

Il riscaldamento superficiale nelle pere Abate Fétel parte sin dal campo



A. Bonora¹ - E. Muzzi¹ - C. Franceschini¹
 A. Boini¹ - G. Bortolotti¹ - K. Bresilla¹
 G. Perulli¹ - M. Venturi¹ - L. Manfrini¹
 L. Corelli Grappadelli¹

¹Dipartimento di Scienze e
 Tecnologie Agro-Alimentari –
 Università di Bologna

²Affiliazione attuale:
 Wageningen Plant Research,
 Wageningen, Netherlands

La fisiopatia sembra indotta da varie fonti di stress: errata gestione del carico produttivo, squilibri vegeto-produttivi, non ottimale gestione del suolo, stagioni brevi e quindi scarso accumulo di antiossidanti

La necessità di indagare la gestione post-raccolta della frutta durante la conservazione a lungo termine nasce dal fatto che molti frutticoltori italiani hanno aumentato le proprie produzioni autunnali, come mele, pere e kiwi. Il riscaldamento superficiale (RS) è una delle principali cause di perdita di prodotto nelle pere invernali durante la frigoconservazione. Il sintomo appare come un imbrunimento generale della buccia, dovuto alla necrosi dei tessuti superficiali dell'epidermide.

Lo studio delle cause è complesso, ma si possono identificare due fattori principali:

il danno da freddo e lo stress ossidativo. Nel corso degli anni, l'attenzione si è concentrata sul composto volatile α -farnesene e sul suo processo di ossidazione. Per prevenire questo disturbo, fino a pochi anni fa era possibile trattare le pere in post-raccolta con etossichina. Il divieto del suo utilizzo da parte dell'Ue ha sollevato notevoli preoccupazioni. Al giorno d'oggi, i trattamenti chimici pre e post-raccolta con 1-MCP forniscono risultati non del tutto risolutivi: il problema principale è la lenta e disomogenea maturazione post-conservazione.

Le pere Abate Fétel sono fra l'altro sensibili a bassi livelli di ossigeno che possono causare riscaldamento molle. Inoltre, lo sviluppo fisiologico e la successiva maturazione dei frutti possono cambiare drasticamente in base al carico produttivo e a fattori agronomici, climatici o di gestione del frutteto. È quindi difficile mettere in pratica linee guida consolidate per la gestione post-raccolta di questa cultivar di pera. Tuttavia, i sintomi del RS sono solo l'espressione finale di un disturbo fisiologico che è multifattoriale. Recentemente alcuni Autori hanno utilizzato specifici modelli basati sull'analisi multivariata delle componenti principali per elaborare i dati di diverse varietà di pere.

Questa ricerca ha dunque indagato la presenza di riscaldamento superficiale su pere Abate Fétel per comprendere meglio l'effetto dei fattori pre-raccolta che portano a una forte suscettibilità dei lotti di alcuni produttori durante la conservazione e dopo "shelf life".

Vengono utilizzati modelli statistici avanzati per descrivere e identificare le migliori pratiche sotto il controllo degli agricoltori o la variabilità prevedibile del clima e del suolo che possono aiutare a gestire, conservare e commercializzare le pere a seconda del loro potenziale di conservazione, prevenendo il verificarsi di riscaldamento superficiale.

$$\text{Indice di riscaldamento} = \frac{\sum_{i=0}^4 (\text{gravità del sintomo}) \times (\text{numero di frutti nella classe di RS})}{\text{numero totale dei frutti}}$$

Formula per il calcolo dell'indice RS (Riscaldamento superficiale)

LA SPERIMENTAZIONE

Sono stati individuati trenta frutteti della varietà Abate Fétel situati in Emilia-Romagna in tre stagioni consecutive (2018-19, 2019-20 e 2020-21), caratterizzati da un'incidenza variabile in passato di RS dopo la conservazione. Per ognuno di essi si è proceduto ad una dettagliata caratterizzazione dei diversi parametri di gestione colturale, quali concimazione azotata, regimi irrigui, applicazione di fitoregolatori, contenuto di sostanza organica nel suolo, portinnesti, sistema di allevamento, presenza di reti antigrandine. Sono state considerate anche la produttività dei frutteti, le temperature e le precipitazioni, le date di fioritura e di raccolta. Per migliorare la caratterizzazione sono state condotte presso ciascun produttore interviste dettagliate sulla conduzione del frutteto. Alla raccolta sono state poste adeguate quantità di prodotto in atmosfera normale (-0,5 °C, umidità relativa-UR >90 %): diciotto cassette per ogni azienda nel primo anno, dodici cassette nel secondo anno e sei nel terzo anno.

Dopo 3 (T1) e 5 mesi (T2) in cella frigorifera più 7 giorni a temperatura ambiente (20°C) e umidità relativa al 60%, è stata valutata la presenza e l'entità del RS su 30 frutti per azienda. Sono state definite quattro classi a seconda della gravità dei sintomi nella buccia delle pere: classe 0 dove non c'era imbrunimento; classe 1 dallo 0% al 25% di RS; classe 2 dal 25% al 50% di RS e classe 3 oltre 50% di RS dopo "shelf-life".

Un indice RS è stato calcolato con la formula rappresentata qui in alto.

Tutti i dati raccolti sono stati sottoposti ad analisi multivariata. Le analisi multivariate, definite "semaforiche", come "recursive partitioning and regression" (rpart) e "classification and regression trees" (tree) sono state eseguite utilizzando il software statistico R. Le analisi rpart e tree sono state applicate per comprendere l'effetto dei fattori (1 e 0) o le loro soglie (numerica). Le luci verde e rossa indicano rispettivamente una diminuzione o un aumento dell'indice RS.

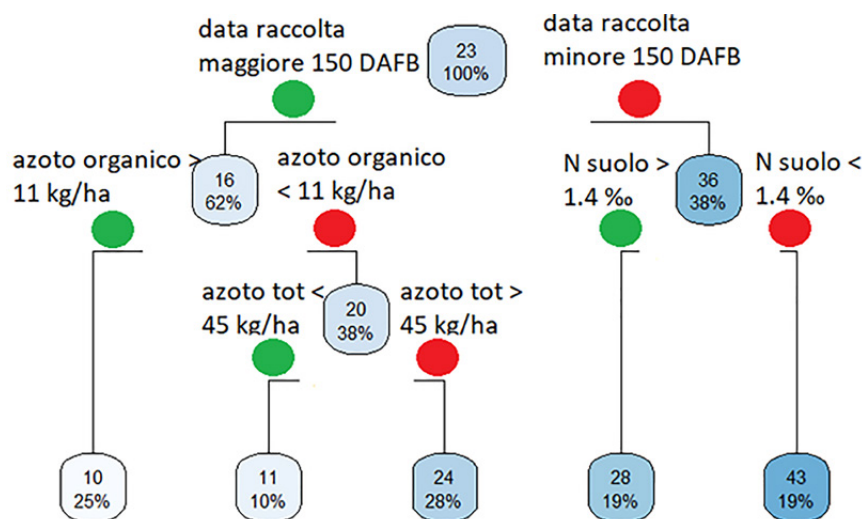
SVILUPPO DI RISCALDO SUPERFICIALE

Sebbene le pere Abate Fétel certificate da Indicazione Geografica Protetta (IGP) debbano garantire livelli qualitativi costanti, la diversità degli ambienti di coltivazione e dei sistemi di produzione determinano una sostanziale variabilità del prodotto. Allo stesso modo, i nostri dati hanno mostrato un'elevata eterogeneità tra i produttori dopo la frigoconservazione per quanto riguarda lo sviluppo del RS. Tuttavia, nel 2018 dopo 5 mesi tutte le partite presentavano sintomi di RS, ma non nel 2019 (tab. 1). Nel 2020 si è verificato uno scenario intermedio. In generale le pere Abate Fétel in celle con atmosfera normale dopo 4 mesi diventano sensibili al RS e possono perdere la loro capacità di maturazione, ma alcune aziende hanno mostrato più sintomi, probabilmente a causa del diverso ambiente di coltivazione e dell'eterogeneità della gestione agronomica.

FATTORI AGRONOMICI

Alcuni fattori in pre-raccolta sono cambiati considerevolmente tra le tre stagioni, come

FIG. 1 - ANALISI RPART, DETTA "SEMAFORICA", TRA FATTORI QUANTITATIVI E INDICE RS DELLA PERA ABATE FÉTEL DOPO 5 MESI DI CELLA FRIGORIFERA



Nota: Verso il pallino verde l'ipotesi è confermata e il RS diminuisce (data raccolta ≥ 150; azoto nel suolo ≥ 1.4; azoto organico ≥ 11; azoto totale < 45); verso il pallino rosso non è soddisfatta e il RS aumenta. I numeri nel cerchio rappresentano l'indice RS e la percentuale di produttori con quel valore. Il colore delle caselle rappresenta la gravità della RS: RS basso (indice RS: 0-15; la maggior parte dei frutti non mostra RS o mostra lievi sintomi); RS da medio a grave (indice RS: 16-30; presenza di RS progressivamente più grave); RS grave (indice RS: >30; la maggior parte dei frutti mostra sintomi gravi e in alcuni frutti sintomi molto gravi).

TAB. 1 - VARIAZIONE DEI FATTORI DI PRE-RACCOLTA E INDICE RS DEI PRODUTTORI DOPO 5 MESI DI STOCCAGGIO DI ABATE FÉTEL TRA 1^A, 2^A E 3^A STAGIONE DI PROVA

Codice	Azoto (kg)			Precipitazioni (mm)			Produzione (t/ha)			Data di raccolta (DAFB)			Indice RS		
	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°
111	70	151	89	236	279	144	45	29	34	146	162	155	40,8	14,2	31,7
121	31	219	120	302	281	179	52	28	46	146	160	150	50	8,3	23,8
131	79	45	76	226	313	254	54	41	11	145	151	159	61,7	45,8	37,5
212	128	82	140	287	347	139	40	27	45	152	165	162	37,1	25	22,1
222	67	43	52	320	354	235	22	11	19	152	160	159	41,7	0,8	4,6
242	141	44	49	152	467	268	23	5	19	149	163	155	35,8	3,3	67,9
262	84	110	27	188	406	311	40	20	33	149	164	159	58,8	16,7	23,8
272	9	37	6	356	416	305	20	15	16	147	159	155	25	2,5	7,5
282	49	115	76	124	387	302	29	21	22	147	163	152	50,4	31,7	17,9
292	44	20	67	185	405	292	15	19	20	145	163	155	20,4	48,3	9,2
311	339	150	116	281	339	259	23	4	28	146	162	155	45,8	4,2	0,8
321	58	80	27	248	319	171	17	10	26	146	162	153	58,8	20	23,3
331	94	73	65	196	368	269	41	12	33	146	162	148	56,3	39,2	29,6
341	98	148	124	217	332	263	16	8	21	153	150	146	55,4	41,7	36,3
351	135	209	104	256	309	276	24	20	28	143	150	152	20,8	30,8	14,6
412	83	168	165	197	408	249	38	13	13	144	157	146	37,5	23,3	3,8
432	62	71	121	276	448	277	45	13	54	146	161	146	62,9	23,3	16,7
442	107	64	103	194	411	249	33	13	51	140	159	144	54,6	15,8	65,4
451	3	79	62	244	293	156	40	28	37	141	165	160	2,5	5	5,4
461	75	70	150	209	301	186	57	22	22	143	168	160	21,3	5	7,5
472	99	100	18	375	454	180	35	16	30	144	154	151	45	28,3	14,6
482	55	120	57	403	327	180	35	6	27	145	151	152	28,3	7,5	1,7
492	133	103	73	248	354	269	30	11	20	146	160	145	57,1	12,5	31,3
Media	89	100	82	249	362	235	34	17	28	146	160	153	42,1	19,7	21,6

la resa e le condizioni meteorologiche (*tab. 1*). È stata osservata inoltre un'elevata variabilità di RS tra diversi anni e produttori con condizioni gestionali e climatiche diverse (*tab. 1*). Tuttavia, nell'arco di varie stagioni le stesse fisiopatie possono manifestarsi all'interno del medesimo frutteto e, di conseguenza, la loro presenza potrebbe essere prevista.

La gestione del carico produttivo delle colture è particolarmente importante perché può influenzare lo stato fisiologico delle piante. In tutte le stagioni, le rese elevate aumentano il RS (*tab. 1*), probabilmente a causa di uno squilibrio delle risorse e della riduzione della disponibilità degli elementi. Un carico produttivo bilanciato rappresenta uno dei fattori più rilevanti, in grado di influenzare l'indice RS con un livello massimo di 39,17, in caso di assenza di reti, e un livello minimo di 10,17, con

l'uso di impollinatori (*fig. 2*). La produzione, associata a temperature più elevate in raccolta e all'uso di ormoni per promuovere l'allegagione, può influenzare l'assimilazione dei carboidrati e del calcio nel frutto e, possibilmente, la suscettibilità al RS attraverso il metabolismo secondario post-raccolta.

Considerando tutte le stagioni, abbiamo evidenziato che raccolte troppo precoci possono favorire il verificarsi di RS. Gli stacchi di Abate Fétel nel 2019 e nel 2020, quando si è riscontrato poco RS in conservazione, sono stati posticipati rispettivamente di 14 e 7 giorni in media (*tab. 1*). Nella *figura 1* la data di raccolta appare il fattore più importante e viene determinata una soglia minima di 150 giorni dopo la fioritura (DAFB), in combinazione con i livelli di azoto. Pertanto, si assume che le condizioni di crescita che modulano gli

zuccheri e gli antiossidanti, contribuiscano all'effetto della data di raccolta sul RS.

FATTORI AMBIENTALI

Per quanto riguarda i fattori pre-raccolta, si evidenzia l'importanza del clima durante lo sviluppo dei frutti (*tab. 1*). Condizioni di scarse precipitazioni possono causare carenza di calcio e, quindi, la perdita di turgore cellulare in post-raccolta. Tuttavia, le precipitazioni sono strettamente correlate a basse intensità luminose e, di conseguenza, possono influenzare la resa. La capacità della luce di penetrare le chiome degli alberi e di influenzare il microclima dei frutti è influenzata da diversi fattori: vigoria della pianta, architettura della chioma, portinnesto, potatura, diradamento e presenza di reti antigrandine. Nella *figura 2* portinnesti deboli o forti promuovono rispettivamente un RS da grave a moderato

(24,03 di indice RS) o un RS da lieve a moderato (15,30 di indice RS). Nelle chiome espanse, infatti, l'elevata variabilità della qualità post-raccolta spesso comporta problemi di condizionamento dei frutti. D'altra parte, l'assenza di reti antigrandine, che risultano anche ombreggianti, induce il più alto livello di RS (39,17), in combinazione con un elevato apporto di azoto e carico produttivo (fig. 2). Tuttavia, l'influenza delle reti nei frutteti con più di 10 anni è minore con un indice RS moderato (26,19). Le pratiche protettive contro le scottature migliorano anche la qualità delle pere Packham's Triumph aumentando il peso fresco e il contenuto di clorofilla.

Insieme ai fattori ambientali, l'anno di impianto influenza il RS. Nella figura 2 i sintomi di RS più gravi compaiono nei frutteti giovani (35,65 dell'indice RS) rispetto a quelli più vecchi (26,19 dell'indice RS). I giovani alberi sono considerati più suscettibili a tali disturbi.

L'ubicazione del frutteto può agire sulla sensibilità dei frutti al RS in termini di temperature, disponibilità di sostanza organica e tessitura del suolo. Ad esempio, le pere

provenienti da ambienti con temperature pre-raccolta più fresche presentano una maturazione diversa. Le caratteristiche del suolo in ambienti diversi determinano inoltre la capacità del frutto di regolare la maturità fisiologica alla raccolta. Infatti, abbiamo osservato che la letamazione può prevenire il RS (fig. 2).

Le caratteristiche del suolo influiscono sulla capacità delle radici di estrarre l'azoto, un altro fattore pre-raccolta che può indurre RS: una soglia di 45 kg/ha di azoto apportato al terreno divide i produttori (10%) con RS lieve (indice 11 di RS) dagli agricoltori (28%) con RS moderato (indice 24 di RS), in combinazione con data di raccolta anticipata e basso apporto di azoto organico (fig. 1). Al contrario, l'azoto da sostanza organica, fornito con la letamazione, sembra avere un effetto opposto sul RS (fig. 1). Per quanto riguarda le pere raccolte tardivamente (oltre 150 DAFB), il livello critico di N organico fornito è di 11 kg/ha, sufficiente per classificare frutteti (25%) con indice RS di 10 e altri (38%) con indice RS di 20 (fig. 1). Inoltre, il tipo di fertilizzante organico influenza l'indice RS (13,13 utilizzando letame

bovino e da 10,17 a 39,17 utilizzando letame avicolo; fig. 2). Pertanto, l'elevata fertilizzazione con azoto aumenta le dimensioni dei frutti, ma riduce la qualità di conservazione. Inoltre, nella nostra ricerca l'azoto umificato nella sostanza organica del suolo sembra prevenire la presenza di RS nelle pere Abate Fétel con una soglia di 1,4‰ in combinazione con raccolte precoci (fig. 1). Pertanto, considerare il ruolo delle riserve e del riassorbimento in autunno può contribuire a una gestione più efficiente della concimazione del frutteto.

La disponibilità di acqua è il fattore principale che controlla la qualità dei frutti a livello globale nell'attuale scenario di cambiamento climatico. Le irrigazioni soprachioma hanno raggiunto un indice RS di 38,54 nel caso di uso di gibberelline, mentre l'irrigazione a goccia ha sviluppato un indice RS di 15,30 in combinazione con portinnesti vigorosi (fig. 2). Come dimostrato con analisi multivariate l'irrigazione a goccia ha migliorato la qualità anche di altre varietà di pere.

Il calcio è distribuito attraverso il flusso xilematico in modo eterogeneo nei tessuti

STORY® INORED C.O.V.

LA SCELTA GIUSTA!

- ✓ DOLCE GUSTO
- ✓ COLORE BRILLANTE
- ✓ PRODUTTIVITÀ NO ALTERNANZA
- ✓ RESISTENTE TICCHIOLOGIA
- ✓ CLIMA TEMPERATO
- ✓ CONSERVAZIONE
- ✓ PACK OUT (RESA COMMERCIABILE)
- ✓ PORTAINNESTI GENEVA® G11 P.V.R.
M9 VARI CLONI

> info@ligogi.it

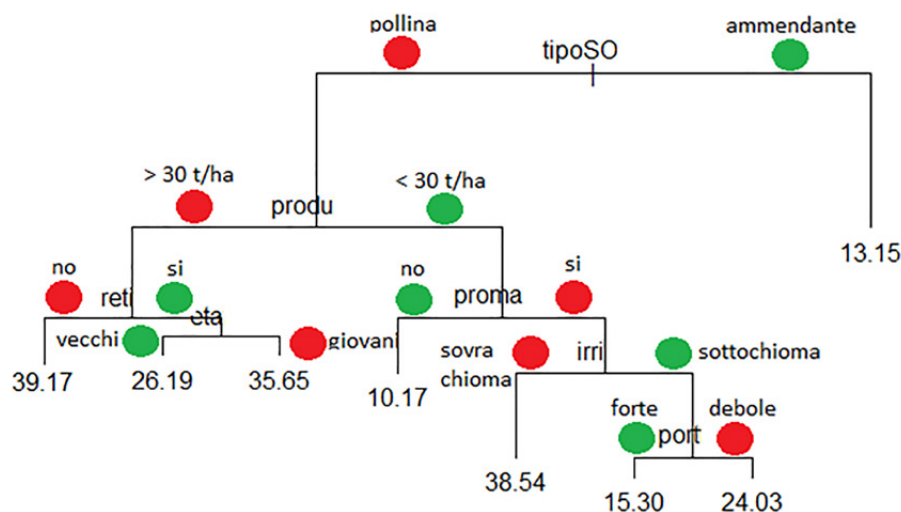


LIGOGI
Tel. +39 0471 402101

DALIVAL

NOVADI

FIG. 2 - ANALISI TREE, DETTA “SEMAFORICA”, TRA FATTORI QUALITATIVI E INDICE RS DELLA PERA ABATE FÉTEL DOPO 5 MESI DI CELLA FRIGORIFERA



Nota: I pallini verdi indicano una riduzione di RS; al contrario i pallini rossi indicano un aumento. I numeri rappresentano l'indice RS con una combinazione specifica di fattori: indice RS tra 0-15 (RS basso: la maggior parte dei frutti non mostra RS o mostra sintomi lievi); indice RS tra 16-30 (RS da medio a grave: comparsa di sintomi progressivamente più gravi); indice RS >30 (RS grave: la maggior parte dei frutti mostra sintomi gravi e in alcuni frutti sintomi molto gravi). Sono state utilizzate le seguenti abbreviazioni per età del frutteto (età) con <10 anni (1) o >= 10 anni (0); uso di gibberelline (proma) sì (1) o no (0); presenza antigrandine (reti) sì (1) o no (0); portinnesto (port) debole (1) o forte (0); tipo di irrigazione (irri) sotto la chioma (1) o sopra la chioma (0); origine della sostanza organica utilizzata (tipo SO) letame (1) o pollina (0); produttività media frutteto (produ) <=30t/ha (1) o >30t/ha (0).



Abate Fétel con sintomi di riscaldamento superficiale sulla buccia

del frutto della pera. In precedenti studi su pere Abate Fétel, il 53% dei frutti non trattati e solo il 4,6% di quelli trattati con CaCl₂ al 4,5% sono stati colpiti da riscaldamento molle dopo 210 giorni di conservazione in atmosfera controllata. D'altra parte, i frutti partenocarpici tendono ad avere concentrazioni di calcio inferiori. Nel nostro studio sembra che le gibberelline durante la fioritura aumentino il RS, ritardando lo sviluppo dei frutti e l'accumulo di metaboliti secondari. Al contrario, l'uso di impollinatori sembra evitare l'insorgenza di RS e una diminuzione dell'indice RS (10,17; fig. 2). Nelle pere Forelle le gibberelline hanno prodotto frutti farinosi con una ridotta area di contatto tra cellule. Nel nostro studio, l'incidenza minore di problemi di conservazione può essere spiegata supponendo spazi intercellulari maggiori – che favoriscono la penetrazione profonda di O₂ nella polpa scongiurando processi anaerobici e la formazione di composti dannosi per il frutto – studiati con l'uso di scansioni a raggi X.

COME PREVENIRE IL RISCALDO

L'industria delle pere in Italia è attualmente afflitta da problemi di stoccaggio e di inconsistente qualità della frutta. Questo progetto conferma l'estrema variabilità tra i produttori e tra le stagioni del riscaldamento

superficiale (RS) nelle pere Abate Fétel. Le condizioni ambientali, al di fuori del controllo del coltivatore, hanno un impatto, ma anche la resa, il regime irriguo, la fertilizzazione, i regolatori di crescita, il portinnesto e il sistema di allevamento, su cui gli agricoltori hanno un controllo, possono influenzare la conservazione delle pere. Il nostro approccio, utilizzando tecniche statistiche multivariate, ha raggruppato diversi fattori considerando le loro relazioni biologiche. Il RS sembra essere indotto da stress fisiologici delle piante derivanti da un'errata gestione del carico produttivo, uno squilibrio tra produzione di frutta e crescita vegetativa, una stagione breve e, di conseguenza, pochi composti antiossidanti e, infine, una gestione non ottimale del suolo.

In sintesi, per prevenire il riscaldamento si dovrebbero considerare:

- data di raccolta oltre i 150 giorni dalla fioritura (circa dopo il 31 agosto);
- utilizzo di ammendanti e relativi apporti di azoto organico (kg/ha) superiori a 11 kg/ha;
- caratteristiche dei suoli e scheda di analisi del suolo con azoto nel suolo superiore a 1,4‰;
- concimazione azotata totale inferiore a 45 kg/ha;
- produzione media e attesa inferiore o

uguale a 30 t/ha;

- impianti in piena produzione (possibilmente più di 10 anni);
 - portinnesto vigoroso (franco e cotogno vigoroso ad esempio BA29);
 - tipologia di irrigazione a bassi volumi (microirrigazione);
 - non uso di ormoni per favorire partenocarpia come le gibberelline;
 - presenza di reti con effetto ombreggiante.
- In futuro, si raccomanda un'applicazione di tali modelli per descrivere tratti complessi che incidono sulla conservazione della frutta, con l'obiettivo di prevederla e migliorarla. La conclusione principale, tuttavia, è che i lotti di pere provenienti da diversi frutteti dovrebbero essere selezionati in base al loro potenziale di conservabilità prima di applicare tecniche di stoccaggio, come le atmosfere controllate o l'uso di 1-MCP, o collocarli in celle frigorifere dove diventano, forzatamente, tutti uguali.

Gli autori ringraziano le seguenti cooperative per il loro sostegno finanziario e sotto forma di accesso alle loro strutture: Apoconerpo, Apofruit, GranfruttaZani, OrogelFresco, Rinova. Ulteriore supporto è stato fornito dal Programma di Sviluppo Rurale della Regione Emilia-Romagna, Progetto numero: 5111526 – S4Post.Frut