vernalizzazione sulla percentuale di piante transitate di fase (2004).

Figure 5. Main effect of vernalization on changing phase plants (2004).

Nell'ambito dei GDT le medie senza alcuna lettera in comune differiscono significativamente per $P \leq 0.001$ secondo il test HSD di Tuckey.

About DAT, means with no letter in common differ significantly for $P \leq 0.001$ according to the Tuckey's HSD test.

confronti delle classi, infatti, si può osservare che la T è stata quella che già a 20 GDT aveva iniziato il passaggio di fase di alcune piante (inferiore al 5%), mentre per P ed M si sono dovuti attendere altri 10 giorni. Proseguendo con il ciclo culturale, a 40 GDT tutte le classi di precocità avevano iniziato il cambiamento di fase, ma con intensità differenziata nell'ambito dei periodi di vernalizzazione. Infatti, le percentuali di fioritura sono state contenute tra 0.2 e 5.0% nella classe P, con i valori più elevati in corrispondenza delle piante sottoposte a 5 o 20 giorni di vernalizzazione, cui ha fatto seguito la M, con percentuali comprese tra 0.2 e 6.5% e le risposte migliori con 20 o 30 giorni e, la T, che ha mostrato l'intervallo più ampio (6.0-18.5%) con i valori più consistenti e superiori al 15%, quando i periodi di vernalizzazione sono risultati pari a 20 o 30 giorni. In epoca successiva (60 GDT), nel caso delle classi P e M, si è osservato un consistente incremento del passaggio alla fase riproduttiva delle tesi vernalizzate per 30 giorni, mentre nel caso della T tale aumento si è verificato in corrispondenza di V20. Passando da 60 a 70 GDT, i rilievi giornalieri, hanno evidenziato un notevole aumento

della percentuale di piante in fioritura in V0 nelle classi P e T. A 70 GDT la maggiore transizione di fase è stata determinata, in P, da V30 (55.5%) e, in T (75.0%), da V20. La classe M ha fornito, invece, i valori più modesti, non superiori al 50.0% e, nell'ambito delle tesi, si sono distinte quelle vernalizzate per 30 e 20 giorni con il 50.0 e 45.0% rispettivamente.

Da 70 a 80 GDT i valori hanno subito innalzamenti poco consistenti in M e T per V0, V5 e, a questi periodi di vernalizzazione si è aggiunto V15 in T. La classe P ha, invece, manifestato incrementi notevoli (es. 18.2% V0 e 12.0% V20) ad eccezione di V30 per la quale non si sono verificate ulteriori fioriture. Durante il periodo da 80 a 90 GDT la transizione di fase è risultata modesta ed ha interessato soltanto V0, V5 e V10 in P e V0 in M. Infine, sempre dalla figura 4, si può osservare che alla conclusione della prova (90 GDT), la maggiore percentuale di piante che aveva evidenziato transizione di fase si è riscontrata nella classe T (66.6%) seguita da P (58.5%) ed M (35.8%) con intensità diversificate nell'ambito delle durate dei periodi di vernalizzazione.

La valutazione degli effetti principali dei periodi di vernalizzazione (Fig. 5) permette di evidenziare l'efficacia della durata dei trattamenti sulla transizione di fase delle piante. In primo luogo si osserva una consistente precocizzazione del fenomeno, infatti, le piante vernalizzate per 20 o 30 giorni hanno manifestato l'inizio dell'allungamento dello scapo con 10 giorni di anticipo nei confronti degli altri trattamenti. L'analisi della varianza effettuata sui valori ricavati a 40 GDT ha presentato effetti significativi tra il testimone e V20, mentre non si sono verificati scostamenti tra le altre tesi a confronto. A 50, 60 e 70 GDT si sono evidenziati due gruppi di tesi, il primo, con i valori più elevati è rappresentato da V20 e V30 e il secondo da tutte le altre tesi. A 80 GDT e a fine prova, alle tesi con la maggiore percentuale di fioritura si è aggiunto il testimone e V5, mentre sempre più bassi sono parsi i valori di V10 e V15 non diversi tra loro.

Per quanto riguarda l'indice medio di transizione di fase (IMTF), calcolato con riferimento alla data del giorno di trapianto (fig. 6), si è osservata una contrazione dei valori, passando dalla classe P alla T, con diversa intensità dell'effetto in relazione alle durate della vernaliz-

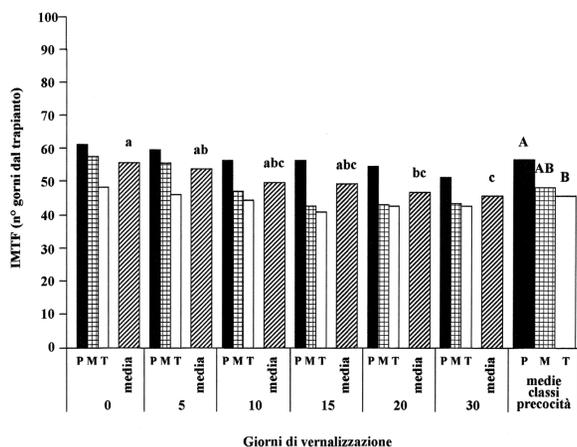


Figura 6. Effetto della durata della vernalizzazione (dd) sull'indice medio di transizione di fase (IMTF) in diverse classi di precocità (P, M e T) del Rosso di Chioggia (2004).

Figure 6. Effect of vernalization length (dd) on the phase transition mean index (PTMI) in different precocity classes (P, M and T) of Rosso di Chioggia (2004).

Nell'ambito degli effetti principali dei periodi di vernalizzazione (minuscole) e delle classi di precocità (maiuscole), le colonne senza alcuna lettera in comune rappresentano medie significativamente diverse per $P \leq 0.001$ secondo il test HSD di Tuckey.

About the main effects of vernalization periods (low-case letters) and precocity classes (capital letters), the columns with no letters in common are the significantly different means for $P \leq 0.001$ according to the Tuckey's HSD test.

zazione. Nei confronti delle classi di precocità, sempre dalla stessa figura, appare che la T presenta più precoce transizione di fase nei confronti di M e P come evidenziato dai valori dell'IMTF pari rispettivamente a 46.8, 49.1 e 56.4. Inoltre, a proposito dei periodi di vernalizzazione, si è verificata una graduale contrazione dell'IMTF con l'aumentare della loro durata.

Seconda prova

Le tipologie e classi di radicchio considerate hanno dimostrato diversa predisposizione alla transizione di fase, condizionata inoltre, dai brevi periodi di vernalizzazione adottati, come appare dalla figura 7. Infatti tale fenomeno si è manifestato a 30 GDT in V15, mentre in V0 e V5 soltanto 10 giorni dopo. A 50 GDT soltanto le piante del Rosso di Treviso tardivo erano ancora in fase vegetativa, in tutti gli altri casi si sono osservati cambiamenti di fase sempre più consistenti nel Variegato di Lusìa seguito dal Rosso di Verona in V0 e Rosso di Treviso precoce in V5 e V15. A 70 GDT i radicchi a confronto hanno iniziato a differenziare l'intensità della transizione di fase con i valori più modesti, inferiori al 10%, in corrispondenza del Rosso di Treviso, seguito dal Rosso di Chioggia pre-

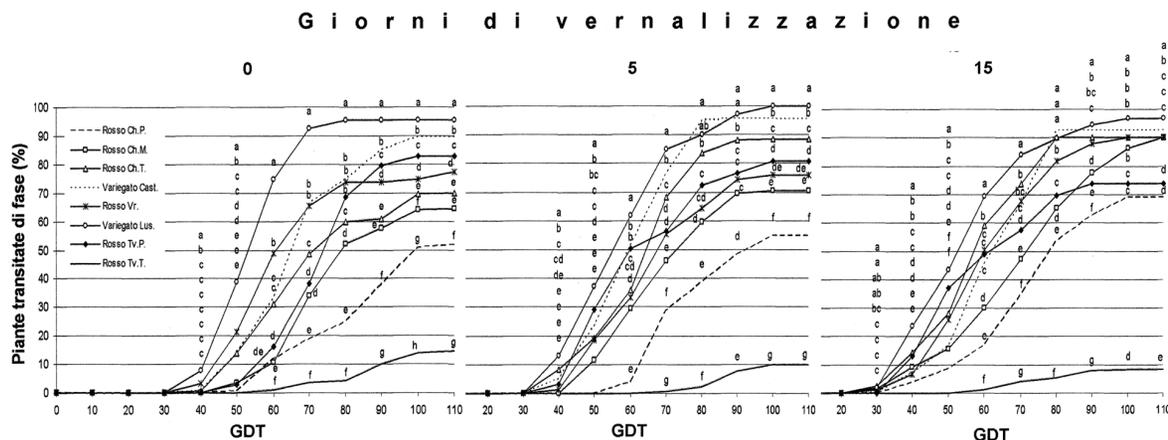


Figura 7. Diversa efficacia della vernalizzazione sulla percentuale di piante transitate di fase nelle varie tipologie e classi di radicchio (2005).

Figure 7. Different effectiveness of vernalization on changing phase plant percentage in the different type and classes of radicchio (2005).

Nell'ambito dei periodi di vernalizzazione, le medie senza alcuna lettera in comune per i singoli GDT differiscono significativamente per $P \leq 0.001$ secondo il test HSD di Tuckey. Significativa per $P \leq 0.001$ secondo il test HSD di Tuckey l'interazione "giorni di vernalizzazione x tipologie e classi".

About the vernalization periods, means with no letter in common for the single DAT significantly differ for $P \leq 0.001$ according to the Tuckey's HSD test. The interaction "vernalization days x type and classes" was significant according to the Tuckey's HSD test.

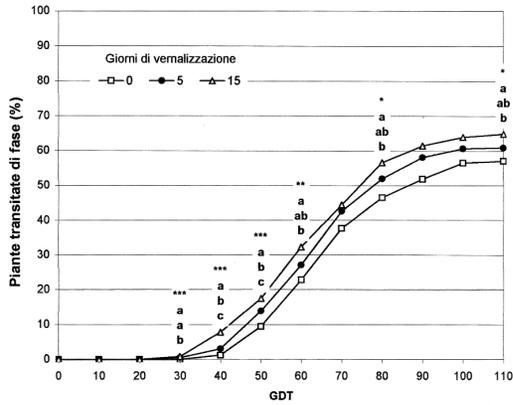


Figura 8. Effetti principali dei giorni di vernalizzazione sulla percentuale di piante transitate di fase (2005).

Figure 8. Main effects of vernalization days on changing phase plant percentage (2005).

Nell'ambito dei GDT, le medie senza alcuna lettera in comune differiscono significativamente per $P \leq 0.05$ (*), $P \leq 0.01$ (**), $P \leq 0.001$ (***)

Within DATs, means with no letter in common significantly differ for $P \leq 0.05$ (*), $P \leq 0.01$ (**), $P \leq 0.001$ (***)

coce, con meno del 40%, mentre i valori più consistenti, oltre l'85%, si sono verificati per il Variegato di Lusìa. Sempre dalla figura 7 si può, inoltre, osservare che, a 90 GDT, il Rosso di Treviso tardivo ha continuato a presentare sempre i valori più bassi e inferiori al 10%, il Rosso di Chioggia precoce si è mantenuto al di sotto del 65% e il Variegato di Lusìa il valore maggiore (oltre 95%). Da 90 a 110 GDT (conclusione della prova) le percentuali di transizione di fase non sono, in generale, aumentate in modo consistente, ad eccezione del Rosso di Chioggia medio che, in V15, ha evidenziato un incremento intorno al 15%. Per quanto riguarda gli effetti principali dei periodi di vernalizzazione (fig. 8) è emerso che, a 30 GDT, la transizione di fase è avvenuta soltanto in V15 mentre, nei 10 giorni successivi, il fenomeno ha iniziato a manifestarsi anche in V0 e V5 con valori che si sono discostati in modo significativo. Tale acquisizione si è mantenuta durante l'intero ciclo colturale, ma le differenze tra V5 e le altre due tesi non sono risultate significative. A fine prova le percentuali di piante in fase riproduttiva hanno manifestato incrementi rispetto al testimone V0 (56.1%) del 9 e 16% rispettivamente per V5 e V15.

Anche in questa esperienza, è stato conside-

rato l'indice medio di transizione di fase (IMTF). Nella figura 9 risulta che i radicchi considerati possono essere suddivisi in tre gruppi: al primo afferiscono le classi T del tardivo di Treviso e P del Rosso di Chioggia per le quali l'IMTF si è mantenuto sui valori più elevati, compresi tra 68 e 75 giorni e di conseguenza sono risultate le più tardive nell'allungamento dello scapo; al secondo quelle con l'IMTF più basso, compreso tra 50 e 57 giorni, che hanno manifestato maggiore precocità nell'allungamento degli scapi e fanno riferimento al Rosso di Chioggia T, Variegato di Castelfranco, Rosso di Verona, Variegato di Lusìa e Rosso di Treviso P; al terzo il Rosso di Chioggia M che ha evidenziato un comportamento intermedio agli altri due con IMTF di poco inferiore a 65 giorni.

Discussione

I risultati ottenuti dalla prova condotta nel 2004, finalizzata alla valutazione di durate diverse dei

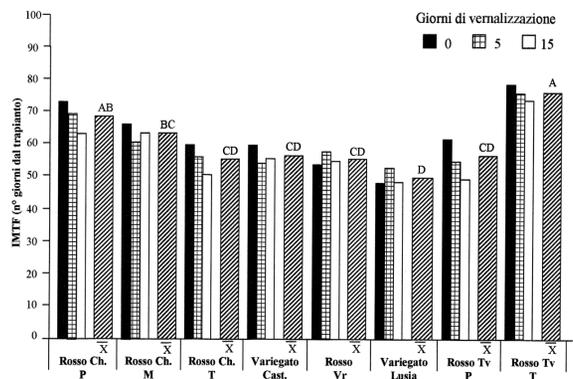


Figura 9. Diversa efficacia dei giorni di vernalizzazione sull'indice medio di transizione di fase (IMTF) in diverse tipologie e classi di radicchio (2005).

Figure 9. Different effectiveness of vernalization days on the phase transition mean index (PTMI) in different type and classes of radicchio (2005).

Nell'ambito delle colonne, i valori identificati dallo stesso carattere senza alcuna lettera in comune differiscono significativamente per $P \leq 0.001$ secondo il test HSD di Tuckey. Significativa per per $P \leq 0.001$ secondo il test HSD di Tuckey l'interazione "IMTF x tipi e classi".

Within columns, the values identified by the same characters with no letter in common significantly differ for $P \leq 0.001$ according to Tuckey's HSD test.

The interaction "PTMI x type and classes" was significant for $P \leq 0.001$ according to Tuckey's HSD test.

periodi di vernalizzazione su tre classi di precocità (P, M e T) del Rosso di Chioggia, non hanno messo in evidenza alcuna correlazione tra numero di foglie differenziate nel grumolo, sullo scapo e totale per pianta e la transizione di fase. Si è osservato che la classe P ha presentato un numero inferiore di foglie rispetto ad M e T. Ciò non stupisce poiché P presenta un ciclo di crescita e sviluppo più breve e, di conseguenza, la quantità di foglie differenziate risulta ovviamente più contenuta. Inoltre, per quanto riguarda l'effetto della vernalizzazione, nei confronti di questa tipologia, non sempre congruenti sono risultate le risposte delle tre classi di precocità. Infatti, fino a 70 GDT, la P ha manifestato la più elevata percentuale di piante transitate di fase in corrispondenza delle tesi vernalizzate più a lungo, che sono state, però, superate dal testimone V0 oltre che da V5 al termine della prova. Nella classe M, si sono registrati, in generale, i valori di passaggio di fase meno consistenti e le risposte alle durate della vernalizzazione sono parse molto più diversificate nei confronti di P e T con le percentuali migliori fornite dalle tesi V20 e V30. Nella classe T si è ripetuto quanto già esposto per P, fino a 50 GDT, successivamente le percentuali più elevate si sono riscontrate in V20 seguite da V5 e V10. Si è poi osservato che, sempre in relazione alla transizione di fase, gli effetti principali delle durate della vernalizzazione, sono stati migliori in corrispondenza di V20 e V30, fino a 70 GDT, mentre, negli ultimi 10 giorni (80-90 GDT) a queste tesi si sono aggiunte V0 e V5. Interessanti sono parsi anche i dati relativi all'IMTF che hanno evidenziato un graduale incremento della precocità nella transizione di fase all'aumentare della durata della vernalizzazione (Pimpini e Gianquinto, l.c.). In particolare, nell'ambito delle classi, è emersa la maggiore precocità della T, verosimilmente dovuta alla sua più elevata sensibilità all'azione promotrice della vernalizzazione. Non sorprende la risposta della P poiché, gli interventi di selezione massale, mirati ad ottenere il prodotto in controstagione (in Veneto da aprile a inizio giugno), possono avere reso tale classe meno dipendente dai fattori termo-induttivi.

Nel secondo anno di prova, considerata l'opportunità di ampliare la gamma dei radicchi a confronto e sulla base dei risultati conseguiti nel

2004, si sono prese in considerazione otto, tra tipologie e classi, dei più importanti radicchi coltivati in Veneto, sottoposti a brevi periodi di vernalizzazione. Anche se per il Rosso di Chioggia nelle tre classi di precocità, si è impiegato seme proveniente dallo stesso lotto, le risposte delle piante ai trattamenti vernalizzanti, limitate a V0, V5, e V15 non sono state di pari intensità nelle due annate. Molto modesta è parse la percentuale di piante transitate di fase per il Rosso di Treviso tardivo. Tale comportamento, come affermano alcuni autori (Pimpini e Chillemi, 1993), può essere giustificato dalla verosimile linea evolutiva che ritiene questa tipologia essere l'antenato comune a tutti i tipi attualmente coltivati e presenta ancora la biennialità che caratterizza la specie. Infatti, con semine e/o trapianti primaverili esso non manifesta la transizione di fase poiché non esposto al lungo periodo di vernalizzazione rappresentato dalla stagione autunno-vernina. Questa prerogativa, invece, si è attenuata progressivamente nel tempo, fino ad annullarsi nelle tipologie derivate dal Variegato di Castelfranco che si reputa provenire da incrocio spontaneo o controllato tra Rosso di Treviso tardivo e scarola (*Cichorium endivia* var. *latifolium*). Queste, infatti, presentano notevole predisposizione alla fioritura già al primo anno di coltivazione, come evidenziato dal Rosso Di Chioggia nei due anni di prova, dal Variegato di Lusia e ovviamente dal Castelfranco. Le risposte del Rosso di Verona e Rosso di Treviso precoce sono risultate analoghe a quelle delle tipologie sopra ricordate, nonostante provengano dal Rosso di Treviso tardivo per selezione massale. Ciò può essere giustificato, nel primo caso, da interventi di miglioramento genetico che, al fine di incrementare il peso unitario del grumolo, possono avere considerato come parentali anche piante di Rosso di Chioggia, nel secondo, invece, da probabile perdita della necessità di esposizione alle basse temperature per transitare di fase, dovuta ai continui processi selettivi avvenuti negli anni. I valori dell'IMTF hanno messo in evidenza che il Rosso di Treviso tardivo ha presentato il ritardo più consistente nell'attivare la transizione di fase, dovuta alla biennialità che lo contraddistingue. A questo hanno fatto seguito il Rosso di Chioggia nelle classi P e M e, a valori inferiori, i rimanenti tipi.

Conclusioni

Concludendo è pertanto possibile affermare che:

- nei confronti delle tipologie e classi considerate, all'aumentare della permanenza alla temperatura vernalizzante si è intensificata la transizione di fase che ha manifestato comportamenti diversificati tra i vari radicchi;
- nei confronti dell'appartenenza all'insieme delle specie annuali o biennali si può affermare che il Rosso di Treviso tardivo è, attualmente, l'unica tipologia a far parte del secondo gruppo;
- nei confronti della vernalizzazione, pur essendo fattore non induttivo, si è osservato, in entrambe le prove, un incremento della transizione di fase con l'aumentare dell'esposizione alla bassa temperatura e tale fenomeno è risultato particolarmente marcato entro i 50 giorni successivi al trapianto;
- nei confronti dell'IMTF viene ribadito quanto sopra affermato a proposito della durata della vernalizzazione e, di conseguenza, le transizioni di fase più precoci corrispondono ai maggiori periodi di esposizione alla temperatura vernalizzante.

Bibliografia

- Bernier G., Kinet J.M., Sachs R.M. 1981. The Physiology of Flowering, 1:13-116. CRC Press, Florida.
- Feller C., Bleiholder H., Buhr L., Hack H., Hess M., Klose R., Meier U., Stauss R., Van Den Boom T., Weber E. 1995. Phänologische Entwicklungsstadien von Gemüsepflanzen: I. Zwiebel-, Wurzel-, Knollen- und Blattgemüse. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., 47:217-232.
- Gianquinto G. 1997. Morphological and physiological aspects of phase transition in radicchio (*Cichorium intybus* L. var *silvestre* Bischoff): influence of daylength and its interaction with low temperature. Sci. Hort., 71:13-26.
- Gianquinto G., Pimpini F. 1995. Morphological and physiological aspects of phase transition in radicchio (*Cichorium intybus* L. var *silvestre* Bischoff): the influence of temperature. Adv. Hort. Sci., 4:192-199.
- Pimpini F., Chillemi G. 1993. Evoluzione delle tecniche colturali e prospettive di sviluppo dei radicchi veneti. Atti Convegno "I radicchi veneti: 20 anni di esperienze produttive e commerciali", 1 dicembre, Verona, Italia, 9-28.
- Pimpini F., Nicoletto C., Varotto S. 2007. Radicchio: efficacia del fotoperiodo e della vernalizzazione sull'induzione a fiore. Colture Protette, 1:50-63.