

PROVA del prodotto CAROSELLO nel vigneto di ROCCA DI MONTEMASSI

Prova vigneto 2025



29 dicembre 2025

Autore:

VITENOVA
Farm with Nature

www.vitenova.it

PROVA del prodotto CAROSELLO nel vigneto di ROCCA DI MONTEMASSI

Prova vigneto 2025

SCOPO DELLA PROVA

La prova sperimentale aveva l'obiettivo di valutare se la concimazione organica col prodotto Agrofertil "Carosello" poteva apportare un miglioramento della condizione di fertilità chimica, fisica e microbiologica del suolo, in particolare nel rapporto funghi/batteri.

MATERIALI E METODI

Il vigneto scelto per la prova (Coordinate WGS 84: 42.948082, 11.052524), sito nel comune di Roccastrada (Grosseto, Toscana, Italia), è stato impiantato nel 2005 con un sesto di impianto 2,3 m × 0,8 m e orientamento Nord Ovest – Sud Est. Le viti, cultivar Vermentino, sono allevate a Guyot bilaterale modificato e gli interfilari sono gestiti a file alterne con inerbimento spontaneo e lavorazione (estirpatura a 30-40 cm).

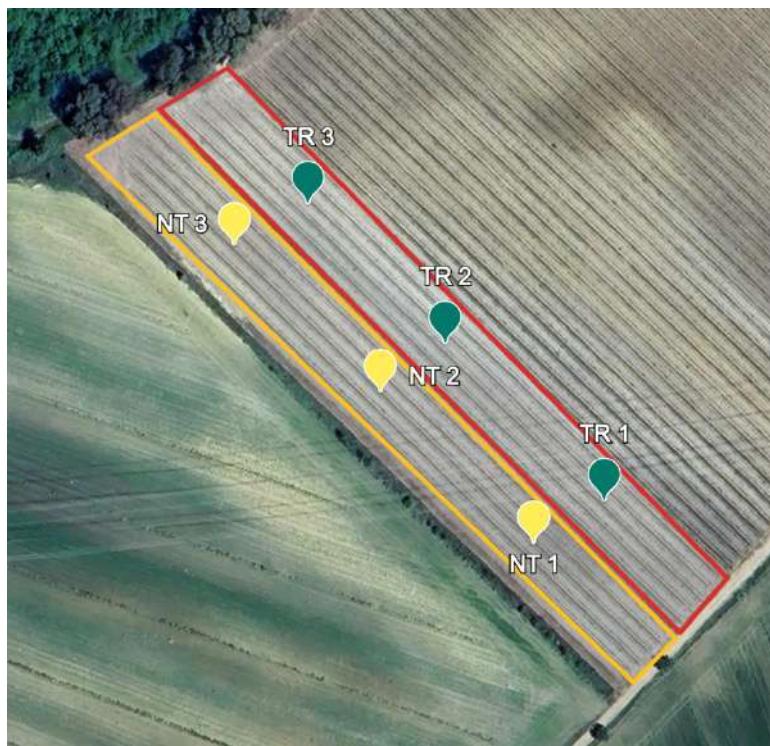


FIGURA 1. SCHEMA Sperimentale della prova.
LINEA GIALLA = TESI NON TRATTATO; LINEA ROSSA = CAROSELLO

Il vigneto in oggetto è stato suddiviso in due parcelle da 4 filari (5.000 mq ciascuna). Le tesi a confronto (una per parcella) sono le seguenti:

| Tesi | AZIENDALE | | AGROFERTIL | |
|----------------------------|---------------|------|----------------------------|-------------|
| | operazione | Dose | Prodotto | Dose |
| MARZO 2025 | Analisi suolo | - | CAROSELLO Analisi suolo | 15 Q.li /Ha |
| Fine SETTEMBRE 2025 | Analisi suolo | | Analisi suolo | |

TABELLA 1. APPLICAZIONE DEL PRODOTTO E TEMPISTICHE DI INTERVENTO SU PRODOTTO E ANALISI

La concimazione al suolo è stata eseguita con uno spandiconcime portato, distribuendo il prodotto a spaglio su tutti i filari; dopo la concimazione si è provveduto con la lavorazione del suolo con estirpatore alla profondità di 20 – 30 cm. Il campionamento è stato effettuato sui filari lavorati in primavera e ri – lavorati in estate.

All'interno dei due filari centrali di ciascuna parcella sono state individuate 3 zone di campionamento (nord, centrale, sud), punti segnati con app SWMaps, che corrispondono alle 3 repliche per tesi. Lo schema sperimentale è riportato in Figura 1.

Nel corso della prova sono stati eseguiti i seguenti campionamenti:

| PIANO DEI CAMPIONAMENTI-RILIEVI | |
|---------------------------------------|--|
| Periodo | Descrizione |
| Pre- concimazione (25 marzo 2025) | Analisi suolo complete |
| | Analisi fertilità biologica e calcolo IBF (vedi paragrafo successivo) |
| | ANALISI SOIL FOOD WEB (reti trofiche del suolo) |
| Post-vendemmia (22 settembre 2025) | Analisi suolo complete |
| | Analisi fertilità biologica e calcolo IBF |
| | ANALISI SOIL FOOD WEB (reti trofiche del suolo) |

Indice di fertilità biologica (IBF): si tratta di un indice sintetico che permette di definire per ogni suolo la sua classe di fertilità; si basa sui valori misurati di sostanza organica, biomassa microbica, quoziente metabolico, respirazione basale, respirazione cumulativa e quoziente di mineralizzazione. Si veda la tabella presente nell'articolo: "Metodologie per la determinazione dei parametri chimici, biochimici e microbiologici del suolo" di Rosa Francaviglia, Maria Teresa Dell'Abate, Anna Benedetti, Stefano Mocali, Italian Journal of Agronomy, 2015.

Biomassa microbica: è la quantità di carbonio microbico presente nel suolo, espressa in mg C kg⁻¹ suolo ed ottenuta con il metodo della fumigazione-estrazione con cloroformio (Vance et al., 1987).

Biomassa microbica stimata: è il livello atteso per una determinata tipologia di terreno e viene calcolata attraverso un complesso modello matematico che sfrutta le reti neurali, messo a punto grazie alla collaborazione di Vitenova con l'ingegnere Nicola Rovere e l'Università degli studi di Udine.

Per quanto riguarda il **campionamento del suolo**, ciascun prelievo è stato eseguito con la seguente modalità:

- Rimozione del cotico erboso (primi 5 cm)
- Inserimento perpendicolare al terreno di vanga e/o trivella manuale, fino alla profondità di 30-40 cm
- Trasferimento del terreno in un secchio, avendo cura di mescolare accuratamente il suolo raccolto, in modo da ottenere dei campioni omogenei e rappresentativi
- Rimozione di eventuale scheletro grossolano (ad esempio sassi di dimensioni superiori a 2/3 cm, pezzi di radici, ecc.).
- Trasferimento del terreno in sacchetti di plastica da 1,2 Litri (per analisi chimico-fisiche), da 2,5 Litri (per analisi biochimiche) e da 2,5 Litri per analisi Soil Food Web



Di seguito si riepilogano le analisi effettivamente eseguite:

| TIPO DI ANALISI | NUMERO TOTALE |
|-----------------------------------|---------------|
| Analisi complete del suolo | 12 |
| Analisi Fertilità Biologica e IBF | 12 |
| Analisi Soil Food Web | 12 |

I dati dei rilievi eseguiti tra marzo e settembre 2025, dopo trasformazione secondo il valore ottimale di λ (Trasformazione di Box-Cox), sono stati sottoposti ad analisi della varianza (ANOVA), test eseguito con il software RStudio.

DESCRIZIONE DEI PARAMETRI UTILIZZATI PER LA “SOIL FOOD WEB”

L'analisi Soil Food Web (Reti Trofiche del Suolo) esplora le interazioni tra gli organismi presenti nel terreno, dalle minuscole comunità micobiche (come batteri e funghi) fino agli organismi più complessi, come nematodi e artropodi. Questi organismi lavorano insieme in una rete complessa, fondamentale per la decomposizione della materia organica e per il ciclo dei nutrienti essenziali, sostenendo la salute del suolo e la crescita delle piante. Studiare il suolo consente di comprendere meglio come migliorare la fertilità del terreno e promuovere pratiche agricole sostenibili.

Per l'analisi viene utilizzato un microscopio ottico; l'operatore incaricato per queste indagini è stato il dr. Giacomo Prete. I valori di riferimento sono riferiti a suoli integri, non dedicati alla coltivazione agricola.

| Parametro | Note |
|--------------------------|---|
| Biomassa Batterica (B) | Quantità di batteri presenti nel suolo. Il valore è collegato alla disponibilità di nutrienti del suolo quali sostanza organica e essudati delle piante. |
| Biomassa da Attinomiceti | Se >16 il suolo è poco ossigenato, tra 5 e 16 è abbastanza ossigenato se <5 è ossigenato. Questo valore è direttamente collegato agli altri indicatori di ossigenazioni del terreno: ciliati, nematodi, e rizofagi. |
| Biomassa Fungina (F) | In un suolo eco-microbiologicamente stabile, la biomassa fungina dovrebbe avere un valore di almeno 10 volte la biomassa batterica. |
| Rapporto F:B | Indica lo stato generale di salute del suolo. Un rapporto basso (<5) significa bassa disponibilità di nutrienti per le piante mentre un rapporto alto (>5) identifica un'alta fertilità del suolo. |
| Protozoi Totali Benefici | Batteriofagi, permettono il ricircolo dei nutrienti utili alle piante. Valori di molto inferiore al valore di riferimento, compromettono il ricircolo dei nutrienti. |
| Flagellati | Sono una tipologia di protozoi, generalmente batteriofagi. |
| Amebe | Sono una tipologia di protozoi, generalmente batteriofagi. |
| Ciliati | Protozoi e batteriofagi. Presenti in genere in suoli poco ossigenati e compattati. |
| Nematodi Batteriofagi | Nutrendosi di batteri sono utili per il ricircolo della sostanza organica. Valori molto vicini allo zero sono indicatori di un suolo eccessivamente antropizzato. |

| | |
|----------------------|---|
| Nematodi Micofagi | Nutrendosi di batteri sono utili per il ricircolo della sostanza organica. Valori molto vicini allo zero sono indicatori di un suolo eccessivamente antropizzato. |
| Nematodi Predatori | Utili per contrastare eventuali nematodi rizofagi che possono arrecare danno alla coltura. |
| Nematodi Rizofagi | Classe di nematodi parassiti dannosi che si nutrono di radici, che possono trasmettere virosi. |
| Biomassa da Oomiceti | Trattasi di microorganismi chromisti parassiti delle piante. Valori bassi sono sempre auspicabili. |

RISULTATI

CAMPIONAMENTO PRIMAVERILE DEL SUOLO

Il campionamento è stato eseguito prima della distribuzione del concime organico al terreno.

ANALISI FISICA

L'ANOVA non ha evidenziato differenze significative associate al fattore 'Tesi' e 'Replica' per nessuno dei parametri analizzati ($p > 0,05$).

Granulometria – Fattore TESI (media \pm SE, Tukey HSD)

| Parametro (%) | Non Trattato | Trattato |
|---------------|-------------------|-------------------|
| Sabbia | 24,17 \pm 0,71a | 21,56 \pm 4,02a |
| Limo | 42,70 \pm 1,27a | 43,46 \pm 1,79a |
| Argilla | 33,13 \pm 0,76a | 34,98 \pm 2,23a |
| Scheletro | 2,93 \pm 1,30a | 4,40 \pm 1,11a |

TABELLA 2. RISULTATI DELLE ANALISI FISICHE PRIMAVERILI (25 MARZO 2025) DEL SUOLO. I DATI SONO ESPRESI COME MEDIA \pm ERRORE STANDARD.

| PARAMETRI | BOSCO TR 1 | BOSCO TR 2 | BOSCO TR 3 | BOSCO NT 1 | BOSCO NT 2 | BOSCO NT 3 |
|-----------------|------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Sabbia (%) | 20,85 | 14,98 | 28,85 | 25,15 | 22,79 | 24,56 |
| Limo (%) | 43,64 | 46,47 | 40,27 | 42,17 | 45,12 | 40,82 |
| Argilla (%) | 35,51 | 38,55 | 30,88 | 32,68 | 32,09 | 34,62 |
| Scheletro (%) | 5,3 | 2,2 | 5,7 | 5,5 | 1,3 | 2,0 |
| Tipologia suolo | ARGILLA | LIMO ARGILLOSO | FRANCO ARGILLOSO | FRANCO ARGILLOSO | FRANCO ARGILLOSO | FRANCO ARGILLOSO |

TABELLA 3. PARAMETRI DELL'ANALISI FISICA A CONFRONTO: SONO RIPORTATI I DATI DELLE TRE REPLICHE PER TESI. LE CELLE COLORATE IN GIALLO E BLU INDICANO UN VALORE RISPECTIVAMENTE SOTTO O SOPRA ALLA MEDIA (INTERVALLO DI CONFIDENZA 95%) DEI 6 CAMPIONI PER SINGOLO PARAMETRO.

ANALISI CHIMICA

Non sono state osservate differenze statisticamente significative per i fattori 'Tesi' (vedi tabella) e 'Replica'.

| SUOLO (Analisi chimica) | | | |
|-------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| Fattore / Tesi | NON TRATTATO | TRATTATO | Risultato ANOVA |
| pH (in acqua) | 8,00 \pm 0,06a | 8,07 \pm 0,03a | n.s. |
| Sost. organica (%) | 2,10 \pm 0,10a | 1,60 \pm 0,06b | n.s. |
| C.S.C. (meq/100g) | 22,27 \pm 1,08a | 21,43 \pm 0,75a | n.s. |
| Rapporto C/N | 9,07 \pm 0,22a | 8,17 \pm 0,13b | n.s. |

| | | | |
|----------------------|-------------------|-------------------|------|
| Azoto totale (mg/Kg) | 1346,67 ± 31,80a | 1140,00 ± 25,17b | n.s. |
| Fosforo (ppm) | 8,33 ± 0,33a | 6,33 ± 0,67a | n.s. |
| Potassio (ppm) | 201,67 ± 19,38a | 177,33 ± 13,92a | n.s. |
| Zolfo (ppm) | 3,33 ± 0,33a | 3,33 ± 0,88a | n.s. |
| Calcio (ppm) | 4597,33 ± 207,09a | 4399,67 ± 185,91a | n.s. |
| Magnesio (ppm) | 353,67 ± 16,90a | 360,00 ± 14,98a | n.s. |
| Boro (ppm) | 2,19 ± 0,08a | 1,78 ± 0,04b | n.s. |
| Ferro (ppm) | 56,00 ± 4,16a | 63,67 ± 8,84a | n.s. |
| Manganese (ppm) | 52,67 ± 4,63a | 58,33 ± 12,77a | n.s. |
| Molibdeno (ppm) | 0,05 ± 0,01a | 0,05 ± 0,00a | n.s. |
| Zinco (ppm) | 1,97 ± 0,26a | 2,23 ± 0,34a | n.s. |
| Conduc. el. (mmhos) | 0,55 ± 0,02a | 0,54 ± 0,03a | n.s. |
| Sodio (ppm) | 43,00 ± 1,53a | 46,00 ± 7,00a | n.s. |
| Rame totale (ppm) | 16,00 ± 1,53a | 15,00 ± 0,58a | n.s. |
| Calcare Attivo (%) | 25,00 ± 1,00a | 27,33 ± 1,45a | n.s. |
| Calcare Totale (%) | 29,47 ± 2,45a | 29,03 ± 2,52a | n.s. |

TABELLA 4. RISULTATI DELLE ANALISI CHIMICHE PRIMAVERILI (25 MARZO 2025) DEL SUOLO. I DATI SONO ESPRESI COME MEDIA ± ERRORE STANDARD. *, **, * INDICANO RISPETTIVAMENTE DIFFERENZE STATISTICAMENTE SIGNIFICATIVE PER P=0,05, P=0,01 E P=0,001. N.S. = DIFFERENZE STATISTICAMENTE NON SIGNIFICATIVE.**

| PARAMETRI | BOSCO TR 1 | BOSCO TR 2 | BOSCO TR 3 | BOSCO NT 1 | BOSCO NT 2 | BOSCO NT 3 | Valori di riferimento |
|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------------|
| pH | 7,9 | 8,1 | 8,0 | 8,0 | 7,9 | 8,1 | 5,5 - 8 |
| pH in KCl | 7,3 | 7,2 | 7,2 | 7,1 | 7,1 | 7,0 | |
| Sostanza organica (%) | 1,6 | 1,7 | 1,5 | 2,0 | 2,0 | 2,3 | 1,5 - 3 |
| C.S.C. (meq/100g) | 20,1 | 22,7 | 21,5 | 20,9 | 21,5 | 24,4 | 10,6 - 28,2 |
| C/N | 8,3 | 8,3 | 7,9 | 8,9 | 8,8 | 9,5 | 8 - 12 |
| Azoto Totale (mg/kg) | 1120 | 1190 | 1110 | 1310 | 1320 | 1410 | 810 - 1780 |
| Fosforo (ppm) | 7 | 5 | 7 | 8 | 8 | 9 | 5 - 19 |
| Potassio (ppm) | 152 | 200 | 180 | 174 | 192 | 239 | 123 - 245 |
| Zolfo (ppm) | 3 | 5 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 - 24 |
| Calcio (ppm) | 4057 | 4696 | 4446 | 4352 | 4431 | 5009 | 1519 - 8653 |
| Magnesio (ppm) | 389 | 352 | 339 | 327 | 349 | 385 | 83 - 465 |
| Boro (ppm) | 1,8 | 1,7 | 1,8 | 2,3 | 2,3 | 2,0 | 0,72 - 1,58 |
| Ferro (ppm) | 81 | 58 | 52 | 62 | 58 | 48 | 134 - 312 |
| Manganese (ppm) | 61 | 35 | 79 | 61 | 45 | 52 | 348 - 720 |
| Molibdeno (ppm) | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,06 | 0,04 | 0,04 | - |
| Zinco (ppm) | 2,9 | 2,0 | 1,8 | 1,5 | 2,0 | 2,4 | 2,7 - 7,7 |
| Conducibilità elet. (mmhos) | 0,59 | 0,50 | 0,53 | 0,51 | 0,56 | 0,59 | 0,2 - 0,8 |
| Sodio (ppm) | 60,0 | 39,0 | 39,0 | 41,0 | 46,0 | 42,0 | 50 - 150 |
| Calcare attivo (%) | 15 | 16 | 14 | 14 | 15 | 19 | - |
| Calcare totale (%) | 27 | 30 | 25 | 26 | 26 | 23 | - |

| | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Rame Totale (ppm) | 32,4 | 24,1 | 30,6 | 26,0 | 28,2 | 34,2 | <100 |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|

TABELLA 5. PARAMETRI DELL'ANALISI CHIMICA A CONFRONTO: SONO RIPORTATI I DATI DELLE TRE REPLICHE PER TESI. LE CELLE COLORATE IN GIALLO E BLU INDICANO UN VALORE RISPETTIVAMENTE SOTTO O SOPRA ALLA MEDIA (INTERVALLO DI CONFIDENZA 95%) DEI 6 CAMPIONI PER SINGOLO PARAMETRO.

ANALISI BIOCHIMICA

Per quanto riguarda le analisi della biomassa microbica e del calcolo dell'IBF non sono state osservate differenze statisticamente significative per i fattori 'Tesi' (vedi tabella) e 'Replica'.

| SUOLO (Analisi biochimica) | | | |
|-------------------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|
| Biomassa microbica e IBF | | | |
| Fattore / Tesi | NON TRATTATO | TRATTATO | Risultato ANOVA |
| Biomassa misurata (mg C Kg-1 suolo) | 254,00 ± 36,12a | 181,67 ± 18,77a | n.s. |
| Biomassa stimata (mg C Kg-1 suolo) | 241,97 ± 12,26a | 194,96 ± 8,02b | * |
| QC02 (mg C mg-1 Bc h-1) | 11,10 ± 1,18a | 15,17 ± 1,51a | n.s. |
| IBF Punteggio | 17,00 ± 0,58a | 16,00 ± 0,58a | n.s. |
| IBF Classe | BUONA | BUONA | - |

TABELLA 6. RISULTATI DELLE ANALISI BIOCHIMICHE PRIMAVERILI (25 MARZO 2025) DEL SUOLO. I DATI SONO ESPRESI COME MEDIA ± ERRORE STANDARD. *, **, * INDICANO RISPETTIVAMENTE DIFFERENZE STATISTICAMENTE SIGNIFICATIVE PER P=0,05, P=0,01 E P=0,001. N.S. = DIFFERENZE STATISTICAMENTE NON SIGNIFICATIVE.**

| PARAMETRI | BOSCO TR 1 | BOSCO TR 2 | BOSCO TR 3 | BOSCO NT 1 | BOSCO NT 2 | BOSCO NT 3 | Valori di riferimento |
|------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------------|
| BIOMASSA (mg C Kg-1 suolo) | 153 | 175 | 217 | 190 | 257 | 315 | - |
| BIOMASSA STIMATA (mg C Kg-1 suolo) | 191 | 210 | 184 | 236 | 225 | 266 | - |
| QC02 (mg C mg-1 Bc h-1) | 17,6 | 15,5 | 12,4 | 13,4 | 10,4 | 9,5 | 10 - 20 |
| IBF Punteggio | 16 | 15 | 17 | 16 | 17 | 18 | |
| IBF Classe | MEDIA | MEDIA | MEDIA | MEDIA | MEDIA | BUONA | |

TABELLA 7. PARAMETRI DELL'ANALISI BIOCHIMICA E DELL'IBF A CONFRONTO: SONO RIPORTATI I DATI DELLE TRE REPLICHE PER TESI. LE CELLE COLORATE IN GIALLO E BLU INDICANO UN VALORE RISPETTIVAMENTE SOTTO O SOPRA ALLA MEDIA (INTERVALLO DI CONFIDENZA 95%) DEI 6 CAMPIONI PER SINGOLO PARAMETRO.

ANALISI SOIL FOOD WEB (RETI TROFICHE DEL SUOLO)

Microfauna e biomasse – Fattore TESI (media \pm SE, Tukey HSD)

| Parametro | Non Trattato | Trattato |
|----------------|---|---|
| Batteri | 78939,67 \pm 14555,49 a | 24626,33 \pm 12361,94 b |
| Attinomiceti | 0,00 \pm 0,00a | 0,00 \pm 0,00a |
| Funghi | 515,20 \pm 293,99a | 548,33 \pm 100,10a |
| Rapporto_FB | 0,01 \pm 0,00a | 0,04 \pm 0,01a |
| Protozoi | 196330,00 \pm 146763,83a | 204826,67 \pm 65576,57a |
| Flagellati | 87250,00 \pm 70142,11a | 86233,33 \pm 38875,24a |
| Amebe | 109096,67 \pm 76833,87a | 97026,67 \pm 49402,35a |
| Ciliati | 10783,33 \pm 10783,33a | 0,00 \pm 0,00a |
| Nematodi | 133,33 \pm 66,67a | 0,00 \pm 0,00a |
| Oomiceti | 0,00 \pm 0,00a | 0,00 \pm 0,00a |

TABELLA 8. RISULTATI DELLE ANALISI SFW PRIMAVERILI (25 MARZO 2025) DEL SUOLO. I DATI SONO ESPRESI COME MEDIA \pm ERRORE STANDARD. *, **, *** INDICANO RISPETTIVAMENTE DIFFERENZE STATISTICAMENTE SIGNIFICATIVE PER P=0,05, P=0,01 E P=0,001. N.S. = DIFFERENZE STATISTICAMENTE NON SIGNIFICATIVE.

| PARAMETRI | BOSCO TR 1 | BOSCO TR 2 | BOSCO TR 3 | BOSCO NT 1 | BOSCO NT 2 | BOSCO NT 3 | Valori di riferimento |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------------|
| Biomassa Batterica (B) | 16517 | 48908 | 8454 | 50969 | 85938 | 99912 | > 135 |
| Biomassa da Attinomicet | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | < 16 |
| Biomassa Fungina (F) | 737 | 512 | 396 | 512 | 1026 | 7,6 | > 1350 |
| Rapporto F:B | 0,050 | 0,010 | 0,050 | 0,010 | 0,010 | 0,000 | 10:1 - 50:1 |
| Protozoi Totali Benefici | 97000 | 323400 | 194080 | 97000 | 485200 | 6790 | > 250000 |
| Flagellati | 32300 | 161700 | 64700 | 32350 | 226500 | 2900 | > 20000 |
| Amebe | 0 | 161700 | 129380 | 64700 | 258700 | 3890 | > 10000 - 20000 |
| Ciliati | 0 | 0 | 0 | 32350 | 0 | 0 | 0 |
| Nematodi | 0 | 0 | 0 | 200 | 200 | 0 | |
| Biomassa da Oomiceti | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

TABELLA 9. PARAMETRI DELL'ANALISI SFW A CONFRONTO: SONO RIPORTATI I DATI DELLE TRE REPLICHE PER TESI.

CAMPIONAMENTO AUTUNNALE DEL SUOLO

Il campionamento è stato eseguito il 22 settembre 2025.

ANALISI FISICA

L'ANOVA non ha evidenziato differenze significative associate al fattore 'Tesi' e 'Replica' per nessuno dei parametri analizzati ($p > 0,05$).

Granulometria – Fattore TESI (media \pm SE, Tukey HSD)

| Parametro (%) | Non Trattato | Trattato |
|---------------|-------------------|-------------------|
| Sabbia | 20,44 \pm 0,87a | 21,97 \pm 0,75a |
| Limo | 46,27 \pm 0,56a | 45,66 \pm 0,66a |
| Argilla | 33,29 \pm 0,96a | 32,37 \pm 0,59a |
| Scheletro | 3,73 \pm 0,35a | 3,63 \pm 1,35a |

TABELLA 10. RISULTATI DELLE ANALISI FISICHE AUTUNNALI (22 SETTEMBRE 2025) DEL SUOLO. I DATI SONO ESPRESI COME MEDIA \pm ERRORE STANDARD. *, **, *** INDICANO RISPETTIVAMENTE DIFFERENZE STATISTICAMENTE SIGNIFICATIVE PER $P=0,05$, $P=0,01$ E $P=0,001$. N.S. = DIFFERENZE STATISTICAMENTE NON SIGNIFICATIVE.

| PARAMETRI | BOSCO TR 1 | BOSCO TR 2 | BOSCO TR 3 | BOSCO NT 1 | BOSCO NT 2 | BOSCO NT 3 |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| Sabbia (%) | 20,75 | 21,83 | 23,34 | 21,54 | 18,72 | 21,07 |
| Limo (%) | 46,95 | 44,75 | 45,28 | 47,03 | 46,61 | 45,17 |
| Argilla (%) | 32,3 | 33,42 | 31,38 | 31,43 | 34,67 | 33,76 |
| Scheletro (%) | 5,7 | 1,1 | 4,1 | 4,4 | 3,6 | 3,2 |
| Tipologia suolo | FRANCO ARGILLOSO | FRANCO ARGILLOSO | FRANCO ARGILLOSO | FRANCO ARGILLOSO | FRANCO LIMOSO ARGILLOSO | FRANCO ARGILLOSO |

TABELLA 11. PARAMETRI DELL'ANALISI FISICA A CONFRONTO: SONO RIPORTATI I DATI DELLE TRE REPLICHE PER TESI. LE CELLE COLORATE IN GIALLO E BLU INDICANO UN VALORE RISPETTIVAMENTE SOTTO O SOPRA ALLA MEDIA (INTERVALLO DI CONFIDENZA 95%) DEI 6 CAMPIONI PER SINGOLO PARAMETRO.

ANALISI CHIMICA

Non sono state osservate differenze statisticamente significative per il fattore 'Replica'.

| SUOLO (Analisi chimica) | | | |
|-------------------------|----------------------|----------------------|-----------------|
| Fattore / Tesi | NON TRATTATO | TRATTATO | Risultato ANOVA |
| pH (in acqua) | 8,17 \pm 0,03a | 8,23 \pm 0,07a | n.s. |
| Sost. organica (%) | 2,17 \pm 0,15a | 2,30 \pm 0,10a | n.s. |
| C.S.C. (meq/100g) | 24,30 \pm 0,90a | 25,00 \pm 0,78a | n.s. |
| Rapporto C/N | 9,14 \pm 0,18a | 9,27 \pm 0,25a | n.s. |
| Azoto totale (mg/Kg) | 1376,67 \pm 69,36a | 1443,33 \pm 52,39a | n.s. |
| Fosforo (ppm) | 9,33 \pm 1,45a | 9,00 \pm 0,58a | n.s. |

| | | | |
|---------------------|-------------------|-------------------|------|
| Potassio (ppm) | 214,00 ± 11,37a | 232,33 ± 3,18a | n.s. |
| Zolfo (ppm) | 6,67 ± 0,33a | 6,33 ± 0,33a | n.s. |
| Calcio (ppm) | 5039,00 ± 193,07a | 5152,00 ± 175,41a | n.s. |
| Magnesio (ppm) | 349,33 ± 3,93a | 379,33 ± 9,84b | n.s. |
| Boro (ppm) | 2,57 ± 0,16a | 2,46 ± 0,09a | n.s. |
| Ferro (ppm) | 59,00 ± 8,14a | 67,00 ± 5,13a | n.s. |
| Manganese (ppm) | 53,33 ± 5,93a | 61,00 ± 5,86a | n.s. |
| Molibdeno (ppm) | 0,01 ± 0,00a | 0,02 ± 0,00a | n.s. |
| Zinco (ppm) | 2,70 ± 0,29a | 3,07 ± 0,20a | n.s. |
| Conduc. el. (mmhos) | 0,55 ± 0,03a | 0,51 ± 0,01a | n.s. |
| Sodio (ppm) | 58,67 ± 3,18a | 45,33 ± 4,10a | n.s. |
| Calcare attivo (%) | 16,67 ± 1,20a | 16,33 ± 0,33a | n.s. |
| Calcare totale (%) | 24,67 ± 0,88a | 25,33 ± 1,76a | n.s. |
| Rame totale (ppm) | 33,17 ± 1,36a | 34,80 ± 1,10a | n.s. |

TABELLA 12. RISULTATI DELLE ANALISI CHIMICHE AUTUNNALI (22 SETTEMBRE 2025) DEL SUOLO. I DATI SONO ESPRESI COME MEDIA ± ERRORE STANDARD. *, **, * INDICANO RISPETTIVAMENTE DIFFERENZE STATISTICAMENTE SIGNIFICATIVE PER P=0,05, P=0,01 E P=0,001. N.S. = DIFFERENZE STATISTICAMENTE NON SIGNIFICATIVE.**

| PARAMETRI | BOSCO TR 1 | BOSCO TR 2 | BOSCO TR 3 | BOSCO NT 1 | BOSCO NT 2 | BOSCO NT 3 | Valori di riferimento |
|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------------|
| pH | 8,3 | 8,1 | 8,3 | 8,1 | 8,2 | 8,2 | 5,5 - 8 |
| Sostanza organica (%) | 2,4 | 2,1 | 2,4 | 2,2 | 1,9 | 2,4 | 1,5 - 3 |
| C.S.C. (meq/100g) | 24,9 | 26,4 | 23,7 | 26,1 | 23,4 | 23,4 | 10,6 - 28,2 |
| C/N | 9,8 | 9,0 | 9,1 | 9,3 | 8,8 | 9,3 | 8 - 12 |
| Azoto Totale (mg/kg) | 1430 | 1360 | 1540 | 1370 | 1260 | 1500 | 810 - 1780 |
| Fosforo (ppm) | 9 | 8 | 10 | 12 | 7 | 9 | 5 - 19 |
| Potassio (ppm) | 227 | 238 | 232 | 236 | 198 | 208 | 123 - 245 |
| Zolfo (ppm) | 6 | 7 | 6 | 7 | 6 | 7 | 3 - 24 |
| Calcio (ppm) | 5093 | 5481 | 4882 | 5425 | 4855 | 4837 | 1519 - 8653 |
| Magnesio (ppm) | 399 | 369 | 370 | 357 | 344 | 347 | 83 - 465 |
| Boro (ppm) | 2,43 | 2,31 | 2,63 | 2,87 | 2,31 | 2,53 | 0,72 - 1,58 |
| Ferro (ppm) | 74 | 57 | 70 | 74 | 57 | 46 | 134 - 312 |
| Manganese (ppm) | 70 | 50 | 63 | 62 | 42 | 56 | 348 - 720 |
| Molibdeno (ppm) | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | - |
| Zinco (ppm) | 3,1 | 2,7 | 3,4 | 2,7 | 2,2 | 3,2 | 2,7 - 7,7 |
| Conducibilità elet. (mmhos) | 0,52 | 0,53 | 0,49 | 0,49 | 0,54 | 0,61 | 0,2 - 0,8 |
| Sodio (ppm) | 39,0 | 53,0 | 44,0 | 64,0 | 59,0 | 53,0 | 50 - 150 |
| Calcare attivo (%) | 16 | 17 | 16 | 19 | 16 | 15 | - |
| Calcare totale (%) | 22 | 28 | 26 | 23 | 26 | 25 | - |
| Rame Totale (ppm) | 35,0 | 32,8 | 36,6 | 33,0 | 30,9 | 35,6 | <100 |

TABELLA 8. PARAMETRI DELL'ANALISI CHIMICA A CONFRONTO: SONO RIPORTATI I DATI DELLE TRE REPLICHE PER TESI. LE CELLE COLORATE IN GIALLO E BLU INDICANO UN VALORE RISPETTIVAMENTE SOTTO O SOPRA ALLA MEDIA (INTERVALLO DI CONFIDENZA 95%) DEI 6 CAMPIONI PER SINGOLO PARAMETRO.

ANALISI BIOCHIMICA

| SUOLO (Analisi biochimica) | | | |
|-------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Biomassa microbica e IBF | | | |
| Fattore / Tesi | NON TRATTATO | TRATTATO | Risultato ANOVA |
| Biomassa misurata (mg C Kg-1 suolo) | 428,67 ± 42,68a | 426,67 ± 46,37a | n.s. |
| Biomassa stimata (mg C Kg-1 suolo) | 253,00 ± 17,00a | 274,16 ± 15,44a | n.s. |
| QC02 (mg C mg-1 Bc h-1) | 7,87 ± 0,24a | 9,03 ± 0,49a | n.s. |
| IBF Punteggio | 19,67 ± 0,88a | 20,67 ± 1,33a | n.s. |
| IBF Classe | BUONA | BUONA | - |

TABELLA 14. RISULTATI DELLE ANALISI BIOCHIMICHE AUTUNNALI (10 OTTOBRE 2025) DEL SUOLO. I DATI SONO ESPRESI COME MEDIA ± ERRORE STANDARD. *, **, * INDICANO RISPETTIVAMENTE DIFFERENZE STATISTICAMENTE SIGNIFICATIVE PER P=0,05, P=0,01 E P=0,001. N.S. = DIFFERENZE STATISTICAMENTE NON SIGNIFICATIVE.**

| PARAMETRI | BOSCO TR 1 | BOSCO TR 2 | BOSCO TR 3 | BOSCO NT 1 | BOSCO NT 2 | BOSCO NT 3 | Valori di riferimento |
|------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------------|
| BIOMASSA (mg C Kg-1 suolo) | 337 | 451 | 492 | 407 | 368 | 511 | - |
| BIOMASSA STIMATA (mg C Kg-1 suolo) | 285 | 244 | 294 | 250 | 225 | 284 | - |
| QC02 (mg C mg-1 Bc h-1) | 10,0 | 8,7 | 8,4 | 8,0 | 8,2 | 7,4 | 10 - 20 |
| IBF Punteggio | 18 | 22 | 22 | 20 | 18 | 21 | |
| IBF Classe | BUONA | BUONA | BUONA | BUONA | BUONA | BUONA | |

TABELLA 9. PARAMETRI DELL'ANALISI BIOCHIMICA E DELL'IBF A CONFRONTO: SONO RIPORTATI I DATI DELLE TRE REPLICHE PER TESI. LE CELLE COLORATE IN GIALLO E BLU INDICANO UN VALORE RISPETTIVAMENTE SOTTO O SOPRA ALLA MEDIA (INTERVALLO DI CONFIDENZA 95%) DEI 6 CAMPIONI PER SINGOLO PARAMETRO.

ANALISI SOIL FOOD WEB (RETI TROFICHE DEL SUOLO)

Microfauna e biomasse – Fattore TESI (media ± SE, Tukey HSD)

| Parametro | Non Trattato | Trattato |
|----------------|----------------------|----------------------|
| Batteri | 81800,00 ± 36459,29a | 22819,67 ± 2969,92a |
| Attinomiceti | 0,00 ± 0,00a | 0,00 ± 0,00a |
| Funghi | 207,33 ± 13,68a | 227,33 ± 6,36a |
| Rapporto_FB | 0,00 ± 0,00a | 0,01 ± 0,00a |
| Protozoi | 388733,33 ± 635,96a | 385333,33 ± 2666,67a |

| | | |
|-------------------|----------------------|----------------------|
| Flagellati | 192333,33 ± 2185,81a | 194000,00 ± 2309,40a |
| Amebe | 196333,33 ± 1855,92a | 191333,33 ± 1333,33a |
| Ciliati | 0,00 ± 0,00a | 0,00 ± 0,00a |
| Nematodi | 0,00 ± 0,00a | 0,00 ± 0,00a |
| Nematodi rizofagi | 33,00 ± 0,58a | 34,33 ± 1,67a |
| Oomiceti | 0,00 ± 0,00a | 0,00 ± 0,00a |

TABELLA 16. RISULTATI DELLE ANALISI SFW AUTUNNALI DEL SUOLO (DATA CAMPIONAMENTO 22 SETTEMBRE 2025). I DATI SONO ESPRESI COME MEDIA ± ERRORE STANDARD. *, **, *** INDICANO RISPETTIVAMENTE DIFFERENZE STATISTICAMENTE SIGNIFICATIVE PER P=0,05, P=0,01 E P=0,001. N.S. = DIFFERENZE STATISTICAMENTE NON SIGNIFICATIVE.

| PARAMETRI | BOSCO TR 1 | BOSCO TR 2 | BOSCO TR 3 | BOSCO NT 1 | BOSCO NT 2 | BOSCO NT 3 | Valori di riferimento |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------------|
| Biomassa Batterica (B) | 16517 | 48908 | 8454 | 50969 | 85938 | 99912 | > 135 |
| Biomassa da Attinomiceti | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | < 16 |
| Biomassa Fungina (F) | 737 | 512 | 396 | 512 | 1026 | 7,6 | > 1350 |
| Rapporto F:B | 0,050 | 0,010 | 0,050 | 0,010 | 0,010 | 0,000 | 10:1 - 50:1 |
| Protozoi Totali Benefici | 97000 | 323400 | 194080 | 97000 | 485200 | 6790 | > 250000 |
| Flagellati | 32300 | 161700 | 64700 | 32350 | 226500 | 2900 | > 20000 |
| Amebe | 0 | 161700 | 129380 | 64700 | 258700 | 3890 | > 10000 - 20000 |
| Ciliati | 0 | 0 | 0 | 32350 | 0 | 0 | 0 |
| Nematodi | 0 | 0 | 0 | 200 | 200 | 0 | |
| Biomassa da Oomiceti | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

TABELLA 17. PARAMETRI DELL'ANALISI SFW A CONFRONTO: SONO RIPORTATI I DATI DELLE TRE REPLICHE PER TESI.

CAMPIONAMENTO DEL SUOLO: PRINCIPALI DIFFERENZE TRA PRIMAVERA E AUTUNNO

Analisi chimiche

| Parametro | Non Trattato × Autunno | Non Trattato × Primavera | Trattato × Autunno | Trattato × Primavera |
|-------------|------------------------|--------------------------|---------------------|----------------------|
| pH | 8,17 ± 0,03a | 8,00 ± 0,06a | 8,23 ± 0,07a | 8,07 ± 0,03a |
| pH_KCl | 7,17 ± 0,03a | 7,07 ± 0,03a | 7,27 ± 0,03a | 7,23 ± 0,03a |
| S.O. | 2,17 ± 0,15a | 2,10 ± 0,10a | 2,30 ± 0,10a | 1,60 ± 0,06b |
| C.S.C. | 24,30 ± 0,90a | 22,27 ± 1,08a | 25,00 ± 0,78a | 21,43 ± 0,75a |
| C/N | 9,14 ± 0,18a | 9,07 ± 0,22a | 9,27 ± 0,25a | 8,17 ± 0,13b |

| N_tot | 1376,67 ± 69,36a | 1346,67 ± 31,80a | 1443,33 ± 52,39a | 1140,00 ± 25,17b |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| P | 9,33 ± 1,45a | 8,33 ± 0,33a | 9,00 ± 0,58a | 6,33 ± 0,67a |
| K | 214,00 ± 11,37a | 201,67 ± 19,38a | 232,33 ± 3,18a | 177,33 ± 13,92a |
| S | 6,67 ± 0,33a | 3,33 ± 0,33a | 6,33 ± 0,33a | 3,33 ± 0,88a |
| Ca | 5039,00 ± 193,07a | 4597,33 ± 207,09a | 5152,00 ± 175,41a | 4399,67 ± 185,91a |
| Mg | 349,33 ± 3,93a | 353,67 ± 16,90a | 379,33 ± 9,84a | 360,00 ± 14,98a |
| B | 2,57 ± 0,16a | 2,19 ± 0,08a | 2,46 ± 0,09a | 1,78 ± 0,04a |
| Fe | 59,00 ± 8,14a | 56,00 ± 4,16a | 67,00 ± 5,13a | 63,67 ± 8,84a |
| Mn | 53,33 ± 5,93a | 52,67 ± 4,63a | 61,00 ± 5,86a | 58,33 ± 12,77a |
| Mo | 0,01 ± 0,00a | 0,05 ± 0,01a | 0,02 ± 0,00a | 0,05 ± 0,00a |
| Zn | 2,70 ± 0,29a | 1,97 ± 0,26a | 3,07 ± 0,20a | 2,23 ± 0,34a |
| CE | 0,55 ± 0,03a | 0,55 ± 0,02a | 0,51 ± 0,01a | 0,54 ± 0,03a |
| Na | 58,67 ± 3,18a | 43,00 ± 1,53a | 45,33 ± 4,10a | 46,00 ± 7,00a |
| Calcare_att | 16,67 ± 1,20a | 16,00 ± 1,53a | 16,33 ± 0,33a | 15,00 ± 0,58a |
| Calcare_tot | 24,67 ± 0,88a | 25,00 ± 1,00a | 25,33 ± 1,76a | 27,33 ± 1,45a |
| Cu | 33,17 ± 1,36a | 29,47 ± 2,45a | 34,80 ± 1,10a | 29,03 ± 2,52a |

Tabella 18: Valori espressi come media ± errore standard. Lettere diverse indicano differenze significative (Tukey HSD, $p \leq 0,05$). Il test Tukey sull'interazione Tesi × Campionamento è applicato solo se l'interazione è significativa all'ANOVA.

Analisi biochimiche e SFW

| Parametro | Non Trattato × Autunno | Non Trattato × Primavera | Trattato × Autunno | Trattato × Primavera |
|------------|------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|
| BIOMASSA | 428,67 ± 42,68a | 254,00 ± 36,12a | 426,67 ± 46,37a | 181,67 ± 18,77a |
| QC02 | 7,87 ± 0,24a | 11,10 ± 1,18a | 9,03 ± 0,49a | 15,17 ± 1,51a |
| IBF | 19,67 ± 0,88a | 17,00 ± 0,58a | 20,67 ± 1,33a | 16,00 ± 0,58a |
| Batteri | 81800,00 ± 36459,29a | 78939,67 ± 14555,49a | 22819,67 ± 2969,92a | 24626,33 ± 12361,94a |
| Funghi | 207,33 ± 13,68a | 515,20 ± 293,99a | 227,33 ± 6,36a | 548,33 ± 100,10a |
| F/B | 0,00 ± 0,00a | 0,01 ± 0,00a | 0,01 ± 0,00a | 0,04 ± 0,01a |
| Protozoi | 388733,33 ± 635,96a | 196330,00 ± 146763,83a | 385333,33 ± 2666,67a | 204826,67 ± 65576,57a |
| Flagellati | 192333,33 ± 2185,81a | 87250,00 ± 70142,11a | 194000,00 ± 2309,40a | 86233,33 ± 38875,24a |

| | | | | |
|-------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Amebe | 196333,33 ± 1855,92a | 109096,67 ± 76833,87a | 191333,33 ± 1333,33a | 97026,67 ± 49402,35a |
|-------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------|

Tabella 19: analisi della fertilità del suolo. Valori espressi come media ± errore standard. Lettere diverse indicano differenze significative (Tukey HSD, $p \leq 0,05$). Il test Tukey sull'interazione Tesi × Campionamento è applicato solo se l'interazione è significativa all'ANOVA.

DISCUSSIONE

La prova svolta ha approfondito in molteplici aspetti quali sono le differenze dell'utilizzo o meno di Carosello in particolare sotto i profili di:

- **Analisi chimica:** quantità di sostanza organica, azoto e rapporto C/N.
- **Analisi biochimica:** fertilità del suolo espressa come biomassa microbica, quoziente metabolico e indice sintetico di fertilità biologica (IBF).
- **Analisi Soil Food Web:** cambiamenti delle reti trofiche del suolo, in particolare funghi e batteri e altri organismi.

Le differenze tra il suolo che ha ricevuto Carosello e no, sono statisticamente significative per la quantità di sostanza organica tra la tesi "bianca" trattata in primavera e la stessa autunnale. È un risultato positivo perché l'incremento di S.O. misurato è 0,70% rispetto alla tesi non trattata che ha avuto un incremento non significativo dello 0,07%.

Altre conseguenze positive per la tesi trattata, statisticamente significative, sono state il miglioramento del rapporto C/N e l'aumento della quantità di azoto. Interessante notare come tutti gli altri parametri chimico – fisici delle analisi non hanno avuto scostamenti significativi.

Dal punto di vista della fertilità biologica, anche se non rilevato dalla statistica, si nota un miglioramento proporzionalmente significativo nella tesi trattata della biomassa microbica e del quoziente metabolico.

L'innovativa analisi della Soil Food Web ha permesso di approfondire, in un terreno viticolo, quali sono le criticità da considerare nella futura gestione del suolo. In particolare, la quantità di funghi rispetto ai batteri è oggi sproporzionata verso i batteri; in molti suoli boschivi il rapporto tra funghi e batteri è $>$ di 5, nei suoli agricoli (come nel caso della prova) è 0,001 o inferiore. Questo determina una minore disponibilità di nutrienti per le piante in quanto la disponibilità del carbonio in particolare è regolato anche dai funghi. Il disturbo dato dal compattamento del suolo e dalle lavorazioni riduce la possibilità dei funghi di svilupparsi; ciò si è misurato anche nel caso della corrente prova tra la quantità di funghi e il rapporto tra funghi e batteri in entrambe le tesi primaverili e autunnali. Quest'ultime hanno valori peggiori probabilmente per le lavorazioni del suolo primaverili ed estive.

In conclusione, l'apporto di Carosello conferma il miglioramento nel suolo dei livelli di sostanza organica, di azoto e un miglioramento del rapporto carbonio e azoto; migliora la quantità e l'attività della biomassa microbica e la fertilità del suolo. Non ci sono invece riscontri sul miglioramento dei livelli di funghi, tema molto legato all'attività di gestione del suolo da parte dell'uomo.