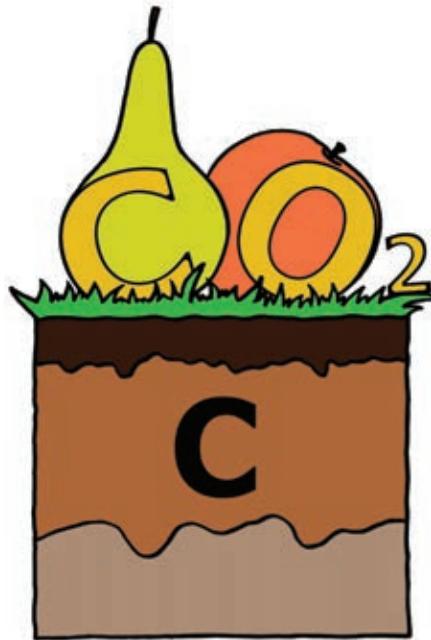




ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



# LA FRUTTICOLTURA EMILIANO-ROMAGNOLA SEQUESTRA CARBONIO ORGANICO NEL SUOLO



FRUTTIFI\_CO

## **AUTORI**

Coordinamento redazionale: Carla Scotti<sup>2</sup>

Testi a cura di: Daniele Missere<sup>1</sup>, Claudio Selmi<sup>1</sup>, Carla Scotti<sup>2</sup>, Livia Vittori Antisari<sup>3</sup>

## **Unità Operative:**

### **CRPV<sup>1</sup>**

- Daniele Missere: coordinatore di progetto
- Claudio Selmi: valutazione Impronta Carbonica
- Piera Foschi e Davide Amadori: divulgazione e trasferimento informazioni
- Alvaro Crociani: direzione generale

### **I. TER<sup>2</sup>**

- Carla Scotti: responsabile tecnico scientifico per la realizzazione del progetto
- Antea De Monte, Susanna Naldi, Paolo Ciabocchi: rilevamento ed elaborazione dati
- Chiara Marangoni, Mara Generali, Marisa Fontana: divulgazione e trasferimento informazioni
- Luisa Lindo e Claudia Gatta: segreteria e gestione amministrativa del progetto

### **UNIVERSITÀ DI BOLOGNA<sup>3</sup>**

- Livia Vittori Antisari: responsabile scientifico
- Gloria Falsone, Mauro de Feudis: rilevamento ed elaborazione dati

FOTO

Archivio I.TER ETHNOS

Si ringraziano:

I tecnici delle organizzazioni di produzione ortofrutticola che hanno partecipato attivamente al confronto e condivisione delle pratiche di gestione:

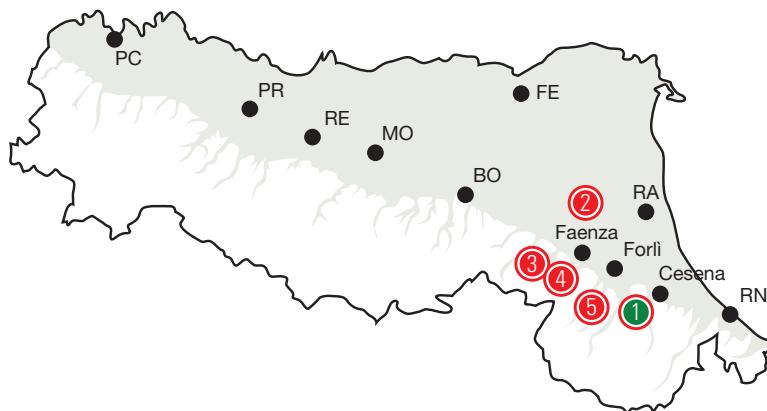
- Alessandro Paganini e Lorenzo Donati di GRANFRUTTA ZANI
- Maurizio Montanari di AGRINTESA
- Alberto Aldini e Aureliano Zaccarelli di APOFRUIT

Si ringrazia inoltre Giovanni Mami di Grafikamente srl per l'elaborazione grafica dell'opuscolo.

# Indice

|  |      |    |
|--|------|----|
| Il progetto FRUTTIFI_CO  | pag. | 2  |
| Ambiente e agricoltura: l'importante ruolo della gestione del suolo  | pag. | 4  |
| Azienda agricola BIONDI MASSIMO  | pag. | 6  |
| Società agricola ZANI MONICA E ZANI MAURIZIO   | pag. | 8  |
| Azienda agricola SPADA TURILLI M. LUISA E FIGLI  | pag. | 10 |
| Azienda agricola SAVORANI MAURIZIO   | pag. | 12 |
| Azienda agricola MERCURIALI FLAVIO   | pag. | 14 |
| Il monitoraggio della sostanza organica e del carbonio contenuto nel suolo   | pag. | 16 |
| Il monitoraggio della qualità della sostanza organica  | pag. | 25 |
| Valutazione dell'impronta di carbonio delle pratiche agricole adottate in frutticoltura  | pag. | 32 |
| Linee guida volte alla migliore gestione dei suoli per il mantenimento della sostanza organica e il sequestro di carbonio in frutticoltura | pag. | 34 |
| Bibliografia   | pag. | 36 |

# Il progetto FRUTTIFI-CO



La moderna agricoltura ha la possibilità di contribuire considerevolmente alla mitigazione dei cambiamenti climatici in atto attraverso due meccanismi principali: l'aumento degli assorbimenti di anidride carbonica atmosferica nel sistema suolo-pianta e la riduzione delle emissioni di gas serra (GHGs). Il primo è legato a pratiche agricole attente al mantenimento/miglioramento della sostanza organica e si basa sulla capacità dei sistemi agricoli di sottrarre carbonio dall'atmosfera per periodi più o meno lunghi, "sequestrandolo" sotto forma di biomasse vegetali e sostanza organica nel suolo. Il secondo si basa sulla riduzione degli apporti di concimi azotati e nel contenimento di tutte le pratiche agronomiche, compreso l'uso delle macchine, che possono determinare emissione di gas serra.

Sulla base di queste considerazioni, è nato il gruppo operativo "FRUTTIFI-CO" (Frutticoltura Finalizzata Impronta Carbonio Organico) composto da organismi di ricerca (CRPV, I.TER e Università di Bologna) e da cinque aziende agricole afferenti alle principali organizzazioni produttive ortofruitticole (Apofruit Italia, Agrintesa e Granfrutta Zani) che insieme hanno condiviso l'interesse di avviare un monitoraggio dell'impronta carbonica nel settore frutticolo, con particolare riferimento alla capacità del suolo di sequestrare carbonio organico.

| SIGLA | AZIENDA PARTNER                         | TERRITORIO | COMUNE      | SPECIE COLTIVATE   | TIPO DI PRODUZIONE             | ORGANIZZAZIONI DI RIFERIMENTO |
|-------|---|------------|-------------|--|--------------------------------|-------------------------------|
| 1     | AZ. AGR. BIONDI MASSIMO                 | PIANURA    | CESENA      | PESCO, KAKI, ALBICOCCO, SUSINO, PERO                     | PRODUZIONE BIODINAMICA         | APOFRUIT                      |
| 2     | SOC. AGR. ZANI MONICA E ZANI MAURIZIO   | PIANURA    | FAENZA      | ALBICOCCO, PESCO, MELO, PERO                             | PRODUZIONE INTEGRATA           | GRANFRUTTA ZANI               |
| 3     | AZ. AGR. SPADA TURILLI M. LUISA E FIGLI | COLLINA    | BRISIGHELLA | CILIEGIO, SUSINO, ALBICOCCO, PESCO, ACTINIDIA, MELOGRANO | PRODUZIONE INTEGRATA/BIOLOGICA | AGRINTESA                     |
| 4     | AZ. AGR. SAVORANI MAURIZIO              | PIANURA    | BRISIGHELLA | ACTINIDIA, VITE, OLIVO                                   | PRODUZIONE INTEGRATA           | AGRINTESA                     |
| 5     | AZ. AGR. MERCURIALI FLAVIO              | COLLINA    | PREDAPPIO   | ALBICOCCO, PESCO, SUSINO                                 | PRODUZIONE BIOLOGICA           | APOFRUIT                      |

Le aziende partner sono collocate in diversi ambienti pedoclimatici, sia di collina che di pianura, e sono rappresentative di diverse tipologie di produzione quali integrata, biologica e biodinamica.

Dopo un'indagine preliminare volta a raccogliere informazioni sull'organizzazione aziendale, la gestione dei suoli e le caratteristiche degli impianti frutticoli, il progetto ha avviato specifici monitoraggi per valutare il contenuto e la qualità della sostanza organica negli appezzamenti frutticoli prescelti all'interno delle aziende partner.

Di seguito sono descritti gli obiettivi specifici del progetto FRUTTIFI-CO.

**Quantificare il contenuto di sostanza organica e il sequestro di carbonio nei suoli degli appezzamenti prescelti:** negli ultimi 15-20 anni l'inerbimento si è consolidato come pratica di gestione dell'interfilare nei frutteti emiliano-romagnoli. Pertanto, si è attivato uno specifico monitoraggio per quantificare il contenuto di sostanza organica, e di conseguenza del carbonio organico con l'obiettivo di verificarne l'eventuale aumento rispetto alla gestione passata in cui l'interfilare veniva lavorato. In ciascun appezzamento prescelto il monitoraggio ha previsto specifici campionamenti e analisi collegate allo studio dei suoli tramite trivella olandese e l'apertura di appositi profili pedologici per poter stimare la quantità di sostanza organica presente e la capacità dei suoli di immagazzinare carbonio nei primi 100 cm di profondità.

**Verificare la qualità della sostanza organica** applicando indici che forniscono indicazioni sulla capacità del suolo di conservare o dissipare il carbonio organico presente. È stata valutata, dopo specifici campionamenti ed analisi, la biomassa microbica, il quoziente metabolico ( $qCO_2$ ), il quoziente microbico (qMic), il quoziente di mineralizzazione (qM) e l'indice di fertilità biologica (IFB). Nel particolare, l'indice di fertilità biologica del suolo evidenzia le situazioni ottimali e/o di allarme e pre-allarme per quanto riguarda la dotazione di sostanza organica e la possibile perdita per mineralizzazione.

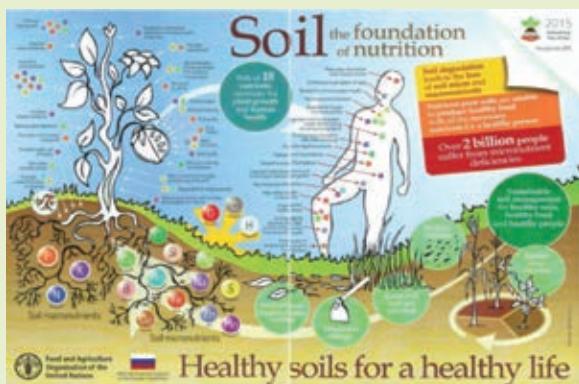
**Valutare l'impatto ambientale delle coltivazioni arboree da frutto in termini di emissioni di gas serra** attraverso il processo del Life Cycle Assessment tramite specifiche interviste e l'utilizzo di appositi software.

**Definire e condividere appropriate "linee guida" di gestione agronomica del frutteto finalizzate al sequestro di carbonio organico all'interno del suolo** individuando le pratiche agricole volte a mitigare le emissioni di gas serra e a favorire il sequestro di carbonio nel suolo.

# Ambiente e agricoltura: l'importante ruolo della gestione del suolo

Il suolo è uno dei beni più preziosi dell'umanità, è una risorsa non rinnovabile che è necessario conoscere, tutelare e rispettare. In natura non esiste un unico suolo, ne esistono diversi per origine, colore, profondità, fertilità, e che variano da luogo a luogo, così come si esplica la diversità nelle rocce, nelle piante, negli animali.

Il suolo occupa la parte superiore della superficie terrestre, permette la vita dei vegetali, degli animali e dell'uomo. È un organismo vivente, dinamico, operoso. Per consentire produzioni sostenibili il suolo deve essere sano, e l'Agenzia ONU ha stabilito che un suolo sano si riconosce per "la capacità di sostenere produttività, diversità e i servizi ambientali degli ecosistemi terrestri". Pertanto le buone pratiche agricole e la gestione agronomica del suolo rivestono un ruolo importante nella produzione di cibo sano, nutriente e di qualità.



Poster FAO che evidenzia l'importanza della buona gestione agronomica nel preservare la fertilità del suolo per ottenere cibo sano, nutriente e di qualità.

La frutticoltura emiliano-romagnola, con i suoi circa 50.000 ettari di frutteti, produce frutta di qualità, tra cui pere e pesche, che detengono il marchio IGP. Essa fornisce un interessante esempio di pratiche di gestione del suolo che contribuiscono, oltre a produrre un cibo di qualità,

anche al contrasto dei cambiamenti climatici, favorendo l'immagazzinamento del Carbonio organico nel terreno. Gli studi e le ricerche di FRUTTIFICO hanno dimostrato che il frutteto gestito con interfilari inerbiti o trattati a sovescio rappresenta un ottimo esempio di gestione sostenibile, mantenendo il Carbonio organico nel suolo.

Ma cosa significa stoccare, immagazzinare o sequestrare Carbonio nel suolo? Tutto ruota intorno a semplici principi ecologici. La vegetazione, attraverso la fotosintesi clorofilliana, "cattura" anidride carbonica ( $CO_2$ ), uno dei principali gas serra e lo accumula nei propri tessuti come Carbonio organico. I residui che giungono al suolo vengono decomposti dalle comunità microbiche del suolo e attraverso il processo di umificazione stoccano il Carbonio organico nel suolo sotto forma di polimeri complessi, di origine secondaria, poiché originatesi dal metabolismo delle comunità microbiche. Ormai è riconosciuto a livello mondiale che "nel solo primo metro di suolo del pianeta c'è più Carbo-

nio di quello presente nell'atmosfera e in tutte le piante terrestri".

Le buone pratiche devono alimentare il Carbonio disponibile per la vita delle comunità microbiche perché possano svolgere le funzioni ecologiche e mantenere sano il suolo.



Poster FAO che esplicita che il suolo costituisce una delle potenzialità di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici

Evitare la perdita di Carbonio organico dai suoli, attraverso l'utilizzo di pratiche sostenibili, deve essere perseguito, considerando che il sequestro di Carbonio è un processo a medio-lungo termine. Gli incrementi che derivano, adottando pratiche sostenibili, possono essere rilevati solamente dopo anni. Il processo di base del sequestro del Carbonio dipende anche dalla "qualità" della sostanza organica che si forma nel processo di umificazione.

La formazione di complessi organo-minerali stabili della sostanza organica del suolo, che si esplicano con una buona struttura del suolo, dipende dalle caratteristiche intrin-

seche del suolo (es. la profondità, la tessitura, la composizione mineralogica), dai caratteri del sito (es. morfologia, posizione, aspetto e drenaggio), dalla gestione del suolo (es. inerbimento, colture di copertura "cover crop", gestione dei nutrienti, irrigazione, letamazione/concimazione organica) così come dall'uso e dal tipo di ammendante (ad esempio biochar, compost organici). Tutti questi fattori influiscono anche sulla velocità, sulla quantità cumulativa e sul periodo per raggiungere la massima capacità di sequestrare Carbonio nel suolo. Per questo, oltre a conoscere la quantità della sostanza organica e del Carbonio presente, è fondamentale conoscerne la qualità e lo stato metabolico delle comunità microbiche. Gli studi e le ricerche di FRUTTIFICO hanno dimostrato che l'indice di biofertilità è un ottimo indicatore per conoscere la qualità della sostanza organica e la sua "stabilità" nel permanere nel suolo e quindi favorire lo stoccaggio di Carbonio nel tempo.

Pertanto, se i 50.000 ettari di suoli dedicati alla frutticoltura emiliano-romagnola sono gestiti bene e in modo sostenibile, la potenzialità di immagazzinamento di Carbonio nel suolo raggiunge quantitativi interessanti che senz'altro possono incidere nel contrasto ai cambiamenti climatici.

È quindi indispensabile valorizzare e riconoscere l'importante ruolo del frutticoltore. Egli non solo produce prodotti di qualità, ma presidia, preserva e tutela il territorio promuovendo l'enorme potenziale del suolo nella lotta al cambiamento climatico.

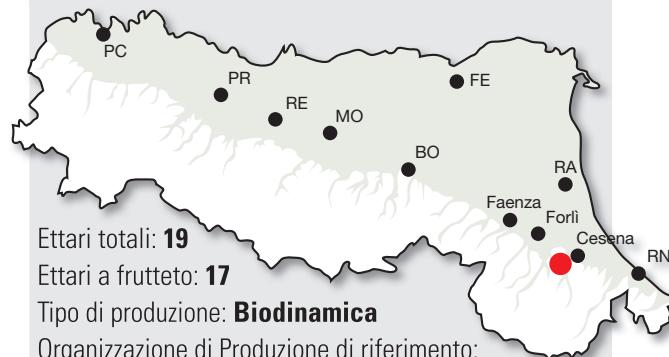
# AZIENDA AGRICOLA Biondi Massimo



L'azienda è localizzata nei pressi delle località Celletta e Aie, all'interno del comune di Cesena (FC) e si trova nella piana pedemontana, in ambiente di conoide e terrazzi intravallivi.

La quota media è circa di 65 m s.l.m., con pendenza compresa tra lo 0.5-2%. I suoli si sono formati in sedimenti alluvionali, a componente tessiturale media.

Gli appezzamenti rilevati, rispetto alla Carta dei suoli emiliano-



Ettari totali: **19**

Ettari a frutteto: **17**

Tipo di produzione: **Biodinamica**

Organizzazione di Produzione di riferimento:

**Apofruit Soc. Coop. Agricola**

Specie da frutto presenti:

**Pesco, Albicocco, Susino, Kaki, Pero**

romagnoli (edizione 2018) del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna, ricadono all'interno dell'unità cartografica SAD1/BGT1 (complesso di suoli SANT'ANDREA franco limoso argilloso/ BORGO TULIERO franco limosi); delineazione 7364, caratterizzata dai suoli SANT'ANDREA franco argilloso limosi SAD1 (40%), e dalla variante franco argillosa dei suoli BORGO TULIERO BGTz (25%), BORGO TULIERO franco limosi BGT1 (25%), CA' DEL VENTO franco argilloso limosi, 5-20% pendenti CDV2 (10%) e all'interno dell'unità cartografica PTR0 (consociazione dei suoli PONTEPIETRA); delineazione 9652, caratterizzata dai suoli PONTEPIETRA franchi PTR2 (50%), TEGAGNA franco limosi TEG1 (30%), PONTEPIETRA franco argilloso PTR1 (15%), SAN GIORGIO franchi SGR2 (5%).

|                                 | <b>Appezzamento 1</b>   | <b>Appezzamento 2</b>   |
|---------------------------------|---|---|
| Varietà                         | Pesco - Royal Glory, Stark Red Gold   | Pesco - Alitop, Royal Summer  |
| Portinnesto                     | GF 677  | GF 677  |
| Forma allevamento               | candelabro  | candelabro  |
| Gestione sottofila              | lavorato  | lavorato  |
| Gestione interfila              | Interfilare con inerbimento permanente spontaneo alternato a interfilare gestito con sovescio | Interfilare con inerbimento permanente spontaneo alternato a interfilare gestito con sovescio |
| Anno impianto                   | 2009  | 2013  |
| Materiale strutture di sostegno | Non presente  | Non presente  |
| Impianto antigrandine           | Non presente  | Non presente  |
| Impianto irrigazione            | Ala gocciolante   | Ala gocciolante   |



1 Suolo a tessitura franco limosa, scarsamente calcareo, moderatamente alcalino, ben drenato, molto profondo. Il substrato è costituito da sedimenti alluvionali a tessitura media.

Il suolo è stato interessato da processi pedogenetici di rimozione dei carbonati e accumulo in profondità.

#### CLASSIFICAZIONI

##### Soil Taxonomy (2014):

Typic Haplustepts fine silty, mixed, superactive, mesic

##### WRB (2014):

Haplic Cambisols (Eutric)



2 Suolo a tessitura franco limosa o franca, calcareo, moderatamente alcalino, ben drenato, molto profondo. Il substrato è costituito da sedimenti alluvionali a tessitura media.

Il suolo è stato interessato da processi pedogenetici che hanno determinato la rimozione dei carbonati che si sono accumulati nelle parti profonde.

#### CLASSIFICAZIONI

##### Soil Taxonomy (2014):

Typic Haplustepts fine silty, mixed, superactive, mesic

##### WRB (2014):

Haplic Cambisols (Eutric)

### Analisi suolo appezzamento 1

| Orizzonte | Prof. cm | Sabbia % | Limo % | Argilla % | pH   | CaCO <sub>3</sub> tot. % | CaCO <sub>3</sub> att. % | S.O. AE % | S.O. WB % | K <sub>2</sub> O ass. ppm | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ass. ppm | Azoto tot % |
|-----------|----------|----------|--------|-----------|------|--------------------------|--------------------------|-----------|-----------|---------------------------|--|-------------|
| A         | 0-5      | 23       | 57     | 20        | 7,79 | 1,4                      | 1,3                      | 3,89      | 3,83      | 359                       | 56                                     | 2,14        |
| Ap1       | 0-15     | 21       | 57     | 22        | 7,92 | 1,6                      | 1,5                      | 3,11      | 2,76      | 229                       | 45,7                                   | 1,61        |
| Ap2       | 15-30    | 17       | 56     | 27        | 8,03 | 3,1                      | 2,1                      | 1,29      | 1,33      | 186                       | 31,9                                   | 0,97        |
| Ap2       | 15-55    | 20       | 55     | 25        | 8,08 | 2,1                      | 2                        | 2,04      | 2,05      | 176                       | 38,6                                   | 1,32        |
| Bk1       | 55-110   | 16       | 61     | 23        | 8,24 | 3,2                      | 2,7                      | 0,957     | 1,05      | 158                       | 24,9                                   | 0,773       |
| Bk2       | 110-145  | 12       | 60     | 28        | 8,12 | 1,8                      | 1,6                      | 0,421     | 0,462     | 168                       | 18,4                                   | 0,35        |

### Analisi suolo appezzamento 2

| Orizzonte | Prof. cm | Sabbia % | Limo % | Argilla % | pH   | CaCO <sub>3</sub> tot. % | CaCO <sub>3</sub> att. % | S.O. AE % | S.O. WB % | K <sub>2</sub> O ass. ppm | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ass. ppm | Azoto tot % |
|-----------|----------|----------|--------|-----------|------|--------------------------|--------------------------|-----------|-----------|---------------------------|--|-------------|
| Ap1       | 0-15     | 27       | 52     | 21        | 8,03 | 7,1                      | 3,7                      | 3,42      | 3,5       | 429                       | 61                                     | 2,08        |
| Ap2       | 15-30    | 26       | 51     | 23        | 8,37 | 4,3                      | 3,3                      | 1,32      | 1,42      | 285                       | 32,5                                   | 1,02        |
| Bk        | 30-70    | 24       | 54     | 22        | 8,31 | 7,8                      | 3,8                      | 1,05      | 1,15      | 217                       | 30,3                                   | 0,812       |
| Bw        | 70-95    | 22       | 54     | 24        | 8,28 | 7                        | 4,2                      | 1,13      | 1,17      | 210                       | 31,4                                   | 0,79        |
| Bwb       | 95-130   | 24       | 49     | 27        | 8,23 | 1,3                      | 1,1                      | 0,536     | 0,529     | 214                       | 29,9                                   | 0,512       |

S.O. AE %: Sostanza organica in percentuale col metodo dell'analizzatore elementare

S.O. WB %: Sostanza organica in percentuale col metodo Walkley-Black

## SOCIETÀ AGRICOLA

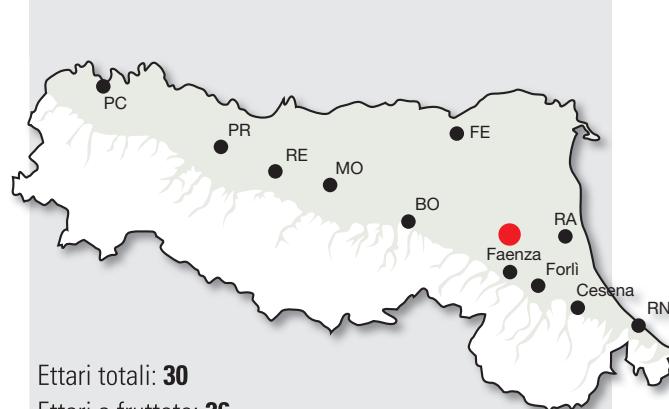
# Zani Monica e Zani Maurizio



L'azienda è localizzata nei pressi della località Granarolo Faentino, all'interno del comune di Faenza (RA) e si trova nella pianura alluvionale in ambiente di argine distale.

La quota media del rilievo è compresa tra 17 e 19 m s.l.m. con pendenza compresa tra lo 0.1 e 0.2%.

I suoli si sono formati in sedimenti alluvionali, a componente tessiturale media.



Ettari totali: **30**

Ettari a frutteto: **26**

Tipo di produzione: **Integrata**

Organizzazione di Produzione di riferimento:

**Granfrutta Zani**

Specie da frutto presenti:

**Albicocco, Pero, Melo, Pesco**

Gli appezzamenti rilevati, rispetto alla Carta dei suoli emiliano-romagnoli (edizione 2018) del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna, ricadono all'interno dell'unità cartografica SMB1/SMB2 (complesso dei suoli SANT'OMOBONO franco limosi / SANT'OMOBONO franco argillosi limosi); delineazione 6429, caratterizzata dai suoli Sant'Omobono franco argilloso limosi SMB2 (40%), Sant'Omobono franco limosi SMB1 (44%), Secchia franchi SEC1 (10%), Villalta franchi VIL2 (5%) e La Boaria argilloso limosi LBA1 (1%).

|                                 | <b>Appezzamento 1</b> | <b>Appezzamento 2</b> |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Varietà                         | Pesco - Flaminia      | Pero - Abate Fetel    |
| Portinnesto                     | GF 677                | Cotogno Ba 29         |
| Forma allevamento               | Fusetto               | Fusetto               |
| Gestione sottofila              | Diserbo e lavorazione | Diserbo e lavorazione |
| Gestione interfila              | Inerbito              | Inerbito              |
| Anno impianto                   | 2004                  | 2012                  |
| Materiale strutture di sostegno | Pali di cemento       | Pali di cemento       |
| Impianto antigrandine           | Reti antigrandine     | Reti antigrandine     |
| Impianto irrigazione            | Ala gocciolante       | Ala gocciolante       |



1 Suolo a tessitura franco limosa argillosa, molto calcareo, moderatamente alcalino, ben drenato, molto profondo. Il substrato è costituito da alluvioni a tessitura media.

Il suolo è stato interessato da processi pedogenetici di rimozione dei carbonati e accumulo in profondità.

#### CLASSIFICAZIONI

##### **Soil Taxonomy (2014):**

Udifluventic Haplustept fine silty, mixed, superactive, mesic

##### **WRB (2014):**

Fluvis Cambisols (Calcaric, Siltic)



2 Suolo a tessitura franco limosa argillosa, molto calcareo, moderatamente alcalino, ben drenato, molto profondo. Il substrato è costituito da alluvioni a tessitura media.

Il suolo è stato interessato da processi pedogenetici di rimozione dei carbonati e accumulo in profondità.

#### CLASSIFICAZIONI

##### **Soil Taxonomy (2014):**

Udifluventic Haplustept fine silty, mixed, superactive, mesic.

##### **WRB (2014):**

Fluvis Cambisols (Calcaric, Siltic)

### Analisi suolo appezzamento 1

| Orizzonte | Prof. cm | Sabbia % | Limo % | Argilla % | pH   | CaCO <sub>3</sub> tot. % | CaCO <sub>3</sub> att. % | S.O. AE % | S.O. WB % | K <sub>2</sub> O ass. ppm | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ass. ppm | Azoto tot % <sub>00</sub> |
|-----------|----------|----------|--------|-----------|------|--------------------------|--------------------------|-----------|-----------|---------------------------|--|---------------------------|
| Ap1       | 0-15     | 5        | 54     | 41        | 7,36 | 14,6                     | 11,4                     | 2,96      | 3,24      | 529                       | 70                                     | 1,93                      |
| Ap1       | 15-30    | 2        | 62     | 36        | 7,72 | 16,6                     | 15,3                     | 1,67      | 1,91      | 472                       | 35,3                                   | 1,28                      |
| Ap1       | 30-50    | 2        | 60     | 38        | 7,89 | 14,8                     | 14,4                     | 1,6       | 1,62      | 360                       | 35,9                                   | 1,06                      |
| Ap2       | 50-95    | 3        | 60     | 37        | 7,96 | 13,2                     | 12,9                     | 1,55      | 1,61      | 273                       | 34,4                                   | 1,17                      |
| Bk1       | 95-110   | 3        | 54     | 43        | 8,13 | 9,77                     | 9,47                     | 1,5       | 1,47      | 269                       | 23,8                                   | 0,96                      |
| Bk2       | 110-140  | 3        | 72     | 25        | 8,07 | 20,9                     | 14,4                     | 0,467     | 0,447     | 149                       | 27                                     | 0,32                      |

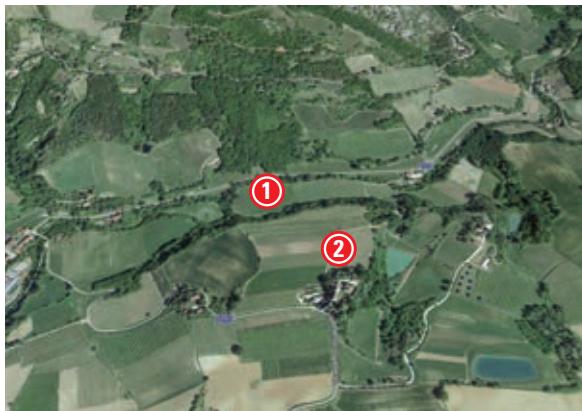
### Analisi suolo appezzamento 2

| Orizzonte | Prof. cm | Sabbia % | Limo % | Argilla % | pH   | CaCO <sub>3</sub> tot. % | CaCO <sub>3</sub> att. % | S.O. AE % | S.O. WB % | K <sub>2</sub> O ass. ppm | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ass. ppm | Azoto tot % <sub>00</sub> |
|-----------|----------|----------|--------|-----------|------|--------------------------|--------------------------|-----------|-----------|---------------------------|--|---------------------------|
| Ap1       | 0-15     | 9        | 54     | 37        | 7,81 | 12                       | 11,1                     | 2,31      | 2,43      | 464                       | 36,9                                   | 1,55                      |
| Ap1       | 15-30    | 7        | 56     | 37        | 7,87 | 12,3                     | 12,1                     | 1,67      | 1,84      | 304                       | 32,3                                   | 1,26                      |
| Ap1       | 30-50    | 9        | 54     | 37        | 7,91 | 11,7                     | 11,4                     | 1,88      | 1,91      | 264                       | 30,7                                   | 1,18                      |
| Ap2       | 50-95    | 20       | 54     | 26        | 8,22 | 17,3                     | 12,6                     | 0,919     | 0,93      | 178                       | 32,7                                   | 0,69                      |
| Bck       | 95-130   | 35       | 51     | 14        | 8,45 | 17,3                     | 10,41                    | 0,34      | 0,345     | 115                       | 30,5                                   | 0,3                       |

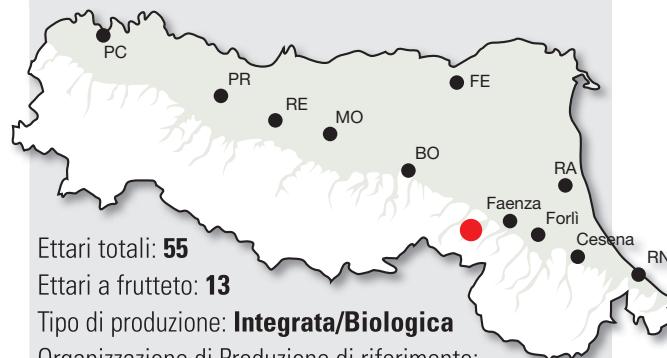
S.O. AE %: Sostanza organica in percentuale col metodo dell'analizzatore elementare

S.O. WB %: Sostanza organica in percentuale col metodo Walkley-Black

## AZIENDA AGRICOLA Spada Turilli M.Luisa e Figli



L'azienda è localizzata nei pressi della località Zattaglia all'interno del comune di Brisighella (RA) in terrazzo intravallivo del fiume Lamone e in versanti a franapoggio interessati da rimodellamenti antropici. La quota media è compresa tra i 145 e 200 m s.l.m. con pendenza tipica del 8 al 10%. I suoli presenti nel terrazzo intravallivo si sono formati in sedimenti alluvionali, a componente tessiturale media, mentre i suoli del versante a franapoggio si sono formati in un substrato costituito da rocce pelitico-arenacee (Formazione Marnoso-Arenacea).



Ettari totali: **55**

Ettari a frutteto: **13**

Tipo di produzione: **Integrata/Biologica**

Organizzazione di Produzione di riferimento:

**Agrintesa Cooperativa Agricola**

Specie da frutto presenti:

**Ciliegio, Susino, Pesco, Albicocco, Actinidia, Melograno**

Gli appezzamenti rilevati, rispetto alla Carta dei suoli emiliano-romagnoli (edizione 2018) del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna, ricadono all'interno dell'unità cartografica CNV2 (Consociazione dei suoli CANNOVACCHIA franco limosi); delineazione 7045, caratterizzata dai suoli Cannovacchia franchi CNV2 (50%), Molinetto franco argilloso limosi MLT1 (20%), Martorano MAR1 (10%), Bellaria BEL1 (10%) e Nespoli franco argilloso limosi NES1 (10%) e dell'unità cartografica FNC/FGG1/GRA (Complesso dei suoli FONTANELICE / FAGGETO franchi, 10-30% pendenti / GRAMIGNA); delineazione 9294, caratterizzata dai suoli FONTANELICE FNC (35%), FAGGETO franchi, 10-30% pendenti FGG1 (30%), GRAMIGNA GRA (25%) e CERRETO CRR (10%).

|                                 | <b>Apprezzoamento 1</b>                | <b>Apprezzoamento 2</b>                |
|---------------------------------|--|--|
| Varietà                         | Actinidia - Hayward                    | Actinidia - Hayward                    |
| Portinnesto                     | Autoradicato                           | Autoradicato                           |
| Forma allevamento               | Pergoletta                             | Pergoletta                             |
| Gestione sottofila              | non lavorato, diserbato                | non lavorato, diserbato                |
| Gestione interfila              | Interfilare con inerbimento permanente | Interfilare con inerbimento permanente |
| Anno impianto                   | 1983                                   | 2015                                   |
| Materiale strutture di sostegno | Pali di cemento                        | Pali di cemento                        |
| Impianto antigrandine           | No                                     | NO                                     |
| Impianto irrigazione            | Impianto a goccia con fertirrigazione  | Impianto a goccia con fertirrigazione  |



1 Suolo a tessitura franco limosa, scarsamente ghiaioso, molto calcareo, moderatamente alcalino, ben drenato, molto profondo. Il substrato è costituito da sedimenti alluvionali a tessitura media.

Il suolo è stato interessato da processi pedogenetici di rimozione dei carbonati e accumulo in profondità.

#### CLASSIFICAZIONI

##### Soil Taxonomy (2014):

Udifluventic Haplustepts fine silty, mixed, superactive, mesic

##### WRB (2014):

Haplic Cambisols (Colluvic, Calcaric)



2 Suolo a tessitura franca, scheletro scarsamente ghiaioso, moderatamente alcalino, molto calcareo, ben drenato, moderatamente profondo per la presenza del substrato roccioso parzialmente alterato entro 100. Il substrato è costituito da rocce pelitico-arenacee (Formazione Marnoso-Arenacea).

#### CLASSIFICAZIONI

##### Soil Taxonomy (2014):

Fluventic Haplustepts loamy, mixed, superactive, mesic

##### WRB (2014):

Haplic Cambisols (Colluvic, Calcaric)

### Analisi suolo appezzamento 1

| Orizzonte | Prof. cm | Sabbia % | Limo % | Argilla % | pH   | CaCO <sub>3</sub> tot. % | CaCO <sub>3</sub> att. % | S.O. AE % | S.O. WB % | K <sub>2</sub> O ass. ppm | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ass. ppm | Azoto tot % <sub>0</sub> |
|-----------|----------|----------|--------|-----------|------|--------------------------|--------------------------|-----------|-----------|---------------------------|--|--------------------------|
| A         | 0-7      | 19       | 64     | 17        | 7,12 | 11,2                     | 8,3                      | 11        | 11,1      | 467                       | 80                                     | 5,53                     |
| A/Ap1     | 0-15     | 29       | 50     | 21        | 7,75 | 14,1                     | 13,9                     | 1,85      | 1,93      | 279                       | 36,5                                   | 1,31                     |
| Ap1       | 15-30    | 27       | 51     | 22        | 8,12 | 13,3                     | 13                       | 1,01      | 0,88      | 193                       | 34,8                                   | 0,67                     |
| Ap1       | 30-55    | 28       | 49     | 23        | 8,24 | 14,5                     | 12,9                     | 0,678     | 0,7       | 176                       | 29,5                                   | 0,64                     |
| Ap2       | 55-95    | 27       | 51     | 22        | 8,28 | 15,9                     | 12,3                     | 0,584     | 0,562     | 192                       | 30,7                                   | 0,49                     |
| Ap3 (Bw)  | 95-115   | 29       | 50     | 21        | 8,18 | 11,6                     | 11,4                     | 1         | 1,09      | 158                       | 28,9                                   | 0,69                     |
| 2BC       | 115-150  | 19       | 50     | 31        | 8,44 | 22,9                     | 14,8                     | 0,465     | 0,483     | 172                       | 30,1                                   | 0,52                     |

### Analisi suolo appezzamento 2

| Orizzonte | Prof. cm | Sabbia % | Limo % | Argilla % | pH   | CaCO <sub>3</sub> tot. % | CaCO <sub>3</sub> att. % | S.O. AE % | S.O. WB % | K <sub>2</sub> O ass. ppm | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ass. ppm | Azoto tot % <sub>0</sub> |
|-----------|----------|----------|--------|-----------|------|--------------------------|--------------------------|-----------|-----------|---------------------------|--|--------------------------|
| Ap1       | 0-15     | 32       | 46     | 22        | 8,31 | 12,3                     | 12,1                     | 0,864     | 0,95      | 165                       | 26,6                                   | 0,66                     |
| Ap1       | 15-30    | 35       | 46     | 19        | 7,97 | 3,89                     | 3,67                     | 1,46      | 1,62      | 133                       | 43,7                                   | 0,84                     |
| Ap1       | 30-45    | 28       | 55     | 17        | 8,11 | 2,15                     | 1,88                     | 0,95      | 0,98      | 114                       | 35,6                                   | 0,68                     |
| Ap2 (Bw)  | 45-70    | 16       | 64     | 20        | 8,05 | 2,38                     | 2,28                     | 0,44      | 0,434     | 136                       | 35,9                                   | 0,36                     |
| BC        | 70-85    | 51       | 40     | 9         | 8,26 | 1,2                      | 1,022                    | 0,3       | 0,307     | 103                       | 33,9                                   | 0,21                     |
| C         | 85-125   | 26       | 71     | 3         | 8,44 | 0,73                     | 0,574                    | 0,143     | 0,159     | 67                        | 35,5                                   | 0,13                     |

S.O. AE %: Sostanza organica in percentuale col metodo dell'analizzatore elementare

S.O. WB %: Sostanza organica in percentuale col metodo Walkley-Black

AZIENDA AGRICOLA

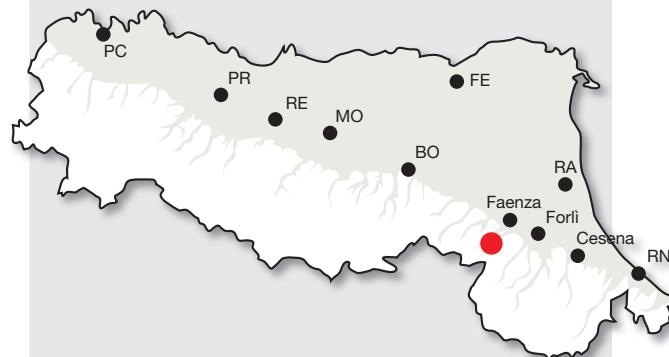
# Savorani Maurizio



L'azienda è localizzata nei pressi della località Fognano all'interno del comune di Brisighella (RA) e si trova nella piana pedemontana, in ambiente di conoide alluvionale e di terrazzo.

Le quota media è 127 m s.l.m. e la pendenza è compresa tra il 2-5%. I suoli si sono formati in sedimenti alluvionali a tessitura media o moderatamente fine.

L'appezzamento rilevato, rispetto alla Carta dei suoli emiliano-



Ettari totali: **13**

Ettari a frutteto: **5,5**

Tipo di produzione: **Integrata**

Organizzazione di Produzione di riferimento:

**Agrintesa Cooperativa Agricola**

Specie da frutto presenti:

**Actinidia**

romagnoli (edizione 2018) del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna, ricade all'interno dell'unità cartografica CTL7/CTL6 (Complesso dei suoli Cataldi franco argilloso limosi a substrato ghiaioso / Cataldi franco limosi con substrato ghiaioso); delineazione 7031, caratterizzata dai suoli Cataldi franco limosi, a substrato franco ghiaioso CTL6 (50%), Cataldi franco argilloso limosi, a substrato ghiaioso CTL7 (35%), Cannovacchia franchi CNV2 (10%) e Borghetto franco argilloso limosi BOR1 (5%).

## Appezzamento 1

|                                 |                                  |
|---------------------------------|----------------------------------|
| Varietà                         | Actinidia - Hayward              |
| Portinnesto                     | Autoradicato                     |
| Forma allevamento               | G.D.C./ pergola                  |
| Gestione sottofila              | lavorato                         |
| Gestione interfila              | Inerbimento permanente spontaneo |
| Anno impianto                   | 1989                             |
| Materiale strutture di sostegno | Pali di cemento                  |
| Impianto antigrandine           | No                               |
| Impianto irrigazione            | Impianto fertirrigazione         |



## AZIENDA AGRICOLA

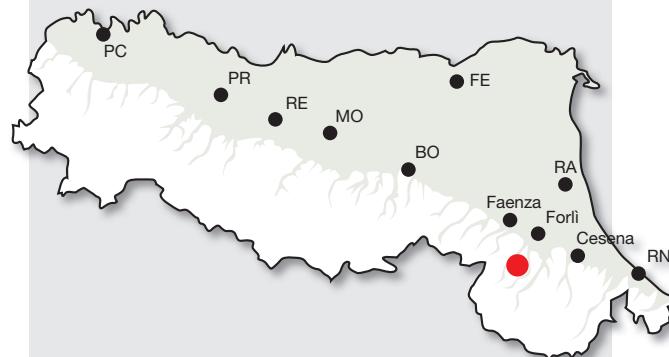
# Mercuriali Flavio



L'azienda è localizzata nei pressi del comune di Predappio Alta (FC) e si trova nel basso Appennino romagnolo, nelle parti meno acclivi dei versanti.

La quota è compresa tra 349 e 356 m. s.l.m., la pendenza media è del 7%. I suoli si sono formati nel substrato costituito da rocce pelitico-arenacee (Formazione Marnoso-Arenacea).

L'appezzamento rilevato, rispetto alla Carta dei suoli emiliano-



Ettari totali: **6**

Ettari a frutteto: **2**

Tipo di produzione: **Biologica**

Organizzazione di Produzione di riferimento:

**Apofruit Soc. Coop. Agricola**

Specie da frutto presenti:

**Pesco, Albicocco, Susino**

romagnoli (edizione 2018) del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna, ricade all'interno dell'unità cartografica CRR/GRA (Complesso dei suoli CERRETO /GRAMIGNA); delineazione 9642, caratterizzata dai suoli Cerreto CRR (40%), Gramigna GRA (35%), Faggeto franchi, 10-30% pendenti FGG1 (15%), La Bosca 35-70% pendenti LBS1 (5%) e Faggeto franchi, 30-50% pendenti FGG2 (5%).

### Appezzamento 1

|                                 |                                  |
|---------------------------------|----------------------------------|
| Varietà                         | Albicocco - Wondercot / Pinkcott |
| Portinnesto                     | Mirabolano 29C                   |
| Forma allevamento               | Vaso                             |
| Gestione sottofila              | lavorato                         |
| Gestione interfila              | Inerbito                         |
| Anno impianto                   | 2014                             |
| Materiale strutture di sostegno | Nessuna                          |
| Impianto antigrandine           | No                               |
| Impianto irrigazione            | No                               |



1  
Suolo a tessitura franco limosa negli orizzonti lavorati, e franca nell'orizzonte profondo.

Il suolo è molto calcareo, moderatamente alcalino, ben drenato, profondo per la presenza tra 100 - 150 cm del substrato costituito da rocce pelitico-arenacee (Formazione Marnoso-Arenacea).

Il suolo è stato interessato da processi pedogenetici che hanno determinato la rimozione dei carbonati che si sono accumulati nelle parti profonde.

#### CLASSIFICAZIONI

##### **Soil Taxonomy (2014):**

Udic Haplustepts fine loamy, mixed, active, mesic

##### **WRB (2014):**

Haplic Cambisols (Calcaric).

### Analisi suolo appezzamento 1

| Orizzonte | Prof. cm | Sabbia % | Limo % | Argilla % | pH   | CaCO <sub>3</sub> tot. % | CaCO <sub>3</sub> att. % | S.O. AE % | S.O. WB % | K <sub>2</sub> O ass. ppm | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ass. ppm | Azoto tot % <sub>o</sub> |
|-----------|----------|----------|--------|-----------|------|--------------------------|--------------------------|-----------|-----------|---------------------------|--|--------------------------|
| Ap1       | 0-15     | 27       | 52     | 21        | 7,77 | 15,5                     | 14,1                     | 1,87      | 2,22      | 401                       | 32,9                                   | 1,22                     |
| Ap2       | 15-30    | 36       | 51     | 13        | 8,52 | 16,2                     | 11,2                     | 0,216     | 0,241     | 120                       | 28,8                                   | 0,24                     |
| Ap3       | 30-70    | 25       | 55     | 20        | 8,27 | 9,94                     | 9,66                     | 0,84      | 0,86      | 157                       | 32,9                                   | 0,56                     |
| Bck       | 70-105   | 34       | 43     | 23        | 8,13 | 13,6                     | 13,5                     | 0,838     | 0,91      | 208                       | 30,6                                   | 0,65                     |

S.O. AE %: Sostanza organica in percentuale col metodo dell'analizzatore elementare

S.O. WB %: Sostanza organica in percentuale col metodo Walkley-Black

# Il monitoraggio della sostanza organica e del carbonio contenuto nel suolo

Dopo un'indagine preliminare volta a raccogliere informazioni sull'organizzazione aziendale, la gestione dei suoli e le caratteristiche degli impianti frutticoli, è stato avviato il monitoraggio per valutare il contenuto di sostanza organica e quindi di carbonio sequestrato nei suoli negli appezzamenti prescelti delle aziende partner. La gestione del suolo nei frutteti emiliano-romagnoli negli ultimi 15 anni, favorita dall'avvio all'utilizzo di impianti di irrigazione a goccia, prevede tipicamente l'interfila inerbito rispetto alla precedente forma di gestione in cui veniva lavorato ogni anno.

Il sottofila, invece, viene lavorato o diserbato al fine di contenere la vegetazione spontanea sotto le piante da frutto. Ciò determina la presenza nei frutteti di due microecosistemi differenti per gestione del suolo e presumibilmente anche per contenuto di sostanza organica.

Il monitoraggio è stato, quindi, volto a dimostrare e verificare il contenuto di sostanza organica all'interno del sistema frutteto e l'eventuale differenza tra sottofila e interfila. È stato impiegato uno specifico protocollo riferito al me-

todo di campionamento Area-Frame Randomized Soil Sampling (AFRSS Stolbovoy et al., 2006) adattato. Ogni appezzamento prescelto è stato interessato da diversi siti di campionamento in funzione della grandezza dell'appezzamento. In ogni sito di campionamento al centro è stato studiato il suolo con trivella olandese fino alla profondità di 130 cm e attorno sono stati prelevati subcampioni, alle profondità 0-15 cm e 15-30 cm, in 9 punti di prelievo disposti all'interno dell'interfila.

Tali subcampioni, dopo opportuna miscelazione, sono stati insacchettati e inviati in laboratorio per l'esecuzione delle analisi di laboratorio per la sostanza organica tramite due metodi:

- Sostanza organica (metodo Walkley & Black);
- Sostanza organica (metodo analizzatore elementare)

La maggior parte delle analisi chimiche della sostanza organica viene determinata con il Walkley & Black, un metodo semplice, rapido e adattabile a tutti i tipi di suoli, il quale però utilizza bicromato di potassio che contiene cromo esavalente, sostanza molto tossica, cancerogena

Tabella 1 - Schema del monitoraggio eseguito per valutare il contenuto di sostanza organica nei suoli delle aziende partner.

| Azienda partner                         | Territorio | Ambiente Pedologico            | Specie coltivate   | Tipo di Produzione             | Appezzamenti dimostrativi | Anno 2018<br>Siti di campionamento 0-15 cm - 15-30 cm S.O. in interfilare inerbito | Anno 2020<br>Siti di campionamento 0-15 cm - 15-30 cm S.O. in interfilare inerbito e interfilare sovescio | Anno 2020<br>Siti di campionamento 0-15 cm - 15-30 cm S.O. in interfilare inerbito e sottofila |
|---|------------|--------------------------------|--|--------------------------------|---------------------------|--|---|--|
| Az. Agr. Biondi Massimo                 | Pianura    | Conoide alluvionale            | Pesco, kaki, albicocco, susino, pero                     | Produzione biodinamica         | 1                         | 6  | 6   | -  |
|   |            | Interconoide                   |  |                                | 1                         | 3  | 6   | -  |
| Soc. Agr. Zani Monica e Zani Maurizio   | Pianura    | Piana Alluvionale              | Albicocco, pesco, melo, pero                             | Produzione integrata           | 1                         | 3  | -   | 6  |
|   |            | Piana Alluvionale              |  |                                | 1                         | 3  | -   | -  |
| Az. Agr. Spada Turilli M. Luisa e figli | Collina    | Versante Collinare             | Ciliegio, susino, albicocco, pesco, actinidia, melograno | Produzione biologica/integrata | 1                         | 3  | -   | 6  |
|   |            | Terrazzo Fondovalle            |  |                                | 1                         | 3  | -   | -  |
| Az. Agr. Savorani Maurizio              | Pianura    | Conoide alluvionale e terrazzo | Actinidia, vite, olivo                                   | Produzione integrata           | 1                         | 3  | -   | -  |
| Az. Agr. Mercuriali Flavio              | Collina    | Versante Collinare             | Albicocco, pesco, susino                                 | Produzione biologica           | 1                         | 6  | -   | -  |
| Totale:                                 |            |                                |  |                                |                           | 30   | 12  | 12   |

e che può provocare alterazioni genetiche e infertilità. Il metodo consigliato dall'Unione Europea è quello dell'analizzatore elementare che applica il principio della combustione utilizzando un apparecchio sofisticato. L'utilizzo di questi due metodi in parallelo sullo stesso campione ha consentito di dimostrarne la correlazione ma anche di informare il settore frutticolo dell'esistenza di più metodi analitici e dell'importanza della selezione del metodo in caso di monitoraggi che continuano nel tempo.

La tabella 1 esplica i campionamenti che sono stati eseguiti nel 2018 per quantificare il contenuto di sostanza organica presente nei suoli gestiti con interfilari inerbiti. Mentre nel 2020 sono stati realizzati i campionamenti per eseguire un confronto del contenuto di sostanza organica nel suolo tra interfila gestito con inerbimento permanente e interfila a sovescio all'interno dell'azienda biodinamica e un ulteriore confronto tra interfila inerbito e sottofila nelle aziende integrate di pianura e di collina.



Figura 1 - Sottofila lavorato e interfila inerbito.

### Contenuto di sostanza organica nell'interfila gestito con inerbimento permanente

La tabella 2 deriva dai Disciplinari di Produzione integrata 2020 ed evidenzia il giudizio di dotazione della sostanza organica in funzione della tessitura dei suoli. I suoli de-

dicati alla frutticoltura emiliano-romagnola sia di collina che di pianura tipicamente sono caratterizzati da tessiture franco limose (FL) e franco argilloso limose (FLA).

La figura 2 mostra i valori di sostanza organica riferiti allo strato 0-30 cm rilevati nei 30 siti di campionamento all'in-

Tabella 2 - Dotazione di sostanza organica\_ Disciplinare Produzione Integrata Emilia-Romagna 2020.

| Dotazione di Sostanza organica (%) |                            |                                       |  |   |
|------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|--|---|
| Giudizi                            | Terreni sabbiosi (S-SF-FS) | Terreni medio impastato (F-FL-FA-FSA) | Terreni argillosi e limosi (A-AL-FLA-AS-L) | Classe di dotazione per schede standard |
| Molto basso                        | < 0,8                      | < 1,0                                 | < 1,2                                      | Scarsa                                  |
| Basso                              | 0,8 - 1,4                  | 1,0 - 1,8                             | 1,2 - 2,2                                  |   |
| Medio                              | 1,5 - 2,0                  | 1,9 - 2,5                             | 2,3 - 3,0                                  | Normale                                 |
| Elevato                            | > 2,0                      | > 2,5                                 | > 3,0                                      | Elevata                                 |

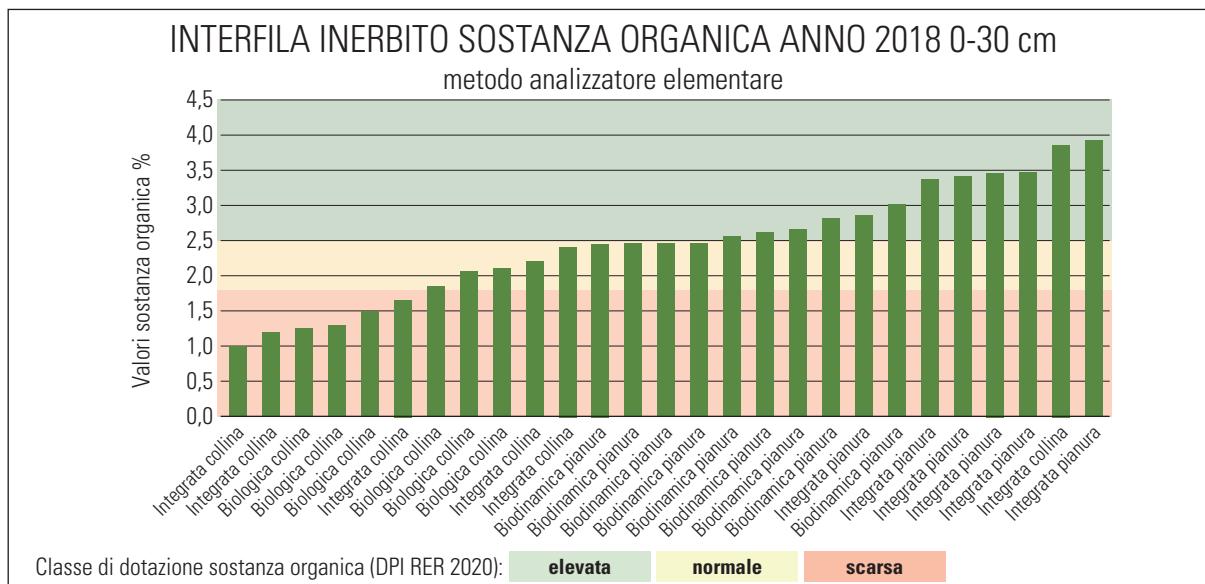


Figura 2 - Risultati del monitoraggio eseguito nell'anno 2018 negli interfilari inerbiti nei siti di campionamento prescelti.

terno degli appezzamenti monitorati nel 2018 in confronto con le classi di dotazione della sostanza organica. Si evidenzia che prevalentemente i siti di collina ricadono nella classe dotazione scarsa mentre quelli di pianura ricadono nella classe di dotazione da normale ad elevata. In effetti gli interfilari inerbiti di collina, a causa delle pendenze dei versanti e della minore capacità del suolo di immagazzinare acqua, sono caratterizzati da inerbimenti spontanei a minor copertura erbacea che probabilmente determina un minor sequestro di Carbonio. In pianura il contenuto di sostanza organica è migliorato se confrontato con le informazioni delle caratteristiche chimico fisiche disponibili sul Catalogo dei suoli della Regione Emilia-Romagna risalenti agli anni 90, periodo in cui gli interfilari venivano lavorati tutti gli anni.



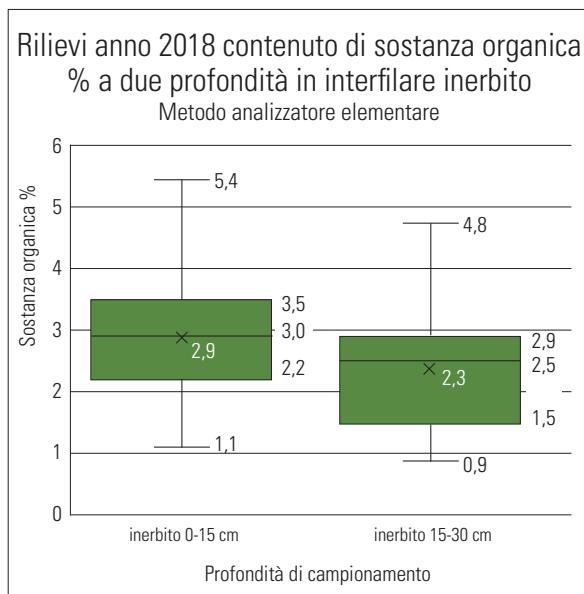


Figura 3 - Contenuto di sostanza organica in funzione di due profondità del suolo in interfila inerbiti.

La figura 3 illustra il maggior contenuto di sostanza organica nei primi 15 cm di suolo, determinata dall'effetto dell'inerbimento, rispetto alla profondità 15-30 cm. Da questi dati si può desumere che l'inerbimento dell'interfila, pratica applicata negli ultimi 15 anni, ha tendenzialmente migliorato il contenuto di sostanza organica rispetto alla gestione precedente in cui l'interfila veniva lavorato tutti gli anni.

### Confronto tra interfila inerbito e interfila a sovescio

Nel corso dell'anno 2020 sono stati eseguiti ulteriori monitoraggi per verificare il contenuto di sostanza organica tra interfila gestito a inerbito spontaneo permanente



e interfila trattato ogni anno a sovescio.

Tale pratica viene applicata alternando un interfilare gestito a sovescio con un interfilare con inerbimento permanente nei due appezzamenti prescelti dell'azienda biodinamica. Sono quindi stati campionati sei siti per due profondità (0-15 cm e 15-30 cm) in due appezzamenti per un totale di 24 analisi. La figura 4 mostra che entrambe le due gestioni (inerbito e sovescio) determinano una buona dotazione di sostanza organica che rientra nella classe elevata; anche se l'inerbimento induce un incremento di sostanza organica nei primi 15 cm mentre il sovescio sembra favorirlo alla profondità di 15-30 cm, probabilmente determinato dall'interramento della biomassa vegetale.

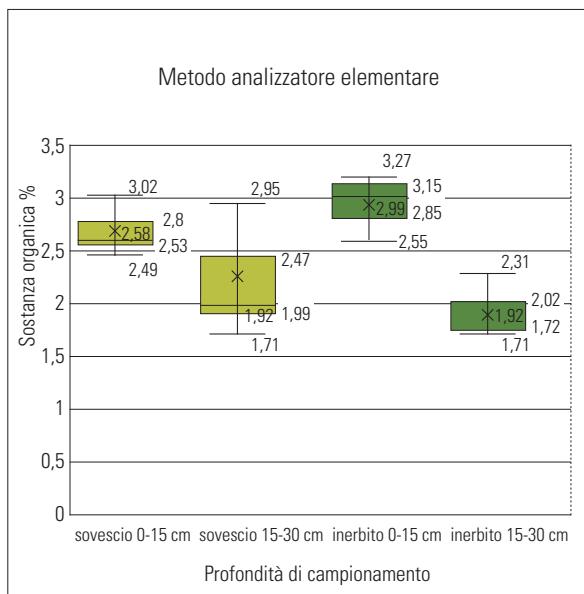


Figura 4 - Contenuto di sostanza organica monitorato in due diverse gestioni di interfila: sovescio e inerbimento permanente.

Si precisa che tali risultati sono prime considerazioni che richiedono di essere rafforzate con ulteriori dati.

Si è evidenziato, però, che negli interfilari inerbiti il ripetuto passaggio delle macchine determina fenomeni di compattamento nei primi centimetri di suolo. Infatti, durante lo studio dei profili di suolo si è evidenziata nei primi 10 cm dell'interfila a inerbimento permanente, in prossimità del solco lasciato dal passaggio della macchina, una chiara struttura di suolo lamellare a testimonianza del compattamento. Mentre, ovviamente, nell'interfila a sovescio la struttura si presentava grumosa e granulare, grazie alle lavorazioni eseguite durante l'interramento. La figura 5 esprime la densità apparente misurata in campo

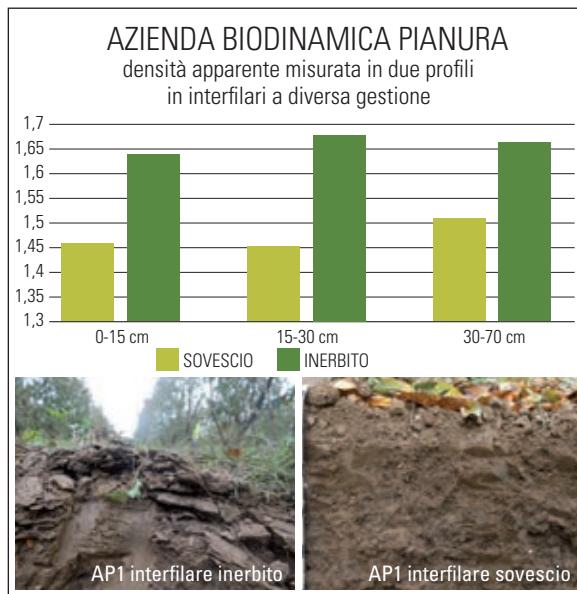


Figura 5 - Densità apparente misurata in interfilari a diversa gestione (sovescio e inerbimento permanente)

nello strato superficiale del suolo di due interfilari a diversa gestione.

### Confronto tra interfila inerbito e sottofila lavorato o diserbato

Nel 2020 è stato eseguito un ulteriore monitoraggio per confrontare il contenuto di sostanza organica nell'interfila inerbito e nel sottofila in due aziende integrate, una in collina e l'altra in pianura.

Per ciascuna azienda in un appezzamento sono stati individuati sei siti di campionamento a due profondità (0-15 cm e 15-30 cm) per un totale di 24 analisi.

L'azienda integrata di pianura lavora il sottofila mentre l'a-

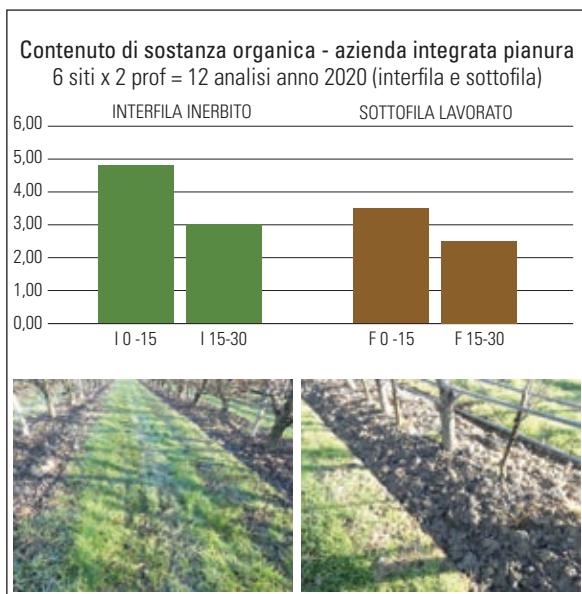


Figura 6 - Contenuto di sostanza organica monitorato nell'anno 2020 in interfila e sottofila di frutteto a produzione integrata in pianura.

azienda di collina non lo lavora ma lo diserba per contenere la crescita della piante.

Le figure 6 e 7 evidenziano in entrambi i casi che l'interfila inerbito ha un maggiore contenuto di sostanza organica rispetto al sottofila e il maggior accumulo si esprime nei primi 15 cm determinato proprio dall'effetto dell'inerbimento.

### Capacità dei suoli di immagazzinare carbonio

È già stata ribadita l'importanza riconosciuta a livello mondiale della capacità del suolo di immagazzinare Carbonio. Tale capacità è stata stimata nei suoli delle aziende partner tramite lo studio di dieci profili di suolo aperti negli

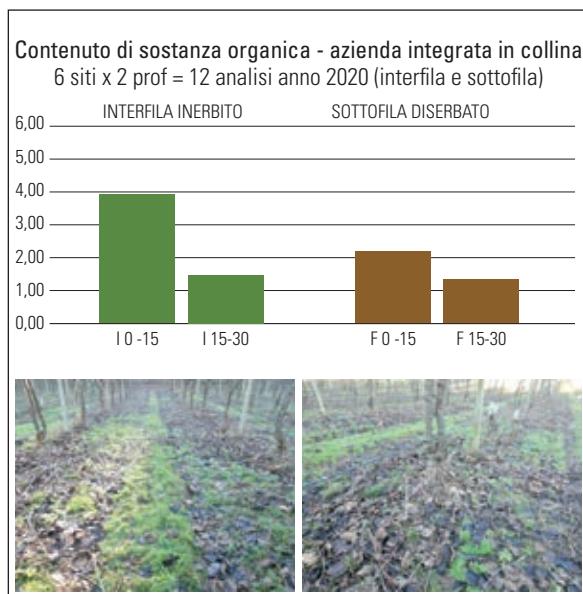


Figura 7 - Contenuto di sostanza organica monitorato nell'anno 2020 in interfila e sottofila di frutteto a produzione integrata in collina

appezzamenti prescelti.

Si premette che i suoli studiati sono risultati rappresentativi del panorama pedologico della frutticoltura emiliano-romagnola. Lo studio e la descrizione dei suoli ha seguito le norme della "Guida di campagna per la descrizione delle osservazioni pedologiche" della Regione Emilia-Romagna. Ciascun orizzonte riconosciuto è stato campionato e analizzato. Dalle analisi della sostanza organica e dalle misure di densità apparente è stato possibile determinare il carbonio stoccato nel primo metro distinguendo lo strato 0-15, 15-30 e 30-100 cm.

Lo studio ha evidenziato che nei suoli di collina l'eventuale presenza di roccia o del substrato geologico entro 100 cm

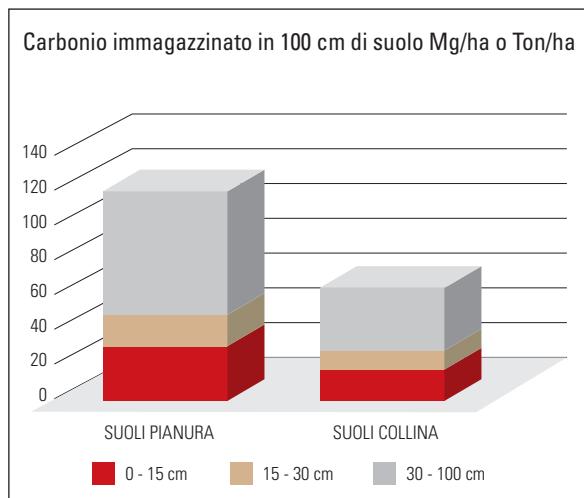


Figura 8 - Stima della capacità media di immagazzinare carbonio nei primi 100 cm di suolo nei frutteti in pianura e in collina.

La stima della capacità dei suoli dedicati alla frutticoltura di immagazzinare Carbonio organico nei primi 100 cm ha fatto riferimento alla seguente equazione di valenza mondiale (Batjes, 1996):

$$\text{stockCO} = \frac{\text{CO} * \text{Da} * \text{s} * (1 - \text{rm}) * 1}{10}$$

“stockCO”: espresso in t/ha (equivalenti a Mg/ha);

“CO”: contenuto in carbonio organico (g di carbonio/kg) derivante dalle analisi con analizzatore elementare eseguite su specifici campioni prelevati per ciascun orizzonte pedologico riconosciuto nei profili di suolo studiati;

“Da”: densità apparente (g/cm<sup>3</sup>) selezionata dalle pedofunzioni elaborate dal Servizio Geologico Sismico e dei suoli (Guermandi et al., 2013) in riferimento alle misure effettuate nei profili di suolo;

“s”: spessore dell’orizzonte genetico riconosciuto (cm); in questo caso si è valutato lo spessore dei vari orizzonti riconosciuti entro 100 cm escludendo il substrato geologico nei suoli di collina quando presente entro questa profondità;

“rm”: volume occupato dallo scheletro (es ghiaia, ciottoli di diametro > 2 mm) contenuta nell’ orizzonte genetico.

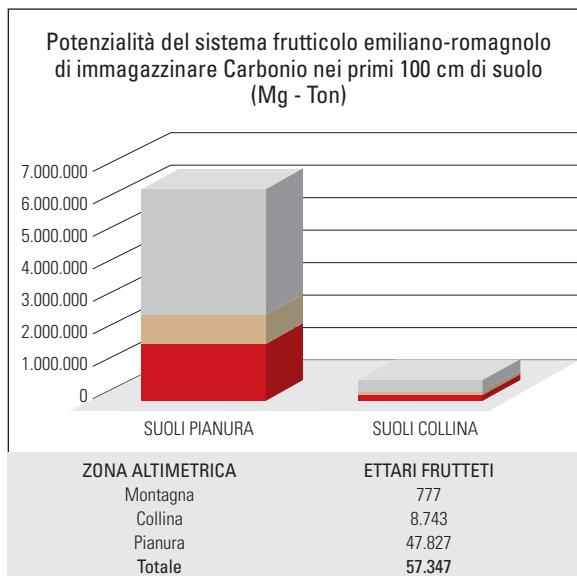


Figura 9 - stima della capacità potenziale della frutticoltura emiliano-romagnola di immagazzinare carbonio.

diminuisce il volume di suolo in grado di immagazzinare carbonio; per tale motivo è stata stimata una inferiore capacità di immagazzinamento nei suoli di collina rispetto alla pianura.

La figura 8 evidenzia la capacità media di stoccaggio dei suoli rilevati nelle aziende partner di FRUTTIFI\_CO distinta tra pianura (124 ton/ha) e collina (67 ton/ha).

La figura 9 mostra l’interessante potenziale capacità di immagazzinamento di Carbonio del sistema frutticolo emiliano-romagnolo rapportando la capacità media di stoccaggio dei suoli agli ettari di pianura e di collina dedicati a frutticoltura.

## Conclusioni

Il monitoraggio eseguito ha dimostrato l'effetto della gestione degli interfilari con inerbimento permanente o con sovescio sul contenuto di sostanza organica nel suolo. Esso, nelle aziende di pianura, è risultato aumentato se confrontato con le informazioni delle caratteristiche chimico fisiche disponibili sul Catalogo dei suoli della Regione Emilia-Romagna risalenti agli anni 90, periodo in cui gli interfilari venivano lavorati tutti gli anni, passando da una classe di dotazione scarsa a una dotazione normale o elevata.

Lo studio, inoltre, ha consentito di approfondire la conoscenza dei suoli dedicati alla frutticoltura soprattutto per il territorio di collina. I suoli della collina dedicati alla frutticoltura sono risultati tendenzialmente con una dotazione scarsa che pertanto porta a consigliare di aumentare la sostanza organica anche tramite l'apporto di materiali quali ad esempio compost o biodigestato.

Inoltre, i risultati del monitoraggio che ha interessato le 2 profondità (0-15 cm e 15-30 cm) hanno evidenziato che l'effetto dell'aumento della sostanza organica determinato dall' inerbimento permanente dell'interfilare interessa soprattutto i primi 15 cm di profondità. D'altronde, la

pratica del sovescio nell'interfila, grazie all'interramento della biomassa vegetale, determina un miglioramento del contenuto di sostanza alla profondità di 15-30 cm rispetto all'inerbimento permanente. Le due pratiche, quindi, tendenzialmente risultano entrambe efficaci nel favorire un aumento di sostanza organica nel suolo soprattutto nei suoli profondi e irrigati della pianura. Nella gestione dell'interfilare gestito con inerbimento permanente è senz'altro consigliabile applicare tecniche di arieggiamento volte a migliorare la struttura del suolo subito al di sotto del cotico erboso al fine di contrastare il possibile compatimento determinato dal passaggio delle macchine .

La valutazione e stima della importante capacità dei suoli dedicati alla frutticoltura di immagazzinare carbonio ha una ricaduta diretta su tutto il sistema frutticolo emiliano-romagnolo che ha potuto acquisire la consapevolezza dell'effetto delle buone pratiche agricole sul suolo e sulla possibilità di svolgere un ruolo importante per il contrasto dei cambiamenti climatici.

Tutto ciò valorizza e riconosce l'importante ruolo del frutticoltore che, non solo produce prodotti di qualità, ma presidia, preserva e tutela il territorio partecipando al contrasto dei cambiamenti climatici.



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

# Il monitoraggio della qualità della sostanza organica

## Indice di fertilità biologica

I microrganismi del suolo sono coinvolti in numerose funzioni e processi, le più importanti sono quelle relative alla regolazione dei cicli biogeochimici del C e dei nutrienti (N, P e S), collegati quindi al ruolo della sostanza organica per la valutazione della fertilità del suolo (naturale ed indotta con le fertilizzazioni). I microrganismi rivestono un ruolo chiave nel processo di accumulo del C organico in quanto regolano i processi di umificazione e mineralizzazione. Il processo di umificazione produce polimeri di diverse molecole a diverso peso molecolare, necessarie per la stabilità di struttura e di alimentazione della biodiversità del suolo. La biomassa microbica gioca un ruolo chiave anche nella mineralizzazione della sostanza organica nativa del suolo, liberando elementi nutritivi importanti per la nutrizione delle piante. L'emissione di gas serra e la mitigazione dei cambiamenti climatici è regolata sempre dall'attività dei microrganismi del suolo.

La conservazione e la preservazione dei microrganismi è

fondamentale per non portare il suolo verso la desertificazione, senza microrganismi il suolo perderebbe il suo ruolo vitale e sarebbe solamente un inerte supporto meccanico. La presenza di microrganismi nei suoli è influenzata sia da fattori ambientali (piovosità e temperatura) sia dalle caratteristiche chimico-fisiche del suolo stesso (contenuto di sostanza organica, contenuto di argilla, porosità, contaminazione). Solitamente il quantitativo delle popolazioni microbiche (C e N microbico) e la loro attività (attività enzimatica, respirazione basale) diminuisce con la profondità, in quanto esiste una stretta relazione tra le diverse specie microbiche e il contenuto di C organico del suolo. Le diverse specie microbiche svolgono funzioni ecologiche diverse e sviluppano diversa capacità ad utilizzare i composti organici e nutrienti, portando ad una diversa distribuzione spaziale delle comunità microbiche stesse all'interno degli habitat del suolo.

La respirazione del suolo, emissione di  $\text{CO}_2$  per massa di suolo, è uno dei parametri maggiormente usati per quantificare l'attività microbica all'interno del suolo. La quanti-

ficazione della CO<sub>2</sub> emessa, dopo standardizzazione delle condizioni di misura, evidenzia come le cellule microbiche metabolicamente attive richiedano un apporto continuo e costante di nutrienti e di energia, che per la grande massa delle popolazioni, che sono eterotrofe, deriva dalla trasformazione della sostanza organica del suolo.

Il tasso di respirazione basale del suolo è la misura della respirazione microbica e viene considerata come decomposizione complessiva della sostanza organica (Anderson, 1982).

Questi parametri possono essere utilizzati per creare alcuni indicatori quali in quoziente microbico (qMIC) che è espresso come rapporto tra il C della biomassa microbica (C<sub>mic</sub>) e il C organico del suolo (C<sub>mic</sub>/OC) e riflette il contributo della biomassa microbica al C organico del suolo, evidenziando la percentuale di parte vivente (Anderson e Domsch, 1989). qMIC indica la disponibilità del substrato labile per le popolazioni microbiche del suolo, in quanto questo rapporto diminuisce quando diminuisce la concentrazione di sostanza organica disponibile (Brookes, 1995). Un altro indicatore relativo all'attività della biomassa microbica è il quoziente metabolico (qCO<sub>2</sub>), ampiamente usato in letteratura per valutare il disturbo e lo stress delle popolazioni microbiche, riconoscendo la sua applicazione per la misura relativa dell'efficienza con cui la biomassa microbica del suolo utilizza le risorse di C e il grado di limitazione che il substrato può evidenziare per i microbi del suolo (Wardle and Ghani, 1995, Dilly and Munch, 1998).

Il quoziente di mineralizzazione (qM) esprime la frazione di C organico totale che può essere mineralizzata durante il tempo di incubazione (Dommergues, 1960, Pinzari et al., 1999).

Gli indici microbici sono stati calcolati come segue:

$$qMIC = \mu\text{g di biomassa C} \times \mu\text{g carbonio organico totale} - 1 \times 100 \text{ (Anderson e Domsch, 1989);}$$

$$qCO_2 = (\mu\text{g C-CO}_2 \text{ basale h} - 1 \times \mu\text{g di biomassa C} - 1) \times 103 \text{ (Dilly and Munch, 1998);}$$

$$qM = \mu\text{g C-CO}_2 \text{ cumulativo} \times \mu\text{g carbonio organico totale} - 1 \times 100 \text{ (Pinzari et al., 1999).}$$

In quoziente microbico, qMIC, è sensibile agli "stress" nutrizionali e valori inferiori a 2 sono da considerare critici per terreni con pH neutro (Anderson, 2003). Inoltre, è ragionevole supporre che uno squilibrio nutrizionale tra C e N possa aver alterato lo stato fisiologico delle comunità microbiche con variazioni nel tempo della loro composizione. Anderson (2003) fa riferimento allo stesso valore critico, menzionato per C<sub>mic</sub>/OC, anche con riferimento all'indicatore qCO<sub>2</sub>, affermando che valori superiori a 0.2 del quoziente metabolico indicano una comunità microbica energeticamente meno efficiente. I cambiamenti nella disponibilità di nutrienti possono modificare il fabbisogno energetico microbico di mantenimento. Il basso quoziente microbico (qMIC, C<sub>mic</sub>/OC) e l'alto quoziente metabolico (qCO<sub>2</sub>) riflettono un uso meno efficiente dei substrati organici da parte della biomassa microbica (Anderson, 2003, Pinzari et al., 1999).

Per i suoli investigati in questo progetto è stato applicato anche l'Indice di Fertilità Biologica (IBF), proposto per il monitoraggio della qualità dei suoli in Italia (Pompili et al., 2008; Renzi et al., 2017), che si basava sulla sostanza organica del suolo (SOM=OC×1,724), la respirazione basa-

Tabella 3. Punteggi dei diversi parametri usati per calcolare l'Indice di fertilità Biologica (IBF)

| Parametro        | Punteggi |          |          |         |      |
|------------------|----------|----------|----------|---------|------|
|                  | 1        | 2        | 3        | 4       | 5    |
| SOM              | <1       | ≥1       | >1.5     | >2      | >3   |
| Cmic             | <100     | ≥100     | >250     | >400    | >600 |
| qCO <sub>2</sub> | ≥0.4     | <0.4≥0.3 | <0.3≥0.2 | 0.2≥0.1 | <0.1 |
| qM               | <1.0     | ≥1≤2     | >2≤3     | >3≤4    | >4   |

SOM=materia organica del suolo (%); Cmic=carbonio microbico (mg/kg); qCO<sub>2</sub>= quoziente metabolico (mgCO<sub>2</sub>-C 10-2 h-1 mcCmic-1); qM= quoziente di mineralizzazione (%)

Tabella 4. Classi di fertilità dell'Indice di Fertilità Biologica (IBF).

| Classe di fertilità | I      | II         | III   | IV    | V     |
|---------------------|--------|------------|-------|-------|-------|
|                     | stress | pre-stress | medio | buona | alta  |
| Punteggio IBF       | 4      | 5-8        | 9-12  | 13-16 | 17-20 |

le media, che costituisce la respirazione potenziale della biomassa microbica del suolo (RB), respirazione cumulativa (Ccum), carbonio della biomassa microbica (Cmic), quoziente metabolico (qCO<sub>2</sub>) e di mineralizzazione (qM). L'indicatore si è dimostrato sensibile ed è stato applicato per discriminare lo stato di fertilità biologica dei suoli (Pompili et al., 2008; Renzi e Benedetti, 2015; Renzi et al, 2017). L'IBF è stato semplificato da Vittori Antisari et al e ad ognuno di questi parametri indagati sono stati impostati 5 intervalli di valori, ad ognuno dei quali è stato assegnato un punteggio da 1 a 5 (Tabella 3), come indicato da Francaviglia et al., 2017. La somma algebrica dei punteggi per ciascun parametro fornisce le classi proposte di fertilità biologica del suolo (Tabella 4).

L'Indice di fertilità Biologica applicato ai frutteti inerbiti mette in evidenza come tutti i campioni superficiali (0-15

cm) delle cinque aziende indagate sono comprese nella classe III: medium (MER\_I\_C1, MER\_I\_C4, SAV\_I\_C1, SPA\_1\_C1), classe IV: buona (BIO\_S\_C1, BIO\_I\_C4, ZAN\_I\_C1 e ZAN\_I\_C4) e classe V: alta (BIO\_S\_C7 e BIO\_I\_C7). L'indice di fertilità biologica (IBF) nei suoli campionati alla profondità 15-30 cm evidenzia siano compresi tra la classe II: pre-stress (SPA\_I\_C1, MER\_I\_C4 e ZAN\_I\_C1), classe III: medium (BIO\_I\_C4, BIO\_S\_C7, MER\_I\_C1, SAV\_I\_C1, SPA\_I\_C4), classe IV: buona (BIO\_S\_C1 e ZAN\_I\_C4).

### Sostanze umiche

Solitamente, la sostanza organica è formata per circa 60-80% dalle sostanze umiche, che si originano durante i processi di umificazione originando strutture organiche complesse, maggiormente stabili alla degradazione chi-

mica e biologica, recalcitranti alla mineralizzazione e che presentano un turnover molto alto. Il restante 20-40% della SOM può essere assimilato a composti biochimici ben conosciuti quali proteino-simili, polisaccaridi, acidi e alcani, lipidi, cere ed altri e viene solitamente denominato "sostanze non-umiche".

L'estrazione chimica delle sostanze umiche avviene in funzione alla loro solubilità in soluzioni alcaline e/o acide.

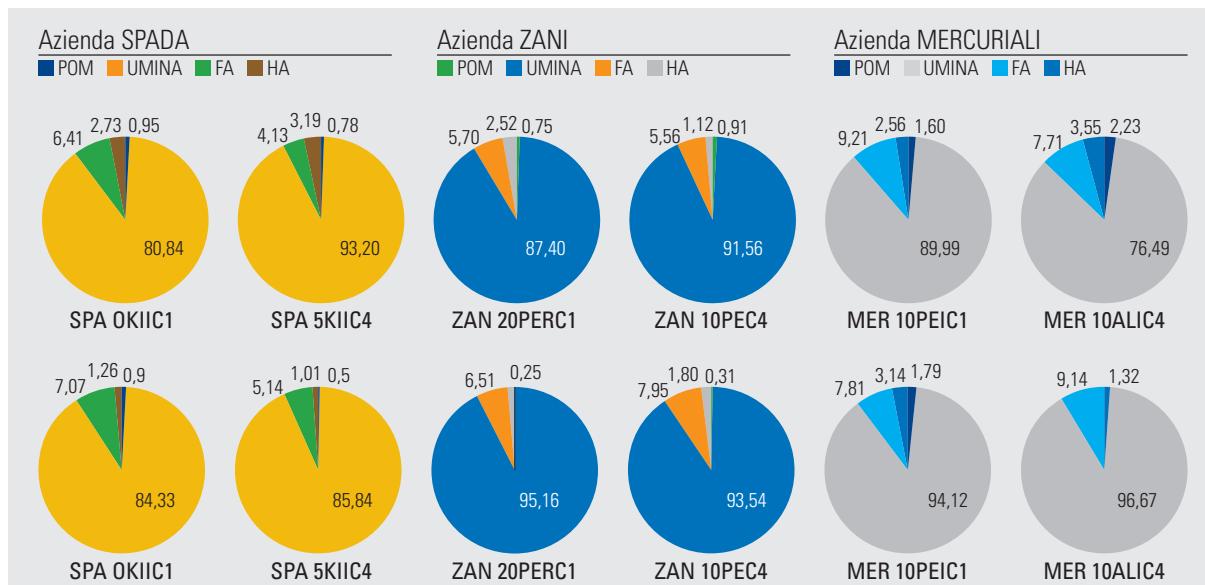
Pertanto le sostanze umiche possono essere divise in:

- Acidi umici (HA): frazione umica solubile in alcali ma che precipita in seguito all'acidificazione dell'estratto.
- Acidi fulvici (FA): frazione umica che rimane in soluzione sia in alcali che in acidi
- Umina: frazione umica che non può essere estratta da

terreno per mezzo di alcali e acidi.

Gli acidi umici e fulvici sono stati oggetto di studi volti alla loro caratterizzazione chimico-strutturale (Nannipieri et al., 1993; Landi et al., 2000) per definire quindi la loro funzione all'interno del suolo. Una delle caratteristiche più importanti delle sostanze umiche è la loro capacità di interagire con ioni metallici, ossidi, idrossidi, minerali argillosi e formare composti e associazioni che possono essere sia solubili che insolubili in acqua e avere stabilità chimica e biologica diversa da quella originaria. In particolare, l'assorbimento dei composti umici sulle superfici argillose e negli interstrati dei minerali argillosi svolge un'azione di stabilizzazione delle sostanze umiche stesse, proteggendo la sostanza organica dalla decomposizione chimica e

Figura 10. Frazioni delle sostanze umiche, normalizzate al C organico totale.



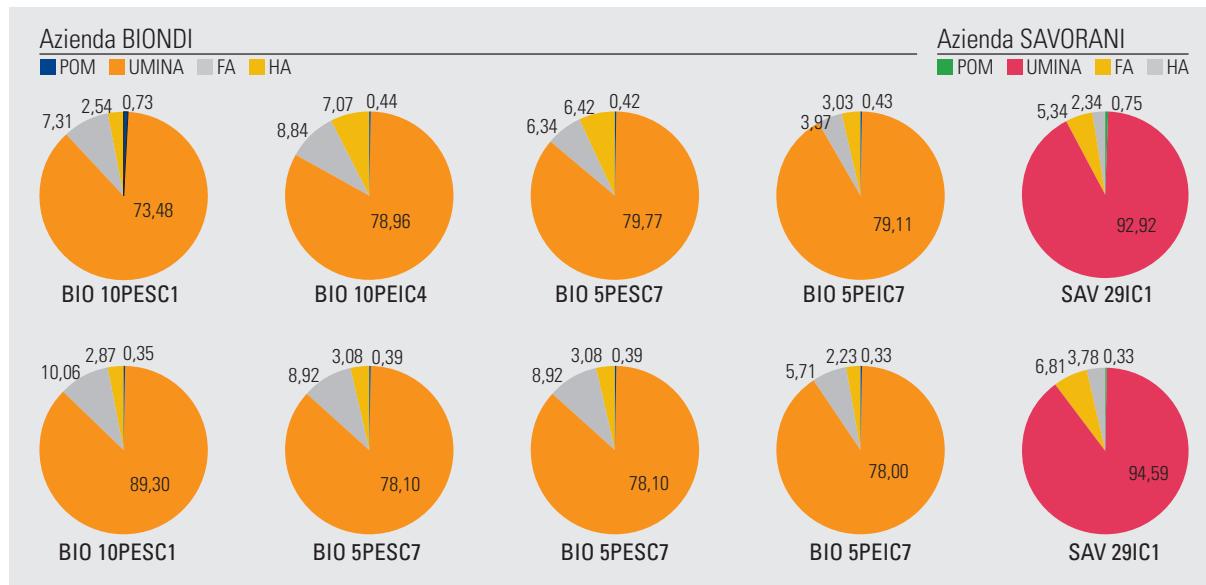
biologica per lunghi periodi di tempo, aumentando il turnover e la residenza delle molecole nel suolo. Inoltre, la formazione di complessi argillo-umici, metallo-umati e metallo-fulvati è importante per avere una buona struttura del suolo e assicurare la disponibilità dei nutrienti, principalmente i microelementi, oltre a giocare importanti ruoli nella gestione dell'acqua e dell'umidità del suolo.

Nelle figure 10 e 11 sono presentate le frazioni delle sostanze umiche estratte dai suoli campionati nelle diverse aziende, presentate come percentuale sul C organico totale riscontrato.

La frazione maggiormente rappresentata è l'umina, polimeri di maggiore peso molecolare, legati alla frazione minerale del suolo ed è compresa nei suoli indagati tra il

73,5 e 96,7%, la seconda frazione per ordine di abbondanza quella degli acidi fulvici (FA), seguita dagli acidi umici (HA) e dalla frazione particolata (POM). La POM indica la frazione maggiormente disponibile per la degradazione ed è compresa nei suoli indagati tra 0.3 e 1.8%. In particolare l'azienda Mercuriali nei suoli inerbiti presenta la percentuale più alta da 1,3 al 2,2%, indice di poche lavorazioni e passaggi con trattori sugli appezzamenti. FA è la frazione con peso molecolare inferiore rispetto agli acidi umici ed è quella maggiormente rappresentata nei suoli indagati ed è compresa tra 4,1% e il 13,2%. La percentuale maggiore di FA è da riscontrare nell'azienda Biondi (da 6,3 a 13,2%), seguito dall'azienda Mercuriali (7,7 a 9,2%), eccetto per BIO\_I\_C7, che ha valori simili a quelli riscontrati nelle al-

Figura 11. Frazioni delle sostanze umiche, normalizzate al C organico totale.



tre aziende (4,0 a 6,4%). HA mostrano andamenti simili. Da ricordare come HA e FA siano componenti importanti che interagiscono con la crescita delle piante e l'attività dei microrganismi. FA hanno un'attività antiossidante, mentre gli HA hanno mostrato molte attività biologiche che si sono rilevate importanti per la coltivazione delle piante, quali per esempio quella di indurre lo sviluppo dei sistemi radicali delle piante (Wu et al., 2016).

### Flussi di CO<sub>2</sub> dal suolo.

Il flusso di CO<sub>2</sub> prodotto dal suolo ha origine da fonti diverse, tra cui le due principali sono (1) la respirazione eterotrofa, a carico dei microrganismi che decompongono la sostanza organica del suolo, e (2) la respirazione autotrofa, a carico delle radici.

In totale sono stati monitorati 5 siti ed in particolare 4 siti nell'azienda Biondi (BIO1-I-C4, BIO1-S-C1, BIO1-I-C7, BIO1-S-C7) ed 1 sito nell'azienda Zani (ZAN1-I-C4). Per l'azienda Biondi, i siti BIO1-I-C4 e BIO1-S-C1 fanno riferimento al pescheto inerbito da 10 anni e i siti BIO1-I-C7 e BIO1-S-C7 fanno riferimento al pescheto inerbito da 5 anni, dove BIO1-I e BIO1-S corrispondono rispettivamente alle zone inerbite e sottoposte a sovescio al momento del monitoraggio. Per l'azienda Zani, il sito ZAN1-I-C4 è il pescheto inerbito da 15 anni.

In ogni sito campionato, 3 collari sono stati posizionati nel suolo, fino ad una profondità di circa 8 cm, disponendoli ai vertici di un triangolo con lato di circa 1 metro. Le misure dell'emissione di CO<sub>2</sub> sono state quindi eseguite direttamente in campo inserendo sui collari una camera di raccolta per la CO<sub>2</sub> collegata ad un analizzatore portatile all'infrarosso (EGM4-PP system).

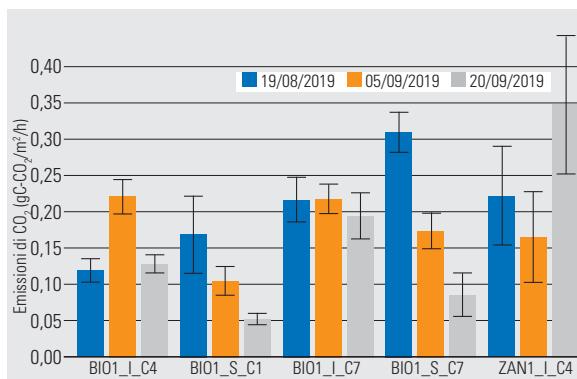


Figura. 12. Emissioni di CO<sub>2</sub> dal suolo monitorate nel periodo agosto-settembre 2019 presso l'azienda Biondi (siti BIO) e Zani (sito ZAN).

Il periodo di monitoraggio ha riguardato la stagione estiva 2019, eseguendo misurazioni dell'emissione di CO<sub>2</sub> (g CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/h) dai suoli ogni 15 giorni nel periodo da metà agosto alla fine di settembre. Poiché la respirazione del suolo è fortemente condizionata dai parametri pedoclimatici, contemporaneamente alle misure di CO<sub>2</sub> si è provveduto a misurare per ciascun punto di campionamento la temperatura (°C) e l'umidità (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>) del suolo tramite sonde inserite in prossimità dei collari.

In Figura 12 sono riportati i dati di emissione di CO<sub>2</sub> nei 5 siti durante le tre campagne di misura (19 agosto, 5 e 20 settembre 2019). Come è visibile i valori sono caratterizzati da una certa variabilità, con il valore massimo pari a 0.35 g C-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/h misurato nel pescheto inerbito da 15 anni presso l'azienda Zani, e il valore minimo pari a 0.05 g C-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/h registrato nel suolo di pescheto inerbito da 10 anni presso l'azienda Biondi. Se i valori estremi del range di variazione sono posti a confronto con dati riportati in letteratura, si osserva che i pescheti inerbiti monitorati,

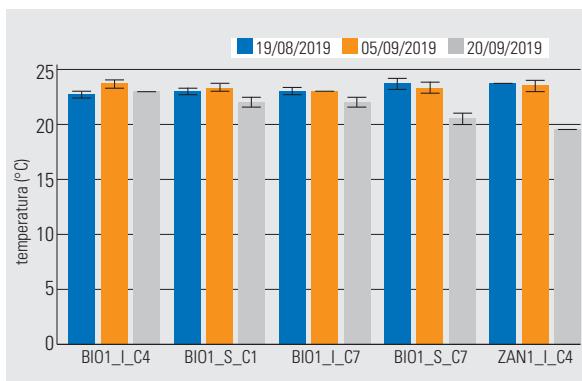


Figura 13. Valori di temperatura del suolo misurati nel periodo agosto-settembre 2019 presso l'azienda Biondi (siti BIO) e Zani (sito ZAN).

in funzione delle condizioni pedoclimatiche in cui erano al momento del monitoraggio, si collocano nei valori di emissione dei pascoli in aree semiaride ( $0.05 \text{ C-CO}_2 \text{ g/m}^2/\text{h}$ ; Wachiye et al. 2020) e delle foreste anche vetuste di conifere ( $0.30\text{-}0.35 \text{ C-CO}_2 \text{ g/m}^2/\text{h}$ ; Sulzman et al., 2005). Sebbene quindi la variabilità dei dati sia ampia, si osserva che i valori medi di emissione di  $\text{CO}_2$  dal suolo dei pescheti inerbiti è pari a  $0.17 \pm 0.09 \text{ CO}_2 \text{ g/m}^2/\text{h}$ , confrontabile quindi con quella riportata per le aree di prateria ( $0.17 \text{ CO}_2 \text{ g/m}^2/\text{h}$ ; Kasimir-Klemedtsson et al. 1997).

Da notare che, nel caso dei siti sottoposti a sovescio

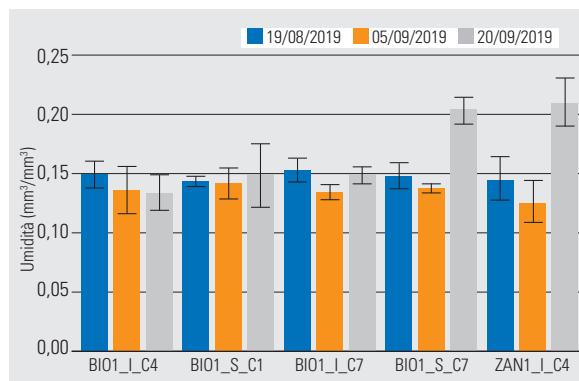


Figura 14. Valori di umidità del suolo misurati nel periodo agosto-settembre 2019 presso l'azienda Biondi (siti BIO) e Zani (sito ZAN).

(BIO1-S), durante la stagione monitorata si assiste ad una diminuzione progressiva delle emissioni di  $\text{CO}_2$ . Ciò non sembra essere indotto dalle variazioni delle microstazioni di temperatura e/o di umidità (Figure 13 e 14), in quanto i valori di temperatura e umidità del suolo non mostrano nei siti BIO1-S un andamento simile a quello delle emissioni di  $\text{CO}_2$  dal suolo. La riduzione di emissioni di  $\text{CO}_2$  dal suolo potrebbe essere dovuta alla pratica del sovescio stesso, in quanto l'interramento del materiale organico nel periodo precedente il monitoraggio potrebbe indurre la riduzione progressiva delle emissioni.

# Valutazione dell'impronta di carbonio delle pratiche agricole adottate in frutticoltura

Gli obiettivi sono stati individuare gli impatti ambientali relativi alla coltivazione delle specie frutticole del Progetto, in termini di emissioni di gas serra (GWP-Global Warming Potential), mediante l'applicazione dell'analisi LCA (Life Cycle Assessment), ai fini di individuare e quantificare quelle pratiche volte alla mitigazione delle emissioni di GHG (Greenhouse gases) derivanti dalla produzione agricola.

L'Analisi del Ciclo di Vita (LCA) richiede in ingresso una serie di dati primari per il calcolo delle emissioni (fase di inventario) che sono stati monitorati presso le aziende agricole partner del GOI attraverso degli specifici questionari; in particolare, sono state monitorate le specie frutticole più rappresentative (pero, pesco, albicocco e actinidia).

Si è analizzata la sola fase agricola (from cradle to farm gate), mentre l'unità funzionale del sistema (l'unità alla quale sono riferiti i calcoli) è il kg di frutta tal quale.

Per l'elaborazione dei dati si è utilizzato il software di calcolo SimaPro (versione 8.5) e la banca dati LCA Ecoinvent v.3. Per il calcolo dell'indicatore GWP sono stati utilizzati i fattori di caratterizzazione IPCC 2007 vers.1.02.

Sono state considerate le emissioni dovute a:

- Produzione dei mezzi tecnici impiegati dall'azienda sia in fase di impianto che di coltivazione nell'anno di riferimento.
- Operazioni di impianto e operazioni colturali.
- Emissioni dirette e indirette di  $N_2O$  (potente gas a effetto serra che si produce in campo a seguito della somministrazione di fertilizzanti azotati).
- Smaltimento dei rifiuti.

In figura 15 sono riportati i risultati delle elaborazioni LCA, espresse in termini di unità funzionale (kg prodotto), per i diversi casi studio.

Osservando i risultati dell'Az. Zani (Abate F. e Flaminia), in Produzione Integrata, si può notare che l'impatto per kg di frutta è lo stesso per le due specie: 0,19 kg  $CO_2eq$ . In entrambi i casi, la produzione dei fertilizzanti di sintesi e il loro impiego in campo vengono ad assumere le percentuali più elevate in termini di GWP, attestandosi tra il 40 e il 46% delle intere emissioni. La voce relativa all'impianto è molto più alta nel pesco, in quanto la durata stimata

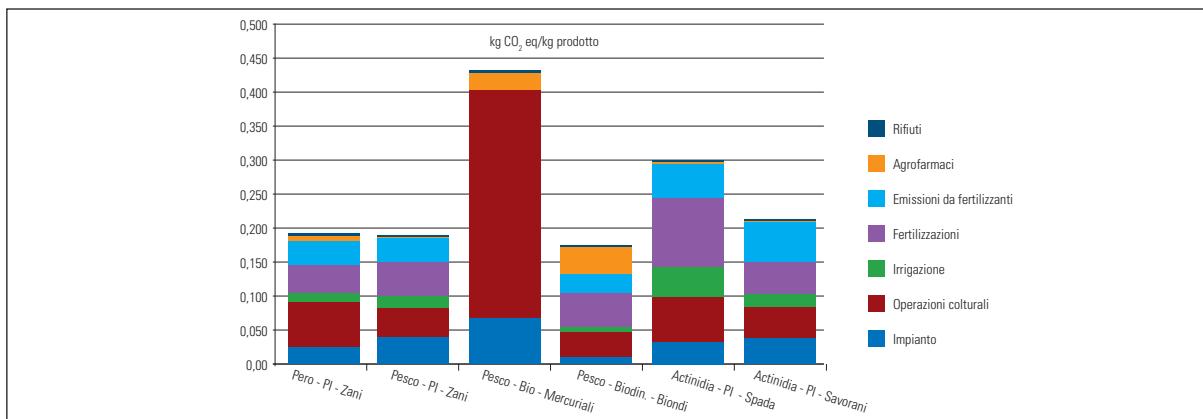


Figura 15. Risultati delle elaborazioni LCA, espresse in termini di unità funzionale (kg prodotto), per i diversi casi studio.

del pescheto è la metà di quella del pereto (gli impatti di questa voce vengono distribuiti sulla durata del frutteto). Radicalmente diversa la situazione dell’Az. Mercuriali (Pesco - Rosa del West), condotta in biologico, che pratica un’agricoltura marginale: non sono presenti infrastrutture di sostegno delle piante né un impianto di irrigazione e non vengono distribuiti fertilizzanti. Le rese produttive sono di conseguenza molto basse e ciò fa alzare di molto l’impatto per kg di frutta rispetto agli altri casi esaminati: il pesco emette 0,43 kg CO<sub>2</sub>eq/kg frutta e l’albicocco, con una resa ancor minore, arriva a 1,28 kg CO<sub>2</sub>eq/kg (il valore dell’albicocco non è riportato nell’istogramma per motivi di scala). Il pesco dell’Az. Biondi (Symphonie), condotta con agricoltura biodinamica, ha invece, con 0,17 kg CO<sub>2</sub>eq/kg, un impatto paragonabile al pesco in Produzione Integrata. Il valore più basso dei casi studio è raggiunto grazie soprattutto all’elevata resa produttiva, pari a 47,5 t/ha. Anche in questo caso l’impatto maggiore deriva dalla produzione dei fertilizzanti (nel caso specifico un compost da fungaia) e dal loro impiego in campo, con un peso del 45% delle intere emissioni.

Le emissioni dell’actinidia presso l’Az. Spada-Turilli di Zattaglia si collocano ad un livello di 0,30 kg CO<sub>2</sub>eq/kg, quindi ad un livello superiore al pero, che pure ha una resa produttiva simile. In particolare, l’insieme delle emissioni derivanti dalla produzione dei fertilizzanti di sintesi e dal loro impiego in campo raggiunge, con il 50%, il peso maggiore di tutti i casi esaminati. Entrando nel dettaglio della categoria di impatto fertilizzanti, a pesare maggiormente è il nitrato ammonico che raggiunge il 27,5% della voce. Infine, presso l’azienda Savorani di Fognano è stato esaminato l’altro caso ad actinidia (campagna 2019). A parità di resa produttiva (28 t/ha) con l’altra azienda, le emissioni sono più basse, 0,21 kg CO<sub>2</sub>eq/kg, grazie ai minori impatti di operazioni colturali, irrigazione e soprattutto dei fertilizzanti impiegati, nonostante presso l’azienda Savorani ne siano stati distribuiti di più, in termini di unità azotate; in questo caso entra in gioco il maggiore impatto in fase di produzione industriale del nitrato ammonico, distribuito in via preferenziale presso l’azienda Spada, sia in pieno campo che per fertirrigazione, rispetto al ternario impiegato in pieno campo presso Savorani.

# Linee guida volte alla migliore gestione dei suoli per il mantenimento della sostanza organica e il sequestro di carbonio in frutticoltura

La definizione di “linee guida volte alla migliore gestione dei suoli per il mantenimento della sostanza organica e il sequestro di carbonio in frutticoltura” rappresenta l’obiettivo conclusivo del progetto FRUTTIFI\_CO.

Le linee guida, condivise dalle aziende agricole e dagli enti di ricerca partecipanti al gruppo operativo, intendono promuovere e valorizzare il ruolo del frutticoltore nel sequestro di carbonio e quindi come custode della sostenibilità ambientale della frutticoltura.

Un fondamentale riferimento sono state le “linee guida volontarie per la gestione sostenibile del suolo” (FAO 2015) che chiariscono l’importante ruolo della gestione sostenibile del suolo nel contribuire agli sforzi collettivi per la mitigazione e l’adattamento al cambiamento climatico, per la lotta alla desertificazione e la protezione della biodiversità.

La gestione del suolo sostenibile è volta a preservare, mantenere o migliorare i servizi ecosistemici e le funzioni del suolo. I punti focali delle buone pratiche agronomiche sono i seguenti:

- ridurre al minimo l’erosione del suolo da parte di acqua e vento;
- mantenere una buona struttura del suolo evitando la compattazione;
- mantenere una copertura superficiale sufficiente per proteggere il suolo, come ad esempio l’inerbimento permanente o una cover crop nel periodo delle piogge;
- mantenere o migliorare il contenuto di sostanza organica, ad esempio con apporti di materiali organici, contenendo le lavorazioni, favorendo la copertura dell’interfilare con inerbimento permanente o sovescio;
- mantenere o migliorare la fertilità del suolo utilizzando piani di fertilizzazione;
- applicare la buona gestione dell’acqua favorendo l’infiltrazione delle acque da precipitazioni e garantendo il drenaggio di qualsiasi eccesso oltre a puntare a un utilizzo efficiente per soddisfare le esigenze delle piante: gli impianti di irrigazione a goccia, tipicamente utilizzati nella frutticoltura emiliano-romagnola assolvono bene queste funzioni;

- preservare la biodiversità del suolo per sostenerne tutte le funzioni biologiche;
- ridurre l'impermeabilizzazione del suolo aziendale al minimo;
- non contaminare il suolo;
- contenere la salinizzazione e la sodificazione del suolo.

Inoltre le buone pratiche devono volgere alla riduzione delle emissioni di gas serra al fine di contenere l'impronta di carbonio e favorire:

- **il sequestro del carbonio dall'atmosfera nel suolo:** le tecniche di sequestro del carbonio sono tutte quelle pratiche agricole che tendono alla conservazione della fertilità del suolo perché aumentano il suo contenuto di sostanza organica, quali ad esempio l'inerbimento dell'interfilare
- **aumentare l'efficienza produttiva:** intensificazione sostenibile che migliori le produzioni tramite un più efficiente impiego degli input.
- **ridurre le emissioni:** ottimizzare in primis la fertilizzazione azotata (dosi, epoche, tipologie di fertilizzanti, tecnologie di precisione, modalità di distribuzione soprattutto per gli effluenti di allevamento) e l'impiego degli altri mezzi tecnici (acqua, mezzi per la difesa).
- **produrre e risparmiare energia:** possono contribuire tutti gli interventi di risparmio energetico e di aumento della efficienza energetica delle macchine impiegate, oltre all'installazione di impianti di produzione energetica da fonte rinnovabile (es. fotovoltaico).

In particolare, per le produzioni frutticole le seguenti pratiche contribuiscono, in ordine di importanza, alla riduzione delle emissioni di gas serra (GHG):

- tecniche di ottimizzazione nell'impiego dei fertilizzanti per la riduzione sia delle emissioni derivanti dalla loro produzione industriale, in particolare degli azotati di sintesi, che il loro uso in campo (emissioni di N<sub>2</sub>O);
- adozione di bilanci nutritivi, opportunamente supportati da sistemi decisionali e analisi sulla fertilità del suolo, per il contenimento della dose di azoto, il frazionamento e la scelta del fertilizzante;
- adozione di tecniche più efficienti di distribuzione come la fertirrigazione;
- adozione di pratiche per ridurre le perdite di N<sub>2</sub>O in atmosfera (evitare il compattamento del suolo, assicurare il drenaggio superficiale e più in generale, rispettare le buone pratiche agronomiche nella gestione del suolo che favoriscono la funzionalità microbica del suolo).
- impiego di fonti energetiche rinnovabili, ad es. per il funzionamento degli impianti di irrigazione e delle macchine operatrici (carro raccolta elettrico).
- impiego di sensoristica locale e sistemi informativi a supporto delle decisioni per l'ottimizzazione dell'irrigazione.
- utilizzo di materiali rinnovabili nelle infrastrutture di sostegno del frutteto, come ad es. la paleria in legno, anziché in cemento armato.
- impiego più efficiente dei prodotti agrochimici (fitofarmaci) e loro sostituzione, qualora possibile, con tecniche alternative (es. confusione sessuale).
- se non sussistono particolari problematiche fitosanitarie, lasciare in campo i residui di potatura e trinciari.

# BIBLIOGRAFIA

- AAVV. 2002. "Guide di campagna\_ Descrizione delle osservazioni pedologiche" Manuali Tecnici del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli.
- AA.VV. 2010. Il Progetto integrato per il sostegno della filiera pero in Emilia-Romagna Notiziario CRPV n. 82.
- AA.VV. 2005. I portinnesti delle piante da frutto Notiziario CRPV n. 71.
- AA.VV. 2020. Disciplinari di Produzione Integrata 2020\_ Regione Emilia-Romagna
- BRENNAS S., ACUTIS M., BALLARIN A., DENTI, GARDI C., GEROSA G., VALAGUSSA M., 2013. Il ruolo dell'agricoltura conservativa nel bilancio del carbonio - Quaderni della Ricerca n. 153 - ERSAF Regione Lombardia.
- DOMMERMUES Y. 1960. La notion de coefficient de minéralisation du carbone dans le sols. L'Agronomie Tropicale, XV (1), pp. 54-60.
- FRANCAVIGLIA R., RENZI G., LEDDA L., BENEDETTI A. 2017. Organic carbon pools and soil biological fertility are affected by land use intensity in Mediterranean ecosystems of Sardinia, Italy. Science of the Total Environment 599–600 (2017) 789–796
- KASIMIR-KLEMDTSSON, KLEMDTSSON L., BERGLUND K., MARTIKAINEN P., SILVOLA J., OENEMA O. 1997. Greenhouse gas emissions from farmed organic soils: a review. Soil Use and Management, 13,245-250
- GUERMANDI M., MARCHI N., TAROCCO P., CALZOLARI C., UNGARO F., VILLANI I. 2013. Siti locali rappresentativi dei suoli della pianura e della collina emiliano-romagnola. Pubblicazione Regione Emilia-Romagna Servizio geologico, Sismico e dei Suoli
- PINZARI F., TRINCHERA A., BENEDETTI A., SEQUI P. 1999. Use of biochemical indices in the Mediterranean environment: comparison among soils under different forest vegetation. J. Microbiol. Meth., 36, pp. 21-28.
- POMPILI L., MELLINA A.S., BENEDETTI A., BLOEM J., 2008. Microbial indicators in three agricultural soils with different management. Fresenius Environ. Bull. 17, 1128-1136.
- RENZI G., BENEDETTI A., 2015. Caratterizzazione microbiologica dei suoli. Progetto di Monitoraggio Ambientale su tutto il Territorio della Regione Lombardia (Progetto Soil): Indagine conoscitiva della qualità e dello stato di salute dei suoli lombardi, Report EUR 27161 IT. Publications Office of the European Union Luxembourg, pp. 309–315.
- RENZI G., CANFORA L., SALVATI L., BENEDETTI A., 2017. Validation of the soil Biological Fertility Index (BFI) using a multidimensional statistical approach: a country-scale exercise. Catena 149, 294–299.
- SULZMAN E.W., BRANT J.B., BOWDEN R.D., LAJTHA K. 2005. Contribution of aboveground litter, belowground litter, and rhizosphere respiration to total soil CO<sub>2</sub> efflux in an old growth coniferous forest. Biogeochemistry, 73: 231–256
- STOLBOVOY V., MONTANARELLA L., FILIPPI N., JONES A., GALLEGO J., GRASSI G., 2007. Soil Sampling Protocol to Certify the Changes of Organic Carbon Stock in Mineral Soils of European Union. EUR 21576 EN/2, 48 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- WACHIYE S., MERBOLD L., VESALA T., RINNE J., RÄSÄNEN M., LEITNER S., PELLIKKA P. 2020. Soil greenhouse gas emissions under different land-use types in savanna ecosystems of Kenya. Biogeosciences, 17, 2149–2167
- WARDLE D.A., GHANI A. 1995 A critique of the microbial metabolic quotient (qCO<sub>2</sub>) as a bioindicator of disturbance and ecosystem development. Soil Biol. Biochem., 27 (12), pp. 1601-1610
- WU M., SONG M., LIU M., JIANG C., LIA Z., 2016. Fungicidal activities of soil humic/fulvic acids as related to their chemical structures in greenhouse vegetable fields with cultivation chronosequence. Sci Rep. 2016; 6: 32858.

## RIFERIMENTI PER VALUTAZIONE IMPRONTA CARBONICA ( LCA )

IPCC, 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use. Chapter 10 - Emissions From Livestock And Manure Management and Chapter 11 - N<sub>2</sub>O Emissions From Managed Soils, and CO<sub>2</sub> Emissions From Lime And Urea Application.

Ecoinvent, 2007. Life Cycle Inventories of Agricultural Production Systems, Ecoinvent report No 15, Zurich and Dübendorf.

EMEP/EEA Emission inventory guidebook, 2013, 3.B Manure management and 3.D Crop production and agricultural soils.

IPCC, CLIMATE CHANGE, 2013. The Physical Science Basis, <http://www.ipcc.ch/report/ar5/>.

PCR (Product Category Rules) 2012:07, Version 1.0 del 23-08-2012 riferita alla categoria di prodotto "Fruits and Nuts".

Regolamento regionale 28 ottobre 2011, n.1, Regolamento regionale ai sensi dell'articolo 8 della legge regionale 6 marzo 2007, n. 4. disposizioni in materia di utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento e delle acque reflue derivanti da aziende agricole e piccole aziende agro-alimentari.

## SITI INTERNET CONSULTATI

Catalogo dei suoli: <https://agri.regione.emilia-romagna.it/Suoli/>

I suoli dell'Emilia-Romagna: <https://geo.regione.emilia-romagna.it/cartpedo/>

Gruppo operativo del partenariato europeo per la produttività e la sostenibilità dell'agricoltura

## **FRUTTIFI\_CO: FRUTTicoltura Finalizzata Impronta Carbonio Organico**

Iniziativa realizzata nell'ambito del Programma regionale di sviluppo rurale 2014-2020 – Tipo di operazione 16.1.01

Gruppi operativi del partenariato europeo per l'innovazione: "produttività e sostenibilità dell'agricoltura" - Focus Area 5E

### **FONTE FINANZIAMENTO:**

**Psr 2014-2020 REGIONE EMILIA-ROMAGNA Misura 16.1.01**

**% FINANZIAMENTO:** 100% Misura 16 Focus Area 5E - 80% Misura 1

**COSTO TOTALE:** 199804,59 €

**CONTRIBUTO AMMESSO:** 199308,59 €

Con il contributo di FEASR:

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=URISERV:l60032>

REGOLAMENTO (UE) N. 1305/2013 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A32013R1305>

**Data inizio progetto:** 01/04/2017 - **Data fine progetto:** 20/02/2021

### Partner del GOI FRUTTIFI\_CO:

#### **PARTNER EFFETTIVI:**

Centro Ricerche Produzioni Vegetali C.R.P.V. (Capofila)

I.Ter Soc. Coop.

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

Az. Agr. Biondi Massimo

#### **PARTNER ASSOCIATI:**

Az. Agr. Spada Turilli Maria Luisa e Figli

Az. Agr. Savorani Maurizio

Soc. Agr. Zani Monica e Zani Maurizio

Az. Agr. Mercuriali Flavio



Gruppo operativo del partenariato europeo per la produttività e la sostenibilità dell'agricoltura:

**FRUTTI\_FICO: FRUTTIcoltura Finalizzata Impronta Carbonio Organico**

Iniziativa realizzata nell'ambito del Programma regionale di sviluppo rurale 2014-2020 – Tipo di operazione 16.1.01 – Gruppi operativi del partenariato europeo per l'innovazione: "produttività e sostenibilità dell'agricoltura" - Focus Area 5E



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



**AZ. AGR.  
BIONDI MASSIMO**

**AZ. AGR.  
SAVORANI MAURIZIO**

**AZ. AGR.  
SPADA TURILLI  
MARIA LUISA E FIGLI**

**SOC. AGRICOLA  
ZANI MONICA E  
ZANI MAURIZIO**

**AZ. AGR.  
MERCURIALI FLAVIO**

