

Bando PSR Toscana PS-GO 2017

RELAZIONE FINALE

Gruppo Operativo: Introduzione e ottimizzazione di tecniche e sistemi per il controllo non chimico della flora infestante del vigneto

Acronimo: GO- IOCONCIV

Il Gruppo Operativo "IOCONCIV – Introduzione e ottimizzazione di tecniche e sistemi per il controllo non chimico della flora infestante del vigneto" (finanziato con la misura 16.2. 1.1, 1.2. 1.3 del Piano di Sviluppo Rurale 2014-2020 della Regione Toscana) è stato progettato con l'obiettivo di verificare la sostenibilità economica e ambientale dell'introduzione nelle piccole e medie imprese agricole toscane ad orientamento produttivo vitivinicolo, pratiche strutturate di inerbimento nell'interfila e nel sotto fila della vite.

Premessa

Il controllo della flora infestante nella viticoltura toscana, si basa sulla lavorazione del terreno tra i filari e il controllo meccanico o chimico sotto il filare. Anche se questi sistemi di gestione garantiscono una apprezzabile stabilità produttiva del vigneto, nel lungo periodo possono generare significativi impatti agro-ambientali quali: maggiore predisposizione ai fenomeni erosivi, perdita di fertilità dei terreni, rischi di lisciviazione degli erbicidi, significativo impiego di energia non rinnovabile ed elevati costi.

Il progetto ha inteso a mettere a punto sistemi di gestione delle infestanti nel vigneto meno dipendenti da risorse non rinnovabili, meno costosi e in grado di preservare il terreno dai fenomeni erosivi e migliorare nel tempo la fertilità.

Le colture da copertura e la prototipizzazione di una macchina per la semina sono stati oggetto del GO quale importante strumento di gestione, insieme ad una valutazione comparativa tra erbicida di origine naturale e di sintesi (acido pelargonico).

CHI FA COSA

Impresa Verde Pisa Livorno Srl (Partner Capofila)

L'attività di monitoraggio e valutazione portata avanti dal Capofila del progetto lungo tutto il periodo di attuazione delle attività ha permesso una verifica costante dello stato di avanzamento delle azioni previste. Anche grazie a questa attività il PS GO IOCONCIV ha raggiunto a pieno gli obiettivi prefissati contando su una fattiva integrazione tra i partner e un costante impegno dei partner nei 44 mesi di progetto.

CAICT Formazione srl

CAICT Formazione (di seguito CAICT) ha implementato, sotto la guida e la supervisione del Capofila, talune attività funzionali al coordinamento del Gruppo Operativo, affinché il lavoro procedesse secondo un approccio concertativo e partecipativo, assicurando il coinvolgimento costante di tutti i partner.

CAICT è stata inoltre responsabile delle azioni di informazione verso altri agricoltori potenzialmente interessati e dell'erogazione di corsi di formazione, comprendenti visite aziendali, inerenti tematiche collegate al progetto.

Centro Ricerche Agro-Ambientali - CIRAA (UniPi)

Analisi delle problematiche tecniche relative al controllo delle infestanti del sotto-fila nelle aziende viticole toscane e individuazione delle strategie innovative proponibili.

Rinova - Ex Centro Ricerche Produzioni Vegetali

Analisi delle strategie e tecniche di controllo delle infestanti nel vigneto attualmente applicabili alle aziende viticole in relazione alle loro caratteristiche colturali e pedo-climatiche.

Imprese agricole

Azienda agricola Podere Spazzavento SSA, Ponsacco PI [PICENI BELLI] – [BIO]

Attività di collaudo per le attività di test del prototipo in campo con relativa messa a punto e supporto per l'ottimizzazione delle funzionalità e delle regolazioni. Valutazione delle performance agronomiche dell'inerbimento artificiale del sotto-filare e della superficie vitata (interfilare e sotto-filare) rispetto alla tecnica aziendale di riferimento.

Azienda agricola Bellesi Alberto, San Miniato PI [CONV]

Attività di collaudo relativa alla valutazione, a livello aziendale, delle performance agronomiche ed economiche dell'inerbimento artificiale del sotto-filare e dell'intera superficie vitata (interfilare e sotto-filare;) rispetto alla tecnica aziendale di riferimento.

Società agricola La vite di Gini Luca e Gini Barbara, Crespina PI [CONV]

Ha ospitato due attività di collaudo. La prima relativa alla valutazione, a livello aziendale, delle performance agronomiche ed economiche dell'inerbimento artificiale del sotto-filare (rispetto alla tecnica aziendale di riferimento.

La seconda attività di collaudo ha permesso di valutare l'effetto erbicida di un prodotto ancora in fase di autorizzazione a base di acido pelargonico.

Tenuta Monte Rosola Soc. Agr. Di Bengt e Ewa Thomaeus, Volterra PI [BIO]

Attività di collaudo relativa alla valutazione, a livello aziendale, delle performance agronomiche ed economiche dell'inerbimento artificiale del sotto-filare e dell'intera superficie vitata (interfilare e sotto-filare) rispetto alla tecnica aziendale di riferimento.

FORNITORE DEL GRUPPO OPERATIVO

Center for Generative Communication (CFGC)

Il Lab CfGC ha affiancato il capofila in tutte le attività di comunicazione organizzativa, di community building e di comunicazione esterna, al fine di massimizzare l'efficacia e la diffusione delle attività messe in atto dal Gruppo Operativo.

SOMMARIO

1. INNOVAZIONE MESSA A PUNTO

2. METODOLOGIA SEGUITA E TEMPISTICA

3. PRODOTTI E RISULTATI RAGGIUNTI

- Sviluppo di una seminatrice adatta alla semina delle colture di copertura sia nel sotto-filare che nell'interfilare e verifica della sua funzionalità ed efficienza
- Monitoraggio degli effetti prodotti dall'inerbimento dell'interfilare e del sottofilare sul "sistema vigneto"
- Valutazione dell'efficacia erbicida di un nuovo formulato a base di acido pelargonico
- Valutazione introduzione attrezzatura prototipale presso realtà aziendali agricole esistenti e analisi degli scenari di manufacturing relativi alla realizzazione del prototipo su scala industriale.

4. RICADUTE ECONOMICHE E AMIBIENTALI

5. QUADRO DELLE ATTIVITÀ DI TRASFERIMENTO DI CONOSCENZE REALIZZATE

ABSTRACT ANCHE IN LINGUA INGLESE

1. INNOVAZIONE MESSA A PUNTO

Il suolo, risorsa naturale fragile e limitata, deve essere attentamente gestito e tutelato. La politica agricola comune europea (PAC) ha attuato da tempo diversi strumenti per promuovere un uso sostenibile dei suoli, unitamente alla salvaguardia delle risorse aria e acqua.

Nello specifico, la salvaguardia del suolo agrario viene promossa incentivando la diffusione di buone pratiche agricole, che ne garantiscano una gestione e un uso sempre più sostenibile.

Tra le principali problematiche del mondo agricolo che non sempre possono essere facilmente gestite, per l'incertezza del risultato tecnico, i costi connessi alla realizzazione dell'intervento e le conseguenze sull'ambiente, vi è sicuramente il controllo delle infestanti.

In particolare, l'uso reiterato e scorretto di erbicidi ha comportato la selezione di specie resistenti e prodotto l'inquinamento di acque superficiali e profonde, soprattutto nei sistemi colturali poco diversificati (seminativi con avvicendamenti brevi, impianti arborei).

In viticoltura, il contenimento della flora infestante viene generalmente perseguito attraverso la lavorazione del terreno tra i filari e il controllo meccanico o chimico, prevalentemente con l'impiego di glifosato sulla fila. È importante sottolineare che, sebbene quest'ultimo, in campo, venga spruzzato sulla parte aerea delle piante erbacee bersaglio, una quantità consistente può raggiungere la superficie del suolo, portando alla contaminazione di piante non bersaglio, quali, ad esempio, la vite. Inoltre, è stato suggerito che l'essudazione dalle radici di piante irrorate e il rilascio da parte di piante morte possono rappresentare fonti di diffusione del glifosato alle piante adiacenti (Coupland and Caseley, 1979; Neumann et al., 2006). Nello specifico, l'effetto erbicida del glifosato può essere attribuito all'inibizione del 5-enolpiruvil-shikimato-3-fosfato sintasi, un enzima della via dello shikimato, con blocco della biosintesi degli amminoacidi fenilalanina, tirosina e triptofano. Il blocco della via dello shikimato si traduce in un sostanziale accumulo di shikimato nei tessuti della pianta, che provoca un calo delle concentrazioni di flavonoidi (es. implicazioni negative sulla colorazione delle uve) e lignina (Franz, Mao, and Sikorski, 1997; Olesen and Cedergreen, 2010, Donnini et al., 2016).

Sebbene i sopra menzionati sistemi di gestione del suolo del vigneto contribuiscono a tutelare la produzione, nel lungo periodo, possono implicare una maggiore esposizione a fenomeni di erosione, perdita di fertilità, rischi di lisciviazione degli erbicidi, un significativo impiego di energia non rinnovabile, oltre che elevati costi di gestione del vigneto.

Un'importante innovazione, per contribuire a creare un sistema viticolo altamente sostenibile, consiste nell'implementare strategie di gestione del suolo e delle infestanti meno costose, meno dipendenti da risorse non rinnovabili e in grado di preservare il suolo da erosione e perdita di fertilità.

In quest'ottica, un valido strumento è rappresentato dalle "colture da copertura" (cover crops). Queste comprendono specie erbacee annuali o poliennali destinate a mantenere il terreno coperto, totalmente o parzialmente, dalla vegetazione nei periodi dell'anno durante i quali, rimanendo privo di ogni coltivazione, risulterebbe maggiormente esposto a fenomeni erosivi e all'insediamento di specie infestanti. Le colture di copertura sono state studiate per oltre un secolo, ma il riconoscimento di una complessa interazione sulla biosfera, litosfera, idrosfera e atmosfera terrestre è relativamente recente.

A livello agronomico, la coltivazione delle cover crop può esercitare una sorta di controllo sulla flora infestante nel vigneto, condizionandone la presenza e contenendone l'aggressività attraverso la competizione per luce, acqua ed elementi nutritivi, la produzione di sostanze a effetto allelopatico, l'alterazione della comunità microbica del terreno e la formazione di una barriera fisica costituita dalla biomassa rilasciata sul terreno (pacciamatura naturale – mulch). Inoltre, tali colture, migliorano la stabilità degli aggregati e l'infiltrazione dell'acqua, riducono i fenomeni erosivi, incrementano la fertilità, l'apporto di sostanza organica e di azoto nel terreno, l'assorbimento dei nitrati altrimenti persi per lisciviazione e incrementano la biodiversità.

Le colture di copertura non esercitano, in generale, una spiccata competizione a livello nutritivo con le viti. Tuttavia, quando vengono impiegate graminacee, queste tendono a concorrere per l'utilizzo di azoto. Al contrario, le leguminose aumentano l'azoto nel suolo, sebbene la sua disponibilità per le piante non sia, in generale, immediata.

In diversi studi è stato dimostrato che l'impiego di colture da copertura nel vigneto può contribuire al contenimento della vigoria dei germogli di vite e a una lieve limitazione della resa quantitativa a vantaggio della qualità. Inoltre, può comportare una maggiore sintesi di pigmenti (vini più colorati ma anche più fini e graditi) e manifestare un'azione positiva verso alcune patologie e anomalie di maturazione (botrite, disseccamento del rachide, clorosi) e nei confronti di alcuni fenomeni di stress (freddo, asfissia radicale).

L'essenza ideale per l'inerbimento controllato del vigneto deve insediarsi velocemente, a seguito di una semina tardo-autunnale (uno o due anni dopo quello della messa a dimora delle viti), in un arco di tempo (inverno-primavera) in cui non vengono effettuati passaggi di macchine pesanti. Questo permette, infatti, di evitare il danno da compattazione sul giovane prato in crescita. L'essenza ideale deve, inoltre, avere una forte capacità di contrastare la competizione delle specie infestanti (almeno nei primi anni) e manifestare una crescita ridotta durante il periodo primaverile-estivo, così da limitare sia la competizione idrico-nutrizionale, sia la necessità di sfalci.

In particolare, tra le cover crops di particolare interesse per il controllo delle infestanti nel vigneto vi è il *Trifolium subterraneum*, la cui semina, sulla fila, rappresenta un'innovativa strategia di gestione del suolo altamente sostenibile (**Figura 1**).



Figura 1. Trifolium subterraneum seminato nel sotto-fila di un vigneto ubicato a Tebano (RA).

La caratteristica principale di questa specie è il geotropismo negativo che permette alla pianta di seppellire i suoi semi nel terreno (leguminosa autoriseminante). Essa si differenzia in tre sottospecie. La prima ssp., *subterraneum*, è quella maggiormente diffusa ed è stata ritrovata in aree che vanno da 3,7 a 27,3 °C (temperatura media annua), a 2940 m a. s.l.m., in suoli da acidi a leggermente alcalini, e in aree con precipitazioni medie annue comprese tra <100 e 1540 mm. I terreni leggeri, con tessitura franco-sabbiosa e, quindi, decisamente favorevoli all'interramento sono particolarmente adatti a tale specie, mentre quelli franco-limoso-argillosi, più pesanti e tendenti a indurirsi, sono meno favorevoli all'insediamento. La spp. *subterraneum* è, inoltre, la meno sensibile al freddo e la più attiva per quanto concerne l'interramento dei semi, che si caratterizzano per una

colorazione nera. Tra le varietà di questa sotto-specie, risultano di particolare interesse LIMBARA e CAMPEDA, entrambe a ciclo medio-tardivo, che prediligono un pH del terreno tra 5-8.

La spp. brachycalicinum si è evoluta per tollerare suoli asciutti e si adatta meglio a terreni subalcalini e franco-limosi-argillosi. A differenza della ssp. subterraneum, presenta alcune difficoltà nell'interramento dei semi, aventi colorazione nero o nera-rossastra. Tra le varietà della sottospecie brachycalicinum risultano particolarmente interessanti CLARE e ANTAS, a ciclo medio-tardivo, che prediligono valori di pH del terreno compresi tra 5 e 8.

La terza sottospecie *yanninicum*, che si distingue per i semi di colore chiaro, si adatta a zone umide con terreni da neutri a subacidi. In questo caso, le varietà di interesse sono MONTI (ciclo medioprecoce; pH del terreno 5-7) e TRIKKALA (ciclo medio; pH del terreno 5-7)

Nel vigneto, se seminato sulla fila, il trifoglio sotterraneo crea un manto vegetale di altezza contenuta (15-30 cm) e compatto (**Figura 2**) e contribuisce all'azoto fissazione. Tramite la sua peculiare radice fittonante è, inoltre, in grado di penetrare il terreno sulla fila, lavorandone lo strato superficiale, con positivi benefici per la vite. Grazie al suo peculiare ciclo di sviluppo (autunno-primaverile), il trifoglio sotterraneo copre il terreno durante l'inverno-primavera, non entrando in competizione idrica con la vite durante la delicata fase estiva.



Figura 2. Cordoni vegetali costituiti da Trifolium subterraneum seminato nel sotto-fila.

Una volta avvenuta la fecondazione, i peduncoli fiorali che portano capolini (2-3 fiori bianchi) si incurvano progressivamente verso il terreno, penetrandolo di pochi centimetri e deponendovi numerosi glomeruli. Al termine della sua fase di sviluppo, la pianta dissecca producendo una sorta di strato pacciamante (Figura 3) in grado di preservare l'umidità del suolo, in corrispondenza dei mesi estivi più caldi.



Figura 3. Strato pacciamante nel sottofila, prodotto dal disseccamento del manto vegetale del trifoglio sotterraneo.

Dalle esperienze condotte da Ri.Nova, in differenti areali viticoli, è emerso che la semina del trifoglio sotterraneo richiede, nel primo anno, una minuziosa lavorazione (non profonda) del terreno nel sottofila, che dovrà essere adeguatamente predisposto per garantire il germogliamento e tutelare lo sviluppo della pianta nelle prime, più delicate, fasi di crescita (**Figura 4**).



Figura 4. Lavorazione del sottofila per la semina del trifoglio sotterraneo.

La semina, qualora le condizioni climatiche lo consentano si dovrebbe, preferibilmente, effettuare in post-raccolta (periodo autunnale, **Figura 5**).



Figura 5. Semina manuale di trifoglio sotterraneo nel sottofila in post-raccolta.

In questo modo le piante possono germinare e accrescere prima dell'inverno (**Figura 6**), garantendo una buona copertura alla ripresa vegetativa (**Figura 7**).



Figura 6. Accrescimento del trifoglio sotterraneo nel sottofila nel mese di Ottobre.



Figura 7. Copertura del sotto-fila con trifoglio sotterraneo alla ripresa vegetativa.

Tuttavia, anche quando, in annate difficili, la semina viene posposta a inizio primavera, con condizioni meteorologiche favorevoli, è in grado di garantire, con successo, l'insediamento del trifoglio sotterraneo. Una volta insediatosi nel sottofila, questo provvede a rigenerarsi autonomamente per 3-4 anni, grazie alla sua capacità autoriseminante. In seguito, potrebbe essere necessaria una semina integrativa e, nel caso in cui il manto vegetale disseccato fosse diventato particolarmente denso, è auspicabile creare delle aperture sul cordone disseccato, per garantire la germinazione dei semi anche nelle annate successive.

Dai risultati ottenuti dalle prove finora condotte da Ri.Nova, è emerso che, rispetto a terreni nei quali non erano presenti *cover crop*, in presenza di inerbimento con trifoglio sotterraneo nel sottofila e di miscuglio di graminacee e leguminose nell'interfilare, mediamente, si può riscontrare un più

elevato contento di sostanza organica. Questo incremento varia in funzione del numero di anni in cui le *cover crop* vengono coltivate (in generale, l'effetto è maggiore dopo periodi prolungati). Inoltre, è importante evidenziare come l'utilizzo della tecnica non svolga solo un effetto di aumento di sostanza organica e fissazione dell'azoto, ma anche di altri elementi mobili, quali calcio e potassio, che vengono restituiti dalla biomassa nei primi 40 cm di suolo.

L'impiego di trifoglio sotterraneo nel sottofila del vigneto consente di ridurre l'impiego di erbicidi (es. glifosato) o delle lavorazioni, di migliorare le condizioni idriche del terreno nel periodo estivo, con conseguenti benefici economici e agro-ambientali.

La tecnica innovativa, proposta nell'ambito del presente Progetto, rappresenta, quindi, una strategia gestionale "intelligente", altamente sostenibile, che può consentire la riduzione degli "input" esterni all'azienda e dei costi connessi alla gestione del suolo nel vigneto, preservando al tempo stesso la fertilità del suolo e la risorsa idrica in un contesto di cambiamento climatico.

2. METODOLOGIA SEGUITA E TEMPISTICA

L'innovazione proposta è stata collaudata in 4 aziende della provincia di Pisa partner del progetto: 2 aziende convenzionali (La vite, in località Cenaia e Terricciola, Bellesi in località San Miniato) e 2 aziende certificate "biologiche" (Podere Spazzavento in località Ponsacco e Tenuta Monterosola in località Volterra). In accordo con il partner CRPV, in ciascuna azienda è stato proposto l'utilizzo dell'inerbimento del sottofilare con trifoglio sotterraneo (var. brachicalicinum), come soluzione sostenibile in alternativa alle attuali strategie adottate dalle aziende partener del progetto che prevedono l'utilizzo di mezzi meccanici e/o mezzi chimici per il controllo delle infestanti nel sottofilare del vigneto. Tra le varie specie utilizzabili, la scelta è caduta sul trifoglio sotterraneo perché in grado di autoriseminarsi per almeno 3 anni e quindi esimere l'agricoltore dalle semine annuali relative alla gestione del sottofilare con sensibile riduzione dei tempi di lavoro e dei costi diretti.

La scelta della varietà commerciale di trifoglio è caduta sulla varietà medio-tardiva Anthas. Per il miscuglio da seminare nell'interfila è stato impiegato il miscuglio "Sottovigneto" (35% Festuca rubra, 30% Festuca ovina, 25% Lolium perenne, 5% Lotus corniculatus, 5% Trifolium repens). Per entrambi (trifoglio e miscuglio) è stata utilizzata una dose di seme paria 90/100 kg/ha.

Presso le aziende di cui sopra, durante i 3 anni di attività (2019-20; 2020-21, 2021-22) e nei successivi mesi di proroga del progetto, fino al luglio 2023, sono state monitorate: la composizione e l'entità della flora infestante del sottofila, i parametri produttivi del vigneto, le caratteristiche chimicofisiche del terreno e i costi di gestione del vigneto gestito secondo le tecnologie proposta.

Per ogni azienda è stato scelto, su suggerimento dei relativi conduttori, un vigneto "sperimentale" di Sangiovese all'interno del quale sono state individuate tre zone dove sono state saggiate le tre diverse strategie di gestione del vigneto: 1. tecnica aziendale - TA (diversa tra aziende bio e convenzionali), 2. inerbimento con trifoglio nel sottofilare e gestione ordinaria dell'interfilare (vigneto parzialmente inerbito – PI); 3. inerbimento con trifoglio nel sottofilare e inerbimento dell'interfilare con miscuglio (vigneto totalmente inerbito - TI).

La superficie impegnata da ogni azienda per le attività di collaudo è stata triplicata in considerazione della capacità del trifoglio sotterraneo di autoriseminarsi per almeno 3 anni e quindi giungere al termine del progetto con la possibilità di valutare l'effetto cumulato della presenza del trifoglio nel sottofila per 3 anni consecutivi, 2 anni e 1 anno (considerando l'impegno di ciascuna azienda a seminare nel sottofila ogni anno).

Il monitoraggio dei vigneti e i campionamenti sono stati resi possibili grazie alla collaborazione tra l'Università di Pisa, il CRPV e le quattro aziende partner del progetto, le quali hanno seguito e monitorato lo stato degli inerbimenti soprattutto nel periodo di lockdown dovuto alla pandemia.

Nel periodo primaverile, in corrispondenza della massima produzione di biomassa del trifoglio (mesi di aprile e maggio) ne sono stati prelevati campioni di trifoglio sotto il filare, valutando anche la biomassa delle infestanti e del miscuglio seminato nell'interfilare. All'inizio e alla fine delle attività di collaudo sono stati eseguiti anche i campionamenti di terreno necessari per valutare i possibili effetti benefici prodotti nel tempo dall'inerbimento sul terreno.

Le attività di collaudo hanno previsto, in ciascuna azienda, la semina manuale del trifoglio sotterraneo nel sottofilare sulle superfici destinate a valutare il trattamento PI e TI. Nell'autunno del 2020 si è reso disponibile anche il prototipo di seminatrice sviluppato nell'ambito del Progetto e quindi in quell'annata tutte le aziende hanno potuto effettuare anche le semine meccaniche nel sottofilare e nell'interfilare. L'anno successivo le semine meccaniche non sono state effettuate in quanto a fine estate del 2021 il prototipo si trovava ancora sotto sequestro da parte della Polizia giudiziaria di Ravenna a seguito dell'incidente occorso nell'ottobre del 2021 presso i campi sperimentali di Tebano.

Anche se le semine sono state effettuate da tutte le aziende tutti gli anni, non sempre a queste ha fatto seguito una adeguata emergenza del trifoglio sotterraneo nel sottofilare così come non sempre è stata osservata una sua apprezzabile "auto-risemina". In particolare, dalla **Tabella 1**

(pag.21) è possibile evincere che in una sola azienda (Monterosola) è stato possibile verificare la capacità del trifoglio sotterraneo di insediarsi e autoriseminarsi in maniera significativa per ben 4 anni. I risultati ottenuti dalle altre aziende partner hanno comunque contributo a confermare le tendenze emerse dai risultati ottenuti a Monterosola e a valutare le performance del prototipo di seminatrice realizzato nell'ambito del Progetto.

I campionamenti effettuati hanno permesso di determinare:

- la capacità competitiva del trifoglio sotterraneo nei confronti della flora infestante nel sottofila (espressa come biomassa della leguminosa e delle infestanti e come percentuale di copertura del terreno offerta da entrambi);
- 2. gli apporti di N e C al "sistema vigneto" derivanti dall'introduzione del trifoglio nel sottofilare e del miscuglio nell'interfilare;
- 3. la risposta produttiva del vigneto all'introduzione del trifoglio;
- 4. le variazioni delle caratteristiche chimiche del terreno nel sottofilare a seguito della presenza ripetuta nel tempo del trifoglio sotterraneo;
- 5. il contributo della tecnica proposta alla riduzione delle emissioni climalteranti.

Per descrivere la struttura della vegetazione spontanea e il loro grado di copertura è stato applicato il metodo di Braun-Blanquet. In questo caso l'area di rilevamento rappresentativa dell'indagine corrispondeva ad una superficie di 0,5 m² alla base della pianta centrale per ogni replicazione delle tre tesi. Quindi, è stata effettuata la stima visiva del grado di copertura del terreno espressa in percentuale per il trifoglio e per tutte le specie infestanti individuate.

La quantità di biomassa prodotta dal *Trifolium subterraneum* è stata eseguita attraverso un campionamento distruttivo di biomassa presente nel sottofilare (superficie di 0,5 m² per una lunghezza di 1 metro lungo il filare e 0,5 m di larghezza a cavallo della fila). La biomassa fresca è stata essiccata in stufa a 60° C fino a raggiungimento di peso costante, e quindi pesata.

Presso il Podere Spazzavento, durante il ciclo di sviluppo della vite, sono stati effettuati dei rilievi per monitorare lo stadio fenologico della vite, in particolare per individuare l'inizio della fase di invaiatura e maturazione al fine di verificare le differenze tra il testimone aziendale e le tesi inerbite. Per i rilevamenti fenologici è stata utilizzata una scala BBCH riadattata su vite e utilizzata in un progetto di fenotipizzazione svolto dalla COST Action FA1003 GrapeNet (East-West Collaboration for Grapevine Diversity Exploration and Mobilization of Adaptive Traits for Breeding).

La determinazione della produzione quantitativa e qualitativa delle vite si è svolta poco prima della vendemmia aziendale ad eccezione della misura del titolo zuccherino che è stata eseguita durante alcuni rilievi in campo a partire dal 30 luglio 2020 fino alla raccolta, al fine di costruire la curva di maturazione dell'uva e confrontare l'eventuale precocità di maturazione tra le tre tesi (attività svolta nel 2020 presso il Podere Spazzavento). In campo sono stati prelevati tutti i grappoli d'uva prodotti dalle 5 piante prescelte per identificare il testimone aziendale (T.A.), il trattamento parzialmente inerbito (PI) e quello totalmente inerbito (TI).

Per la determinazione quantitativa delle produzioni, i campioni sono stati trasferiti presso il Centro di Ricerche Agro-Ambientali "Enrico Avanzi" dove sono stati determinati il numero medio di grappoli prodotti da una pianta e il peso fresco medio dei grappoli per ciascuna tesi. Una volta giunti in laboratorio, dai campioni divisi per replicazioni sono stati prelevati una quarantina di acini che sono stati separati in gruppi da 30 e 10. Dopo aver determinato il peso fresco per entrambi i gruppi, i 30 acini sono stati utilizzati per ricavare il mosto da impiegare per la determinazione del pH e dell'acidità titolabile, mentre 10 acini sono stati utilizzati per la determinazione del peso secco e del contenuto di umidità previa essicazione in stufa a 60° C per diversi giorni fino alla stabilizzazione del peso.

Le analisi sulla qualità delle produzioni hanno riguardato il grado zuccherino espresso in ° Brix, l'acidità totale (espressa in g/L di acido tartarico) e il pH del succo d'uva. Inoltre, è stato determinato il contenuto di azoto totale presente al momento della raccolta con metodo Kejldhal. Per la determinazione del grado zuccherino è stato utilizzato il rifrattometro da campo.

3. PRODOTTI E RISULTATI RAGGIUNTI

- Sviluppo di una seminatrice adatta alla semina delle colture di copertura sia nel sotto-filare che nell'interfilare e verifica della sua funzionalità ed efficienza
- Monitoraggio degli effetti prodotti dall'inerbimento dell'interfilare e del sottofilare sul "sistema vigneto"
- Valutazione dell'efficacia erbicida di un nuovo formulato a base di acido pelargonico
- Valutazione introduzione attrezzatura prototipale presso realtà aziendali agricole esistenti e analisi degli scenari di manufacturing relativi alla realizzazione del prototipo su scala industriale.

Sviluppo di una seminatrice adatta alla semina delle colture di copertura sia nel sottofilare che nell'interfilare e verifica della sua funzionalità ed efficienza

L'obiettivo di questa attività di progetto è stato quello di progettare, realizzare e testare un prototipo di operatrice portata per effettuare la semina delle colture di copertura (cover crops) sia nell'interfilare che nel sottofilare del vigneto (contemporaneamente o separatamente).

Il prototipo è stato sviluppo tra il 2019 e 2020 attraverso una stretta collaborazione tra la ditta Mipe Viviani S.r.l. di Monteriggioni (SI), la ditta Bocelli S.n.c. di La Sterza - Lajatico (PI) e l'azienda agricola "Podere Spazzavento s.s."

Il prototipo si è reso disponibile nell'estate del 2020 ed è stato subito testato in campo presso il Podere Spazzavento e successivamente, nell'autunno, nei vigneti delle aziende coinvolte nel Progetto.

Descrizione del prototipo – Il prototipo di seminatrice realizzato può essere definito come un modello di seminatrice per <u>l'inerbimento differenziato</u> intendendo con questa espressione una operatrice in grado di effettuare la semina di diverse essenze o diversi mix di essenze di colture di copertura in diverse zone dell'impianto viticolo (**Figura 8**). Infatti, nel corso della stesura del progetto IOCONCIV da parte dei partner è emersa l'esigenza di utilizzare specie diverse per la coltura di "copertura" della zona del sottofila del vigneto (trifoglio sotterraneo) e per la zona compresa tra i filari del vigneto (un mix di essenze foraggere).

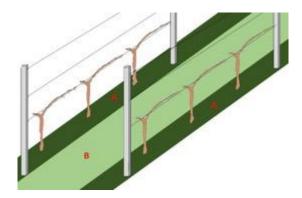


Figura 8 - Schema dell'inerbimento differenziato nell'impianto viticolo: A) specifica coltura di copertura nella zona sotto il filare; B) specifica coltura di copertura nella zona interfilare.

Il prototipo di operatrice per l'impianto delle colture da copertura nel vigneto è di tipo portato, e presenta un telaio principale con larghezza variabile da 1830 mm a 2400 mm, lungo 1800 mm provvisto di attacco a tre punti.

Il telaio è realizzato in laminato piatto di acciaio C40 e profilato quadro di acciaio strutturale S355 ed assolve anche la funzione di sostenere la tramoggia contente i semi delle colture di copertura e gli organi dosatori (**Figura 9**); questa soluzione è stata totalmente sviluppata per le esigenze del progetto.

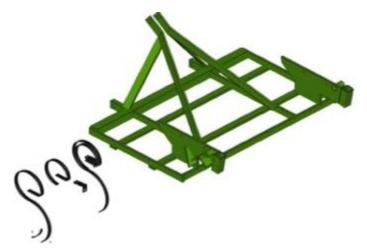


Figura 9 - Telaio con attacco a tre punti ed elementi elastici per la lavorazione del terreno.

La tramoggia risulta separata internamente in tre parti: due sezioni laterali (a destra e sinistra) e una sezione centrale. Le due sezioni laterali sono adibite a contenere il seme destinato a costituire l'inerbimento nel sottofilare dell'impianto viticolo, la sezione centrale conterrà invece il seme destinato a costituire l'inerbimento tra i filari della vite.

La dose di seme potrà essere regolata mediante specifici dosatori (uno per ogni tubo adduttore) posti alla base della tramoggia stessa. I dosatori sono del tipo a rullo scanalato ruotante su asse orizzontale, con la possibilità di adattarsi a semi di diverse dimensioni.

La regolazione della dose di seme si imposta mediante paratie mobili poste tra il fondo della tramoggia e i rulli dosatori che determinando diverse dimensioni delle sezioni di uscita, consentendo di regolare la portata di efflusso del seme dalla tramoggia ai dosatori (**Figura 10**); questa funzionalità è una delle caratteristiche specifiche del prototipo predisposto per il progetto.

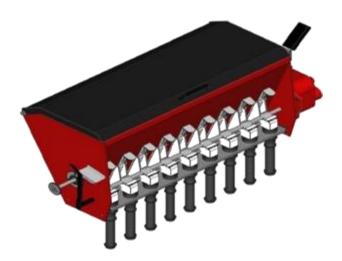


Figura 10 - Tramoggia con dispositivi dosatori.

Il movimento di rotazione dei rulletti dosatori viene impresso dal rullo posto posteriormente all'operatrice, montato su cuscinetti e posto a contatto con il terreno. Il rullo posteriore, infatti, è collegato ad una asse coassiale e solidale ai dispositivi dosatori mediante una trasmissione a pignoni e catena. In questo modo si ottiene una distribuzione di seme proporzionale all'avanzamento del

cantiere di lavoro, consentendo quindi di ottenere una dose costante di seme per unità di superficie seminata. Il rullo posteriore ha anche la funzione di pareggiare la superficie del suolo, interrare ulteriormente il seme distribuito e farlo aderire al terreno lavorato (**Figura 11**).



Figura 11 - Rullo posteriore per la distribuzione proporzionale del seme e interramento del seme distribuito nell'interfilare.

Il flusso del seme (opportunamente dosato) per gravità arriva ai distributori finali mediante tubi adduttori telescopici. I diffusori finali posti nella parte terminale dei tubi adduttori hanno la finalità di effettuare la distribuzione a spaglio del seme sulla superficie del terreno.

Sulla parte centrale del telaio dell'operatrice, prima dei tubi adduttori e dei diffusori, sono disposti organi per la lavorazione del terreno, del tutto simili a quelli di un coltivatore leggero. Questi utensili sono montati su elementi a molla flessibili (vibro-flex) (**Figura 12**). Essi, mediante le oscillazioni sull'asse verticale, effettuano un ulteriore affinamento del terreno, consentendo un ulteriore affinamento del letto di semina per le colture di copertura tra due filari del vigneto.



Figura 12 - Molle vibro-flex montate su telaio

Per quanto riguarda la semina della coltura di copertura sotto il filare del vigneto, il prototipo è provvisto anteriormente di due organi lavoranti a stella (rollhacke), posti sui lati dell'operatrice, che effettuano un affinamento del terreno al fine di costituire un buon letto di semina.

Tali utensili lavorano per trascinamento e sono collegati al telaio principale mediante un sistema telescopico, in modo da poter regolare la macchina per operare correttamente anche su impianti che presentano distanze diverse tra i filari. Inoltre, il collegamento al telaio principale di questi utensili a stella è realizzato in modo tale che risulti possibile regolare sia l'altezza di lavoro che l'inclinazione rispetto alla direzione di avanzamento dell'operatrice (**Figura 13**).



Figura 13 - Corpi lavoranti a stella (rollhacke) per preparazione del letto di semina nel sotto-fila del vigneto

Sempre ai lati dell'operatrice dopo gli organi lavoranti a stella (rollhacke) troviamo i diffusori finali che posti al termine dei tubi adduttori telescopici, operano la distribuzione del seme sulla superficie del terreno. I tubi adduttori laterali sono collegati ai dosatori delle sezioni laterali della tramoggia, che contengono il seme della specie destinata a inerbire la zona sotto il filare del vigneto.

Per risolvere la problematica dell'interramento dei semi nella zona sotto il filare si è stato utilizzato un elemento lavorante tipo "finger-weeder" (Figura 14).

Questo tipo di utensili è stato progettato per effettuare il controllo selettivo delle infestanti sulla fila di colture sarchiate, presentano delle "dita" in materiale plastico poste alla periferia di un disco calettato follemente su un asse che può assumere diverse inclinazioni. Il movimento dell'elemento lavorante viene garantito grazie a spuntoni posti nella parte inferiore del disco che a contatto del terreno, grazie all'azione di trascinamento applicano un momento torcente al disco libero di girare. Nel caso specifico le "dita" in materiale plastico dovranno operare sulla superficie del terreno lavorato smuovendolo quanto basta a conseguire l'interramento del seme della coltura di copertura.



Figura 14 - Elemento lavorante tipo "finger-weeder" deputato all'interramento del seme della coltura da copertura nella zona sotto il filare dell'impianto viticolo.

Gli organi lavoranti deputati all'interramento del seme nel distribuito nel sotto-fila del vigneto, sono realizzati in modo da poter regolare l'altezza di lavoro, e sono collegati al telaio principale mediante un sistema telescopico, in modo da poter regolare la macchina per operare correttamente anche su impianti che presentano distanze diverse tra i filari.

Anche questa è una soluzione specifica studiata per le esigenze specifiche del progetto. Il prototipo di operatrice per realizzare l'inerbimento differenziato negli agroecosistemi viticoli è stato progettato, per poter effettuare in un solo passaggio, la preparazione del letto di semina e la distribuzione e l'interramento del seme nello spazio tra due filari e in due bande laterali nelle zone del sotto-filare poste a sinistra e a destra (**Figura 15**).



Figura 15 - Immagini del prototipo per la semina "differenziale" di colture di coperture nel vigneto.

Valutazione delle performance del prototipo di seminatrice

Alla fase di progettazione/realizzazione ha fatto seguito la fase di collaudo alla quale hanno partecipato attivamente gli agricoltori aderenti al progetto, in modo da comprenderne il funzionamento e proporre eventuali modifiche prima della prova in campo.

Nel luglio 2020 il prototipo è stato ultimato e il 24 dello stesso mese è stato effettuato un primo collaudo su un terreno pianeggiante del Podere Spazzavento. Da questo è emersa subito la necessità di "tarare" adeguatamente l'operatrice in tutte le sue componenti.

Quindi, durante il mese di agosto del 2020 sono state valutate le performance costruttive del prototipo di seminatrice contribuendo, insieme al titolare dell'azienda "Podere Spazzavento", alla taratura del prototipo riguardo alla distribuzione del miscuglio tra le file e del trifoglio sotterraneo sulla fila.

Il 18 agosto 2020 è stata effettuata la taratura a fermo e, dopo alcune prove su piccole superfici, il giorno 1 ottobre 2020 è stata effettuata la prima semina vera e propria con la seguente regolazione: Trifoglio Sotterraneo (sotto i filari) 131,09 kg/ha - Miscuglio (tra i filari) 113,76 kg/ha.

Dopo la semina è stato effettuato uno specifico rilievo di campo teso a verificare la distribuzione del seme di trifoglio da parte dell'operatrice. Sono stati quindi contati i semi scoperti sui 6 filari (3 in cui si seminava il Trifoglio Sotterraneo ed il Miscuglio, 3 in cui si seminava solo il Trifoglio Sotterraneo) Per ogni filare sono stati effettuati 6 lanci nel sottofila e nell'interfila. Dall'elaborazione dei dati ottenuti è emerso che per quanto riguarda l'interramento del seme la seminatrice ha mostrato un comportamento assai eterogeneo.

Di seguito si riportano le principali criticità incontrate durante l'impiego del prototipo presso il Podere Spazzavento:

- la regolazione sull'operatrice delle diverse dosi di seme per l'inerbimento dello spazio interfilare che di quello sotto il filare è apparsa un po' complessa. Infatti, i rulli dosatori centrali (dose interfilare) e quelli laterali (dose sottofilare) sono azionati dal medesimo asse, che deriva il moto dal rullo posteriore, pertanto, il regime di rotazione è il medesimo per tutti i dosatori. Anche se, l'operatrice presenta la possibilità di escludere uno dei due rulletti presenti in ogni dosatore (Figura 16), mediante la rimozione di un perno filettato, questa soluzione, durante le operazioni di regolazione e taratura, non ha consentito di ottenere le idonee dosi di semina per le diverse essenze adottate per l'inerbimento differenziato.



Figura 16 - Dispositivo dosatore disassemblato del prototipo di seminatrice per l'inerbimento del vigneto differenziato

Pertanto, l'unica possibilità di regolazione delle dosi di seme è rappresentata dalle diverse posizioni impostate per le paratie mobili poste tra il fondo della tramoggia e i rulli dosatori. La ricerca della regolazione che possa consentire un compromesso ideale per l'ottenimento delle diverse dosi di seme (interfilare e sottofilare) può risultare laboriosa, specialmente se le diverse essenze da utilizzare per l'inerbimento sono caratterizzate da dimensioni e peso differenti. Sarebbe auspicabile per il futuro disporre di dosatori per la zona sotto il filare con movimento differenziato e indipendente da quelli per la spazio interfilare;

- gli elementi preposti alla lavorazione del terreno dello spazio tra i filari (elementi a molla flessibili vibro-flex) e quello sotto il filare (organi lavoranti a stella rollhacke), non hanno consentito di ottenere un letto di semina sufficientemente affinato tale da garantire una congrua germinazione dei semi distribuiti. Per questo motivo è stato deciso che in futuro la seminatrice, nelle diverse aziende in cui sarà testata, dovesse operare su terreno già lavorato (sia nell'interfila che nel sottofila);
- l'operatrice per l'impianto differenziato delle colture di copertura nel vigneto ha mostrato dei limiti anche per quanto riguarda l'interramento del seme distribuito nel sottofila; gli elementi lavoranti del finger weeder non si sono dimostrati pienamente idonei a conseguire un adeguato livello di ricoprimento dei semi distribuiti nel sottofila (Figura 17);



Figura 17 - Mancato ricoprimento del seme distribuito nel sottofila; le ellissi in rosso evidenziano i semi rimasti scoperti.

Le criticità di cui sopra sono state oggetto di studio e discussione da parte dei partner di progetto e il prototipo di seminatrice è stato modificato nell'estate del 2022 per essere poi testato in campo il 14 settembre 2022 su due vigneti diversi del Podere Spazzavento.

Purtroppo, il test non ha dato esito positivo, non tanto per le prestazioni del prototipo modificato, quanto per la forte predazione dei semi operata dalle formiche ancora molto attive in questo periodo dell'anno.

Data l'assenza di ulteriori specifiche prove di campo non risulta ancora possibile esprimere una valutazione esaustiva sulla funzionalità e l'efficienza del prototipo realizzato nell'ambito del Progetto.

Monitoraggio degli effetti prodotti dall'inerbimento dell'interfilare e del sottofilare sul "sistema vigneto

Le attività di monitoraggio sonno state realizzate nelle 4 aziende della provincia di Pisa partner del progetto: 2 aziende convenzionali (La vite, in località Cenaia e Terricciola, Bellesi in località San Miniato) e 2 aziende certificate "biologiche" (Podere Spazzavento in località Ponsacco e Tenuta Monterosola in località Volterra). Sebbene localizzate all'interno della stessa provincia, le aziende presso le quali è stata collaudata l'innovazione proposta si diversificano significativamente per tessitura di terreno e condizioni climatiche e quindi rendono ancora più trasferibili i risultati che di seguito saranno illustrati.

In base alle esperienze maturate negli anni dal CRPV, in ciascuna azienda è stato proposto l'utilizzo dell'inerbimento del sottofilare con trifoglio sotterraneo (var. brachicalicinum), come soluzione sostenibile alle attuali strategie adottate dalle aziende partener del progetto, che prevedono l'utilizzo di mezzi meccanici e/o mezzi chimici per il controllo delle infestanti nel sottofilare del vigneto. Tra le varie specie utilizzabili, la scelta è caduta sul trifoglio sotterraneo perché in grado di autoriseminarsi per almeno 3 anni e quindi esimere l'agricoltore dalle semine annuali relative alla gestione del sottofilare con sensibile riduzione dei tempi di lavoro e dei costi diretti.

Le attività di collaudo hanno previsto, in ciascuna azienda, la semina manuale del trifoglio sotterraneo nel sottofilare sulle superfici destinate a valutare il trattamento PI e TI. Nell'autunno del 2020 si è reso disponibile anche il prototipo di seminatrice sviluppato nel WP2 e quindi in quell'annata tutte le aziende hanno potuto effettuare anche le semine meccaniche nel sottofilare e nell'interfilare. L'anno successivo le semine meccaniche non sono state effettuate in quanto a fine estate del 2021 il prototipo si trovava ancora sotto sequestro da parte della Polizia giudiziaria di Ravenna a seguito dell'incidente occorso nel settembre 2021 presso i campi sperimentali di Tebano. Anche se le semine sono state effettuate da tutte le aziende tutti gli anni, non sempre a queste ha fatto seguito una adeguata emergenza del trifoglio sotterraneo nel sottofilare così come non sempre è stata osservata una sua apprezzabile "auto-risemina". In particolare, dalla tabella 1 è possibile evincere che in una sola azienda (Monterosola) è stato possibile verificare la capacità del trifoglio sotterraneo di insediarsi e autoriseminarsi in maniera significativa per ben 4 anni. I risultati ottenuti dalle altre aziende partner hanno comunque contributo a confermare le tendenze emerse dai risultati ottenuti a Monterosola e a valutare le performance del prototipo di seminatrice realizzato nell'ambito del Progetto.

	Semina 2	019	Semina 2	020	Semina 2021			
AZIENDA	<u>manuale</u>	<u>meccanica</u>	<u>manuale</u>	<u>meccanica</u>	<u>manuale</u>	<u>meccanica</u>		
Monterosola	1° positivo (19-20) 2° positivo (20-21) 3° positivo (21-22) 4° positivo (22-23)	seminatrice n.d.	1° positivo (20-21) 2° positivo (21-22) 3° positivo (22-23)	1° negativo	1° positivo (21-22) 2° positivo (22-23)	Seminatrice n.d.		
Spazzavento	1° positivo (19-20) 2° negativo (20-21)	seminatrice n.d.	1° negativo	1° negativo	1° parz. positivo (21-22) 2° negativo (22-23)	seminatrice n.d.		

La Vite	1° positivo (19-20) 2° positivo (20-21) 3° fallito (21-22)	seminatrice n.d.	semina non effettuata ⁽¹⁾	1° negativo	1° positivo (21-22) 2° positivo (22-23)	seminatrice n.d.
Bellesi	1° parz. positivo	seminatrice n.d.	1° negativo	1° negativo	1° parz. positivo (21-22) 2° negativo	seminatrice n.d.

Note: (1) in quanto prevista la semina con prototipo di seminatrice meccanica;

Tabella 1 -Esito delle semine effettuate manualmente e meccanicamente presso le aziende partner del Progetto nel triennio di riferimento e delle successive "autorisemine" al 2°, 3°e 4° anno.

I campionamenti effettuati hanno permesso di determinare:

- la capacità competitiva del trifoglio sotterraneo nei confronti della flora infestante nel sottofila (espressa come biomassa della leguminosa e delle infestanti e come percentuale di copertura del terreno offerta da entrambi);
- 2. gli apporti di N e C al "sistema vigneto" derivanti dall'introduzione del trifoglio nel sottofilare e del miscuglio nell'interfilare;
- 3. la risposta produttiva del vigneto all'introduzione del trifoglio;
- 4. le variazioni delle caratteristiche chimiche del terreno nel sottofilare a seguito della presenza ripetuta nel tempo del trifoglio sotterraneo;
- 5. il contributo della tecnica proposta alla riduzione delle emissioni climalteranti.

<u>Dettaglio dei risultati ottenuti presso l'Azienda agricola "Tenuta Monterosola"</u>

Tra settembre 2019 e luglio 2023, l'Azienda "Tenuta Monterosola" (azienda certificata biologica) ha partecipato alle attività di coordinamento promosse dal capofila e ha svolto le attività di campo relative al collaudo delle tecniche innovative di controllo della flora infestante così come concordato a livello di coordinamento, ponendo a confronto la tecnica aziendale (TA: lavorazione del sottofilare + semina favino da sovescio secondo interfilari alternati a sodo con inerbimento spontaneo lavorati entrambi in primavera per sovesciare le biomasse presenti) con la tecnica di inerbimento parziale (PI: inerbimento del sottofilare per circa 50-60 cm di larghezza con trifoglio sotterraneo + tecnica aziendale come sopra) e la tecnica di inerbimento totale (TI: inerbimento del sottofilare per circa 50-60 cm di larghezza con trifoglio sotterraneo + semina miscuglio di essenze prative perennanti in tutti gli interfilari seguita da sfalcio primaverile senza lavorazione del terreno).

L'Azienda ha realizzato semine manuali nel triennio di riferimento (2019-2020-2021) e nel 2020 anche una semina meccanica con il prototipo sviluppato nell'ambito del progetto. A differenza di quest'ultima, le semine manuali hanno avuto sempre buon esito anche se effettuate in inverno (nella seconda decade di gennaio nel 2020; nella prima di dicembre nel 2020 e 2021).

Biomasse - In **tabella 2** sono riassunti i risultati produttivi del trifoglio sotterraneo espressi in t di ss/ha e in t di ss/ha di vigneto considerando occupata dal sottofilare soltanto il 20% della superficie del vigneto. Conseguentemente sono stati riportati anche gli apporti di N e C della biomassa epigea per ettaro di vigneto rispettivamente in kg e tonnellate (valori sottostimati non avendo considerando l'apporto degli apparati radicali e dei relativi essudati). La presenza di infestanti è stata espressa in t/ha e rapportata all'intera biomassa prodotta nel sottofilare per rappresentare il livello di infestazione presente in ogni situazione sperimentale.

La produttività media del trifoglio è stata di 3,35 t di ss/ha; la produttività media del trifoglio al primo anno di impianto (semina convenzionale) la produzione media è stata di 2,42 t di ss/ha mentre negli anni successivi l'autorisemina ha condotto a rese crescenti: 3,66, 4,03 e 4,14 t di ss/ha rispettivamente al 1°, 2°, e 3° anno di autorisemina. Rispetto all'ipotesi progettuale che considerava

realistica una durata dell'impianto del trifoglio sotterraneo di 3 anni, i dati ottenuti assumono particolare rilevanza sia per l'inattesa "longevità" del trifoglio (che consente di ripartire i costi di impianto su un numero di anni maggiore rispetto ai 3 previsti a inizio progetto) sia per la produttività, assolutamente rilevante anche in relazione sia al tipo il terreno (di medio impasto-argilloso e sub-alcalino della Tenuta Monterosola, non certamente il più indicato per questa specie di trifoglio) che alla tardività delle epoche di semina.

Dall'osservazione della **tabella 2** è possibile desumere anche una certa stabilità produttiva del trifoglio sia in relazione al tempo (annata) che alle diverse condizioni di semina/autorisemina. Riguardo alle differenze tra la produttività del trifoglio inserito nella tecnica di inerbimento totale (TI) e parziale (PI), non sono state osservate differenze significative, anche in considerazione dell'assenza di trattamenti specifici relativamente alla gestione del sottofilare tra le due tecniche che si sono differenziate soltanto per la gestione dell'interfilare.

	SS t/ha		N kg/ha	C t/ha	S.S.	%															
anno 2019-2020		vigneto	vigneto	vigneto	t/ha																
1° anno semina	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	infestanti	infestanti															
T.I. media	1,56	0,31	4,00	0,12	1,30	46%															
P.I. media	1,28	0,26	3,90	0,10	1,51	54%															
piovosità I-III 96	1,42	0,28	3,95	0,11	1,41	50%															
	SS t/ha	SS t/ha	N kg/ha	C t/ha	S.S.	%			SS t/ha	SS t/ha	N kg/ha	C t/ha	S.S.	%	1						
anno 2020-2021	33 t/11a	vigneto	vigneto	vigneto	t/ha	70	anno 2020	2021	33 t/11a	vigneto	vigneto	vigneto	t/ha	70							
1° di autorisemina	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	infestanti	infestanti	1° anno se		trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	infestanti	infestanti							
T.I. media	4,57	0,91	22,29	0.36	1.17	23%	T.I. me		3,44	0.69	16,58	0,27	0.17	6%							
P.I media	4,18	0,84	20,40	0,33	1,22	25%	P.I me		3,38	0,68	14,43	0,27	0,11	3%							
	4,37	0,87	21,35	0,35	1,19	24%			3,41	0,68	15,50	0,27	0,11	5%							
piovosità I-III 213	4,37	0,67	21,35	0,55	1,19	2470	piovosità I-IV	213	3,41	0,08	15,50	0,27	0,14	370							
	SS t/ha		N kg/ha	C t/ha	S.S.	%			SS t/ha	SS t/ha	N kg/ha	C t/ha	S.S.	%		SS t/ha	SS t/ha	N kg/ha	C t/ha	S.S. t/ha	%
anno 2021-2022		vigneto	vigneto	vigneto	t/ha		anno 2021	-2022		vigneto	vigneto	vigneto	t/ha		anno 2021-2022		vigneto	vigneto	vigneto		
2° di autorisemina	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	infestanti	infestanti	1° di autor	isemina	trifoglio	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	infestanti	infestanti	1° anno semina	trifoglio	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	infestanti	infestanti
T.I. media	3,91	0,78	16,64	0,33	0,80	17%	T.I. me	dia	2,85	0,57	10,77	0,21	1,59	35%	T.I. media	2,45	0,49	11,31	0,18	0,52	19%
P.I media	3,82	0,76	16,55	0,32	1,06	21%	P.I me	dia	2,55	0,51	10,47	0,19	2,12	43%	P.I media	2,39	0,48	11,09	0,18	0,55	19%
piovosità I-III 151	3,86	0,77	16,59	0,32	0,93	19%	piovosità I-IV	151	2,70	0,54	10,62	0,20	1,86	39%	piovosità I-IV 151	2,42	0,48	11,20	0,18	0,54	19%
	SS t/ha	SS t/ha	N kg/ha	C t/ha	S.S.	%			SS t/ha	SS t/ha	N kg/ha	C t/ha	S.S.	%		SS t/ha	SS t/ha	N kg/ha	C t/ha	S.S. t/ha	%
anno 2022-2023	55 q	vigneto	vigneto	vigneto	t/ha	,,,	anno 2022	-2023	55 4115	vigneto	vigneto	vigneto	t/ha	,-	anno 2022-2023	55 ya	vigneto	vigneto	vigneto	5.5. q na	,,
3° di autorisemina	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	infestanti	infestanti	2° di autor	isemina	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	infestanti	infestanti	1° di autorisemina	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	infestanti	infestanti
T.I. media	4,27	0,85	18,14	0,36	0,06	1%	T.I. me	dia	4,38	0,88	17,83	0,37	0,10	2%	T.I. media	4,66	0,93	23,84	0,39	0,06	2%
P.I media	4,02	0,80	17,42	0,34	0,16	4%	P.I me	dia	4,01	0,80	15,68	0,33	0,36	9%	P.I media	3,15	0,63	14,78	0,26	0,15	4%
piovosità I-III 148	4,14	0,83	17,78	0,35	0,11	3%	piovosità I-IV	148	4,19	0,84	16,76	0,35	0,23	6%	piovosità I-IV 148	3,90	0,78	19,31	0,33	0,10	3%
									_		-					-		-			
TI	3,58	0,72	15,3	0,29	0,83	22%			3,56	0,71	15,1	0,28	0,62	15%		3,56	0,71	17,6	0,29	0,29	10%
PI	3,32	0,66	14,6	0,27	0,99	26%			3,31	0,66	13,5	0,26	0,86	18%		2,77	0,55	12,9	0,22	0,35	12%
	3,45	0,69	15	0,28	0,91	24%			3,44	0,69	14	0,27	0,74	16%		3,16	0,63	15	0,25	0,32	11%
				•								•				•			•	-	

Tabella 2 – Tenuta Monterosola - Biomassa del trifoglio sotterraneo (ottenute nell'anno di semina e in quelli successivi per auto-semina) e delle infestanti nel sottofila del vigneto sperimentale di Sangiovese.

A questo riguardo occorre ricordare che a Monterosola, azienda certificata biologica, la gestione ordinaria del vigneto (TA) prevedeva la lavorazione invernale e primaverile del sottofilare con relativo controllo della flora infestante e la semina a filari alterni del favino da sovesciare con la lavorazione del terreno in primavera avanzata; i filari non seminati venivano lasciati sodi ma poi lavorati nello stesso periodo di quelli dove era presente il sovescio; la stessa gestione dell'interfilare è stata adottata anche nel sistema di inerbimento parziale.

Ciò ha prodotto importanti differenze nella ripartizione spaziale della biomassa prodotta nei tre sistemi saggiati. Analizzando separatamente la produzione di biomassa del sottofliare e dell'interfilare (tabella 3) nel periodo considerato, emerge chiaramente il notevole apporto del trifoglio nei due sistemi alternativi all'aziendale e, in termini assoluti, la scarsa biomassa di infestanti rispetto al sistema aziendale.

Nell'interfilare le produzioni di biomassa non si sono diversificate significativamente tra i sistemi in ragione della scarsa capacità produttiva del mix utilizzato su tutta la superficie dell'interfilare del sistema totalmente inerbito rispetto al sistema aziendale e al sistema parzialmente inerbito che utilizzavano il favino, assai più produttivo, ma solo sul 50% della superficie interfilare (semina del favino alternata al sodo inerbito spontaneamente).

Complessivamente, quindi, le differenze in termini di produzione di biomassa erbacea tra il vigneto parzialmente e totalmente inerbito è da attribuirsi essenzialmente alla biomassa prodotta nel sottofilare ed in particolare quella prodotta dal trifoglio sotterraneo visto che in termini assoluti la biomassa delle infestanti del sottofilare è risultata di scarsa entità nei 3 sistemi testati.

	TA	TI	PI
sottofilar	e		
infestanti	0,03	0,12	0,15
trifoglio	0,00	0,71	0,63
sub-totale	0,03	0,83	0,77
interfilare	:		
mix + inf.	0,00	1,34	0,00
fav. + inf.	1,19	0,00	1,19
sodo + inf.	0,09	0,00	0,09
sub-totale	1,28	1,34	1,28
<u>totale</u>	1,31	2,17	2,05

Tabella 3 – Tenuta Monterosola – Biomasse prodotte complessivamente dal "sistema vigneto" diversamente gestito sul filare e tra i filari (s.s. t/ha) - (TA = vigneto gestito secondo la tecnica aziendale; TI = vigneto gestito con inerbimento totale; PI = vigneto gestito con inerbimento parziale)

Controllo delle infestanti - La biomassa prodotta dal trifoglio nel sottofilare è risultata in grado di contenere lo sviluppo della flora infestante senza che essa potesse divenire una seria minaccia per la produttività del vigneto (vedasi successivo commento sulla produttività).

La biomassa del trifoglio è risultata infatti quasi sempre correlata inversamente alla biomassa delle piante infestanti presenti nel sottofilare anche in condizione assai differenziate di intensità di infestazione (Figura 18).

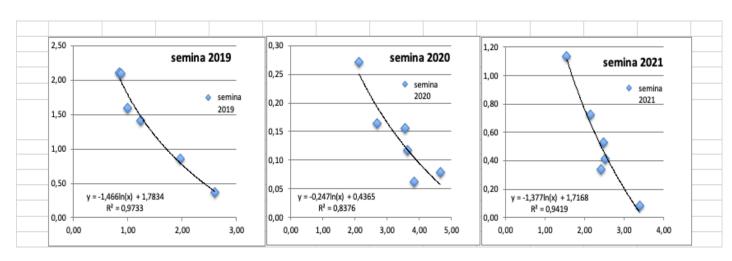


Figura 18 – Tenuta Monterosola – Relazione tra le biomasse prodotte dal trifoglio sotterraneo (nell'anno di semina e in quelli successivi per auto-semina) e delle infestanti nel sottofila del vigneto sperimentale di Sangiovese (in ordinate la biomassa delle infestanti e in ascissa quella del trifoglio espresse entrambe in t di ss/ha)

Ne consegue che nelle annate a maggiore sviluppo del trifoglio il controllo delle infestanti nel sottofilare è risultato maggiormente apprezzabile. Esprimendo la presenza delle infestanti in percentuale della loro biomassa sull'intera biomassa prodotta nel sottofilare, in diverse occasioni sono stati raggiunti ottimi valori del 3-6%.

In genere si è osservato un incremento della capacità di controllo delle infestanti da parte del trifoglio sotterraneo nel tempo: nel caso delle semine effettuate nel 2019 (in realtà nel gennaio 2020) si è passati da presenze percentuali del 50%, 24,19 e 3 rispettivamente al primo anno di impianto (2020), al secondo (2021 - 1° di autorisemina), terzo (2022 - 2° di autorisemina) e quarto (2023 - 3° di autorisemina).

Come è possibile evincere dalle **figure 19 e 20**, la semina del gennaio 2020 non ha consentito una significativa copertura del terreno da parte del trifoglio lasciando spazio alle piante infestanti ed in particolare *Avena* spp. Che negli anni si è dimostrate la specie maggiormente in grado di competere con il trifoglio.



Figura 19-20 - Tenuta Monterosola - maggio 2020. Presenza del trifoglio e delle infestanti nel sottofilare

Complessivamente, considerate le 4 stagioni di crescita del trifoglio (2019-20, 2020-21, 2021-22 e 2022-23), la presenza della leguminosa ha consentito, in media, di limitare al 18-19%, la presenza delle infestanti nel sottofilare con valori di punta del 3% osservati nel 2023 al 3° e al 1° anno di autorisemina (figure 21 e 22).



Figure 21 - 22 - Tenuta Monterosola - aprile 2023. Copertura del sottofilare da parte del trifoglio sotterraneo (a sinistra al 3° anno di autorisemina e a destra al 1° anno)

Il controllo della flora infestante operato dal trifoglio sotterraneo è proseguito anche nel periodo estivo, quando il trifoglio, per sua natura, va in senescenza e la biomassa epigea si devitalizza spontaneamente creando una pacciamatura morta (dead mulch) che è ancora in grado di contenere, almeno in parte, lo sviluppo massivo delle infestanti macroterme (figure 23 e 24).



Figure 23 - 24 - Tenuta Monterosola - estate 2021. Buon controllo delle infestanti nel periodo estivo operato dal "dead mulch" del trifoglio sotterraneo

Al fine di valutare anche questo aspetto, nel 2021, da fine primavera a fine estate, è stata condotta un'indagine sulla presenza delle infestanti nel sottofilare del vigneto seminato con trifoglio nel 2019 (semina effettuata nel gennaio 2020) e nel dicembre del 2020 (tabella 4).

Se si esclude il rilevo effettuato in maggio, che evidenzia la ben nota capacità della lavorazione del terreno (effettuata peraltro poco tempo prima) di controllare efficacemente la flora infestante reale, con l'avanzare dell'estate le differenze tra la tecnica aziendale (test) e l'inerbimento del sottofilare sono andate riducendosi fino ad annullarsi agli inizi di settembre.

In particolare, a conferma dell'importanza della presenza di una abbondante biomassa da parte del trifoglio per contenere efficacemente la flora infestante, il trifoglio seminato nel dicembre del 2020 (che ha prodotto un primavera una biomassa considerevole) è risultato quello che ha contrasto maggiormente lo sviluppo delle infestanti anche nel periodo estivo mostrando sin dal rilievo di inizio luglio valori comparabili o addirittura inferiori a quelli osservati su terreno lavorato secondo la tecnica ordinaria dell'Azienda.

Anno di		Cope	rtura veget	ale del sotto	fllare (%)
semina		21.05.21	08.07.21	05.08.21	06.09.21
T.I. 2019	trif.	78	77	77	87
	inf.	22	23	23	13
P.I. 2019	trif.	77	80	80	87
	inf.	23	20	20	13
T.I. 2020	trif.	93	78	80	90
	inf.	7	22	20	10
P.I. 2020	trif.	95	93	92	95
	inf.	5	7	8	5
test 2020	t.nudo	100	92	87	87
	inf.	0	8	13	13

Tabella 4 – Tenuta Monterosola - Presenza di infestanti nel sottofilare monitorata con il metodo Braun-Blanquet nell'estate del 2021

Apporti di N e C - I principali risultati relativi agli apporti di N e C al vigneto conseguenti all'introduzione del trifoglio nel sottofilare della vite, sono stati registrati in tabella 2. Pur trattandosi di una sottostima dei reali apporti di N e C operabili da questo tipo di inerbimento (non sono infatti stati computati gli apporti di N e C derivanti dalla frazione ipogeica del trifoglio e dai suoi essudati radicali) i valori registrati nel quadriennio, pur con una forte variabilità legata all'annata e alla modalità di insediamento del trifoglio (semina o autorisemina) sono risultati apprezzabili anche in rapporto alle asportazioni complessive di N per la vite nell'ambiente di riferimento (stimabili in 40-45 kg/ha data la contenuta produttività dei vigneti).

Considerando che la superficie occupata dal trifoglio nel sottofilare rappresentava circa il 20% della superficie totale del vigneto, l'apporto medio di N da parte della biomassa epigea del trifoglio sotterraneo è risultato pari a 15 kg/ha corrispondenti a circa 1/3 del fabbisogno complessivo di azoto del vigneto (le variazioni osservate negli anni possono attribuirsi più alla quantità di biomassa secca prodotta che non alla sua concentrazione di N risultata abbastanza stabile: circa il 2,1%). Si è quindi passati ad apporti medi di 4 kg/ha il 1° anno di impianto a 21 kg/ha nel secondo.

Anche gli apporti di carbonio sono stati condizionati più dalla biomassa prodotta dal trifoglio che dalla sua concentrazione nella biomassa stessa, risultata in media pari a circa il 40%. Di conseguenza, a fronte di un apporto medio annuo di 0,32 t C/ha, i valori registrati sono oscillati tra 0,11 e 0,35 t/ha.

L'apporto complessivo di N e C al "sistema vigneto" è stato calcolato sommando agli apporti operati dalle biomasse del sottofilare quelli delle biomasse prodotte nell'interfilare (favino e infestanti alternati a sodo e infestanti per il sistema parzialmente inerbito e mix + infestanti per quello totalmente inerbito (tabella 5).

N kg/ha)	TA	TI	PI	C t/ha) TA TI	PI
sottofilare	•			sottofilare	
infestanti	0,5	1,8	2,3	infestanti 0,01 0,04	0,06
trifoglio	0,0	15,0	13,2	trifoglio 0,00 0,29	0,25
sub-totale	0,5	16,8	15,5	sub-totale 0,01 0,33	0,31
interfilare				interfilare	
mix + inf.	0,0	21,3	0,0	mix + inf. 0,00 0,50	0,00
fav. + inf.	37,8	0,0	37,8	fav. + inf. 0,52 0,00	0,52
sodo + inf.	1,5	0,0	1,5	sodo + inf. 0,03 0,00	0,03
sub-totale	39,3	21,3	39,3	sub-totale 0,55 0,50	0,55
<u>totale</u>	<u>39,8</u>	38,1	<u>54,8</u>	totale 0,57 0,83	0,86

Tabella 5 – Tenuta Monterosola – Apporti medi poliennali di N e C operati dalle biomasse prodotte nei 3 "sistemi vigneto" - (TA = tecnica aziendale; TI = inerbimento totale; PI = inerbimento parziale)

Se considerati nel loro insieme, i "sistemi" saggiati a Monterosola hanno consentito di apportare al vigneto dai 38 ai 55 kg di N/ha (naturalmente organico e rilasciato sulla superficie del terreno nel caso del sottofilare). Il maggiore contributo all'apporto di azoto è derivato dall'interfilare ed in particolare da quello gestito secondo la tecnica di inerbimento parziale che ha usufruito sia dell'azoto rilasciato sull'interfila dal trifoglio che dall'azoto rilasciato nella metà degli interfilari dove è stato seminato il favino da sovescio.

Scarse differenze si sono notate tra la capacità di apportare azoto del sistema aziendale e quello che prevedeva il totale inerbimento a causa della scarsa presenza di leguminose nel mix e della sua scarsa produttività.

In termini di C apportato al vigneto, i due sistemi "alternativi" all'aziendale si sono dimostrati ugualmente in grado di aumentare di circa il 50% l'apporto di carbonio organico al sistema vigneto.

Terreno - La presenza del trifoglio nel sottofilare per 3 anni consecutivi (2020, 2021 e 2022) sembra aver indotto alcune lievi modificazioni delle caratteristiche del terreno che sono riportate in **tabella** 6. In particolare, sembra essere aumentato il contenuto in N totale del terreno nelle aree interessate dall'inerbimento del sottofilare, tecnica che ha consentito anche il mantenimento del tasso di sostanza organica del terreno sui valori iniziali (a differenza della tecnica aziendale).

	pł	1	CSC (m	eq/100g)	N tot	(‰)	S.O.	(%)	C/	N	P Olser	(ppm)	K scam	nb.(ppm)	Sabbia %	Limo %	Argilla %
	2019	2022	2019	2022	2019	2022	2019	2022	2019	2022	2019	2022	2019	2022			
test aziendale	8,5	8,6	4,4	4,5	0,9	1,0	2,5	2,1	14	11	5,2	5,5	246	253	38	30	32
totalmente inerbito	8,6	8,3	2,9	3,6	1,0	1,3	2,5	2,4	14	10	5,0	5,3	257	261	36	32	32
parzialmente inerbito	8,4	8,4	2,9	3,6	1,0	1,3	2,5	2,5	14	10	4,3	4,3	257	259	35	33	32

Tabella 6 - Tenuta Monterosola principali caratteristiche del terreno rilevate all'inizio delle attività di collaudo (2019) e al termine delle stesse (2022)

Produzioni- Per quanto riguarda la risposta produttiva e qualitativa del vigneto all'introduzione dell'inerbimento nel sottofila, nel periodo 2020-2022 è stata osservata una riduzione media della

produzione di uva del 4,7-4,8% rispetto al testimone aziendale seguendo, rispettivamente, la strategia dell'inerbimento totale (T.I.) e dell'inerbimento parziale (P.I.) (tabella 7).

Considerando in maggiore dettaglio l'effetto dell'inerbimento del sottofilare e dell'intero vigneto nel corso degli anni, nel 2020 si è assistito ad un incremento delle produzioni rispettivamente del 2,2 e 2,7%, di contro nel 2021, l'annata ritenuta anche dai tecnici dell'Azienda la migliore delle tre considerate, l'inerbimento sia parziale che totale ha determinato un calo del 8,8% e 9,1% mentre nel 2022, l'annata più difficile per il vigneto dal punto di vista climatico (alte temperature e scarsissima piovosità), il calo produttivo si è attestato al 1,3 e 1,6%.

I maggiori cali produttivi sono stati quindi osservati nel 2021, annata caratterizzata da più copiose precipitazioni rispetto agli altri due anni e maggiore produttività del trifoglio. Anche se in genere l'inerbimento tende a divenire un fattore limitante la produttività della vite nelle annate più siccitose, i maggiori cali produttivi del 2021 potrebbero imputarsi proprio al maggiore sviluppo vegetativo del trifoglio che tra fine maggio-giugno potrebbe aver ridotto le disponibilità idriche per la vite.

STAZIONE	METEO LA	MADONNIN	NA VOLTERF	Α	prec.mm								
	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre	
2020	38	15	43	46	61	163	6	41	163	134	36	175	922
2021	140	66	8	94	72	14	12	50	18	46	215	240	975
2022	75	43	32	134	87	5	8	101	326	13	156	115	1096

La vendemmia del 2022 ha consentito di valutare anche l'influenza dell'inerbimento parziale e totale del vigneto in relazione all' "età" della copertura vegetale operata dal trifoglio nel sottofilare evidenziando la tendenza degli impianti più "giovani" ad influenzare meno negativamente la produttività del vigneto.

Dal punto di vista qualitativo le uve prodotte in condizioni di inerbimento hanno evidenziato un titolo zuccherino tendenzialmente maggiore rispetto alle uve del testimone aziendale. Ciò si è evidenziato maggiormente nelle vendemmie 2021 e 2022 e negli inerbimenti più "vecchi".

La concentrazione di N nel succo d'uva è risultata maggiore nei filari inerbiti con trifoglio soprattutto se di più vecchio impianto (tabella 7).

vendemmia 2020	resa t/ha	PF medio grappolo g	PS 1 acino g	*Brix	рН	ac. Tot. g/l a.t.	N tot %	
2020 - TA	3,59	108	0,53	24,9	3,48	6,73	0,43	
2020 - TI.1°	3,69	109	0,49	24,6	3,50	7,10	0,46	2,7%
2020 - PI.1°	3,67	105	0,55	25,8	3,49	6,87	0,46	2,2%
media 2020	3,65	107	0,52	25,1	3,49	6,90	0,45	
vendemmia 2021	resa t/ha	PF medio grappolo g	PS 1 acino g	°Brix	pН	ac. Tot. g/l a.t.	N tot %	
2021 - TA	4,85	134	1,25	20,6	3,44	7,50	0,34	
2021 - TI.1°	4,41	123	0,93	22,8	3,43	7,77	0,32	-9,0%
2021 - TI.2°	4,40	124	1,04	22,4	3,64	7,40	0,37	-9,3%
2021 - PI.1°	4,38	121	1,12	22,0	3,38	7,50	0,33	-9,6%
2021 - PI.2°	4,46	123	1,04	22,7	3,64	7,74	0,39	-8,0%
media 2021	4,50	125	1,08	22,1	3,51	7,58	0,35	
vendemmia 2022	resa t/ha	PF medio grappolo g	PS 1 acino g	°Brix	рН	ac. Tot. g/l a.t.	N tot %	
2022- TA	3,40	82	0,38	21,7	3,61	9,83	0,41	
2022 - TI.1°	3,51	83	0,38	20,2	3,31	9,71	0,44	3,4%
2022 - TI.2°	3,28	80	0,29	21,6	3,73	9,05	0,54	-3,5%
2022 - TI.3°	3,24	81	0,29	22,0	3,30	9,05	0,57	-4,6%
2022 - PI.1°	3,48	85	0,43	23,3	3,56	9,73	0,44	2,4%
2022 - PI.2°	3,30	86	0,33	21,7	3,48	11,41	0,49	-2,8%
2022 - PI.3°	3,28	81	0,32	22,4	3,60	10,58	0,56	-3,4%
media 2022	3,36	83	0,35	21,8	3,51	9,91	0,49	
	resa t/ha	PF medio grappolo g	PS 1 acino g	°Brix	рН	ac. Tot. g/l a.t.	N tot %	
2020	3,65	107	0,52	25,1	3,49	6,90	0,45	-5%
2021	4,50	125	1,08	22,1	3,51	7,58	0,35	17%
2022	3,36	83	0,35	21,8	3,51	9,91	0,49	-13%
TA	3,95	108	0,72	22,4	3,51	8,02	0,39	
TI	3,76	100	0,57	22,3	3,48	8,35	0,45	-4,8%
PI	3,76	100	0,63	23,0	3,52	8,97	0,45	-4,7%
1° anno sem.	3,86	104	0,65	23,1	3,44	8,11	0,41	
2° anno ris.	3,86	103	0,68	22,1	3,62	8,90	0,45	
3° anno ris.	3,26	81	0,31	22,2	3,45	9,81	0,56	

Tabella 7 - Tenuta Monterosola – Produzione di uva e sue principali caratteristiche registrate nel triennio (TA = tecnica aziendale; TI = inerbimento totale; PI = inerbimento parziale).

Dettaglio dei risultati ottenuti presso l'Azienda agricola "Podere Spazzavento"

Tra il novembre del 2019 e il luglio del 2023, l'Azienda "Podere Spazzavento" (certificata biologica) ha partecipato alle attività di coordinamento promosse dal capofila e ha svolto sia attività di campo relative al collaudo delle tecniche innovative di controllo della flora infestante così come concordato a livello di coordinamento, sia attività di collegamento con la ditta produttrice del prototipo di seminatrice.

Le attività di campo sono state condotte nel rispetto delle indicazioni fornite dal CRPV e dal CiRAA, ponendo a confronto 3 sistemi diversi di gestione del vigneto. Il primo consisteva nella tecnica aziendale (TA), utilizzata come controllo, consisteva in lavorazioni meccaniche interceppo e inerbimento spontaneo a filari alterni e lavorazioni degli interfilari non inerbiti spontaneamente; il controllo delle infestanti sulla fila veniva effettuato per mezzo di lavorazioni meccaniche, alternando l'utilizzo di utensili a lama interceppo a dischi rincalzatori/scalzatori. La seconda tecnica prevedeva l'inerbimento parziale (PI) del vigneto attraverso la semina del *Trifolium subterraneum* nel sottofila e, come la tecnica precedente, l'inerbimento spontaneo a interfilari alterni e lavorazioni degli interfilari non inerbiti (tecnica già collaudata nel 2018-2019 dall'Azienda). La terza tecnica prevedeva l'inerbimento totale del vigneto (TI) attraverso la semina del trifoglio nel sottofilare e la semina del mix precedentemente descritto in tutti gli interfilari e periodici sfalci (in media 2 per anno).



Figura 25 - Panoramica del vigneto messo a disposizione del Progetto da parte del Podere Spazzavento nel 2019-2020

Le semine sono state eseguite ogni anno manualmente e nel 2020, 2021 e 2022 anche utilizzando il prototipo di seminatrice realizzato nell'ambito del progetto (tabella 1).

Durante il periodo considerato, l'Azienda si è fatta carico anche della realizzazione e messa a punto del prototipo di seminatrice interfacciandosi costantemente con gli esperti dell'Università di Pisa e la ditta produttrice che, per motivi legati alla pandemia, ha potuto consegnare il prototipo solo nell'agosto del 2020. Durante questo mese il titolare dell'Azienda ha provveduto a verificare, insieme ai ricercatori del CiRAA, il funzionamento del prototipo e la sua taratura. Relazione specifica su detta attività è riportata nello spazio riservato alle attività del WP2.

Biomasse - In **tabella 8** sono riassunti i risultati produttivi del trifoglio sotterraneo espressi in t di ss/ha e in t di ss/ha di vigneto considerando occupata dal sottofilare soltanto il 20% della superficie del vigneto. Conseguentemente sono stati calcolati anche gli apporti di N e C della biomassa epigea

per ettaro di vigneto rispettivamente in chilogrammi e tonnellate (valori sottostimati non avendo considerando l'apporto degli apparati radicali e dei relativi essudati).

Per rappresentare il livello di infestazione presente in ogni situazione sperimentale, la presenza di infestanti è stata espressa in t/ha e rapportata all'intera biomassa prodotta nel sottofilare.

anno	20	19-2020	SS t/ha	SS t/ha vigneto	N kg/ha vigneto	C t/ha vigneto	S.S. t/ha	%																
1° anı	no	semina	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	infestanti	infestanti	1															
T.I.	. m	nedia	4,60	0,92	13,83	0,36	1,13	20%																
P.I.	. m	nedia	4,65	0,93	15,06	0,37	1,00	18%																
			4,63	0,93	14,44	0,36	1,07	19%																
anno	20	20-2021	SS t/ha		N kg/ha vigneto	C t/ha vigneto	S.S. t/ha	%	anno 2	020-2021			N kg/ha vigneto	C t/ha vigneto	S.S. t/ha	%								
1° di a	aut	torisemina	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	infestanti	infestanti	1° anno	o semina	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	infestanti	infestanti								
T.I.	. m	nedia	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	T.I.	media	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.								
P.I	l m	nedia	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	P.I	media	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.								
anno	20	21-2022	SS t/ha	SS t/ha vigneto	N kg/ha vigneto	C t/ha vigneto	S.S. t/ha	%	anno 2	021-2022			N kg/ha vigneto	C t/ha vigneto	S.S. t/ha	%	anno 20	021-2022	SS t/ha	SS t/ha vigneto	N kg/ha vigneto	C t/ha vigneto	S.S. t/ha	%
2° di a	aut	torisemina	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	infestanti	infestanti	1° di au	utorisemina	trifoglio	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	infestanti	infestanti	1° anno	semina	trifoglio	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	infestanti	infestanti
T.I.	. m	nedia	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	T.I.	media	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	T.I.	media	1,07	0,21	4,56	0,08	2,65	71%
P.I	j m	nedia	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	P.I	media	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	P.I	media	1,09	0,22	4,41	0,09	2,55	70%
																			1,08	0,22	4,49	0,08	2,60	71%
anno	20	22-2023	SS t/ha	SS t/ha vigneto	N kg/ha vigneto	C t/ha vigneto	S.S. t/ha	%	anno 2	022-2023			N kg/ha vigneto	C t/ha vigneto	S.S. t/ha	%	anno 20	022-2023	SS t/ha	SS t/ha vigneto	N kg/ha vigneto	C t/ha vigneto	S.S. t/ha	%
3° di a	aut	torisemina	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	infestanti	infestanti	2° di au	utorisemina	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	infestanti	infestanti	1° di au	torisemin	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	infestanti	infestanti
T.I.	. m	nedia	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	T.I.	media	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	T.I.	media	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
P.I	l m	nedia	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	P.I	media	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	P.I	media	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
MEDI	IE P	OLIENNAI	LI APP	ORTI di	SS, N, C	DEL 1	RIFOG	LIO SO	TTERRA	NEO NELL	A FAS	CIA SO	TTOFIL	Α										
TI	ı		4,60		13,8	0,36		20%											1,07	0,21	4,6	0,08		71%
PI	ı		4,65		15,1	0,37		18%											1,09	0,22	4,4	0,09		70%
			4,63		14,4	0,36		19%											1,08		4,5	0,08		71%

Tabella 8 – Tenuta Spazzavento - Biomassa del trifoglio sotterraneo (ottenute nell'anno di semina e in quelli successivi per autosemina) e delle infestanti nel sottofila del vigneto sperimentale di Sangiovese

(TA = tecnica aziendale; TI = inerbimento totale; PI = inerbimento parziale)

Come precedentemente specificato, sebbene l'Azienda abbia ogni anno effettuato ripetutamente le semine manuali, solo le semine del 2019 e, parzialmente quelle del 2021, hanno consentito di valutare la potenzialità produttiva del trifoglio seminato nel sottofila e del mix seminato nell'interfila. Infatti, dopo le semine del 2020 e in parte del 2021, forti attacchi di formiche hanno compromesso la germinazione del seme di trifoglio e delle altre essenze componenti il mix. Ciò si è verificato anche procrastinando sensibilmente l'epoca di semina in inverno.

La semina del 2019 è stata comunque indicativa del potenziale produttivo del trifoglio e della sua capacità di competere con le piante infestanti; nel maggio del 2020 è stata infatti misurata una biomassa media del trifoglio di 4,63 t di ss/ha (4,60 e 4,65 rispettivamente nel T.I. e P.I.), valori di assoluto rilievo anche in considerazione del fatto che il primo anno di impianto del trifoglio è in genere meno produttivo dei successivi. Il lusinghiero risultato produttivo (mai raggiunto presso la Tenuta Monterosola anche nelle "annate" migliori) potrebbe essere messo in relazione alla maggiore fertilità fisica e chimica del terreno del Podere Spazzavento (meno ricco di argilla e più dotato di sostanza organica rispetto al terreno di Monterosola).

Il controllo delle infestanti operato dalla consistente biomassa del trifoglio è stato apprezzabile già al primo anno di impianto (solo il 19% della biomassa complessivamente prodotto nel sottofilare era rappresentata da specie infestanti).

Anche gli apporti di N e C sono risultati apprezzabili (circa 14,5 Kg/ha di N e 0,36 t/ha di C). Purtroppo, quest'ottimo impianto non ha potuto autoriseminarsi come avrebbe potuto a causa della alterazione degli strati superficiali del terreno causata da animali selvatici alla ricerca di cibo nel sottofilare; da qui la mancanza di osservazioni successive circa l'effetto dell'autorisemina sul sistema vigneto.

La semina del 2021, praticata in altro appezzamento, ha condotto a una parziale emergenza del trifoglio che si è tradotta in una scarsa produzione media di biomassa (1,08 t di ss/ha; 1,07 e 1,09 rispettivamente nel T.I. e P.I.) perfino inferiori a quelli ottenuti a Monterosola nel primo anno di impianto con semine di fine gennaio (1,46 t di ss/ha). La scarsa biomassa prodotta dal trifoglio non ha consentito, come a Monterosola, di contenere efficacemente la flora infestante del sottofila che si è attestata a 70-71% della biomassa complessivamente presente nel sottofilare nel maggio del 2022.

Controllo delle infestanti – Oltre al rilievo della biomassa delle infestanti effettuato nel maggio del 2020, durante la stagione vegetativa 2019/2020, presso il Podere Spazzavento sono stati eseguiti vari sopralluoghi per valutare lo sviluppo della flora infestante nei sistemi saggiati durante l'inverno, la primavera e l'estate quantificando la popolazione delle infestanti in termini di copertura del terreno. Le prime valutazioni sono state eseguite dal titolare dell'azienda per verificare il tasso di crescita e di copertura del terreno da parte del trifoglio e del miscuglio seminato nell'interfilare nella tesi completamente inerbita durante il periodo primaverile. Il rilievo successivo è stato effettuato il 13 maggio 2020, in pieno sviluppo vegetativo del trifoglio, con lo scopo di valutarne le capacità competitive e la biomassa epigea prodotta. Gli altri rilievi sono stati effettuati i giorni 8 luglio, 6 agosto e 27 agosto 2020 per valutare se la biomassa secca del trifoglio fosse capace nel limitare lo sviluppo delle infestanti estive.

In **figura 26** è rappresentato graficamente l'andamento della copertura del terreno offerta dalla biomassa del trifoglio in relazione a quella delle infestanti presenti nel sottofilare.

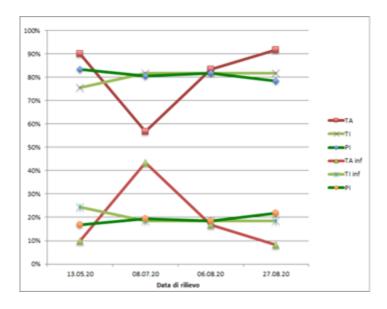


Figura 26 – Podere Spazzavento. In <u>alto</u>: percentuale di terreno coperto dal trifoglio sotterraneo nel sottofilare dei sistemi inerbiti e percentuale di terreno nudo nel testimone aziendale. In <u>basso</u>: andamento della presenza percentuale delle infestanti nei tre sistemi (TA = tecnica aziendale; TI = inerbimento totale; PI = inerbimento parziale)

Da questa è possibile notare che il *Trifolium subterraneum*, dal primo rilievo effettuato in primavera fino al periodo estivo pre-raccolta è riuscito a mantenere un grado di copertura costante sul filare delle viti, manifestando un rapporto di dominanza stabile sulle specie infestanti che in media si sono attestate sul 20% di coperture del sottofilare. Il testimone aziendale, che prevedeva la lavorazione del sottofilare in primavera e a fine estate, tende a perdere progressivamente la sua capacità di controllo delle infestanti col passare del tempo dopo la lavorazione primaverile raggiungendo in luglio, nel momento di massimo stress idrico, una copertura del terreno da parte delle infestanti superiore al 40%. In agosto, nel sistema aziendale la presenza di infestanti ha nuovamente raggiunto un valore simile a quello delle due tecniche di inerbimento fino a raggiungere, a fine agosto, la percentuale minima dell'8% di presenza di specie infestanti grazie alla lavorazione estiva eseguita il 20 agosto 2020.

Come evidenziato nel caso della Tenuta Monterosola, anche presso il Podere Spazzavento è stato possibile evidenziare la relazione inversa tra la biomassa prodotta dal trifoglio sotterraneo nel sottofilare e quella prodotta dalle infestanti nella stessa area (figura 27). E' interessante notare che detta relazione si è manifestata sia in annate caratterizzate da elevata produttività del trifoglio (2019-20) che da bassissima produttività (2021-2022).

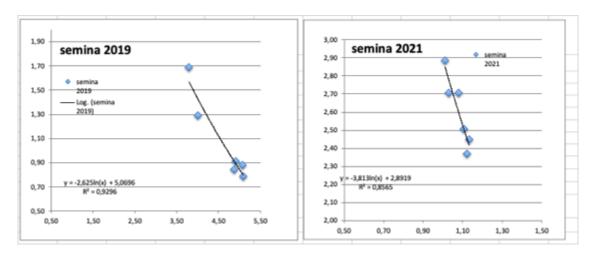


Figura 27 – Podere Spazzavento – Relazione tra le biomasse prodotte dal trifoglio sotterraneo (nell'anno di semina) e delle infestanti nel sottofila del vigneto sperimentale di Sangiovese (In ordinate la biomassa delle infestanti e in ascissa quella del trifoglio espresse entrambe in t di ss/ha)



Figura 28-29-30 – Podere Spazzavento – 24.04.2020 – Da sinistra a destra: TA = tecnica aziendale; TI = PI = inerbimento parziale, inerbimento totale



Figura 31 - Podere Spazzavento - 06.08.2020 - Capacità di contenimento delle infestanti macroterme da parte della biomassa secca del trifoglio sotterraneo

Esperienza del 2018-19 - Sempre riguardo alla capacità competitiva del trifoglio sotterraneo nei confronti della flora infestante, come accennato in precedenza, il Podere Spazzavento aveva già effettuato un test preliminare di inerbimento con trifoglio sotterraneo del sottofilare nell'annata agraria 2017/2018, che è poi stato oggetto di monitoraggio nell'annata successiva 2018-19 (1ª di autorisemina del trifoglio). Nell'inverno successivo all'autorisemina sono stati effettuati tre rilievi per valutare lo sviluppo del *Trifolium subterraneum* della flora infestante nei filari inerbiti e in quelli non inerbiti. Il primo rilievo è stato effettuato il 6 novembre 2018 al fine di valutare la capacità di competizione del *Trifolium subterraneum* appena autoriseminatosi nei confronti delle infestanti. La tesi inerbita presentava un'ottima densità di plantule di *Trifolium subterraneum*, nell'ordine di 200 piante al metro quadrato, con una disposizione spaziale sufficientemente omogenea. La presenza massiccia del *Trifolium subterraneum* ha portato ad una considerevole riduzione della flora infestante nel sottofila dei filari inerbiti. Come è possibile constatare dalla **tabella 9**, la riduzione della presenza delle infestanti è stata dell'ordine dell'84% rispetto al test non inerbito.

06.11.2018	infest.	trif.sott.
	n°.m ⁻²	n°.m ⁻²
non inerbito	378 a	=
inerbito	61 b	200

Tabella 9 – Podere Spazzavento. Presenza di trifoglio e infestanti nel sottofilare al 6.11.2018.



Figura 32 – Podere Spazzavento – 06.11.2018 – Capacità di contenimento delle infestanti microterme da parte delle giovani plantule di trifoglio sotterraneo (TA a sinistra; PI a destra)

Tra il numero di piante di trifoglio e il numero di piante infestanti è stata verificata una relazione inversa che emerge anche dalla correlazione riportata nel grafico della **figura 33.**

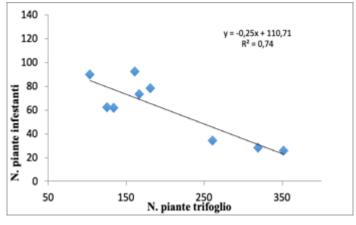


Figura 33 - Podere Spazzavento 06.11.2018 - Correlazione tra il numero di piante di trifoglio e il numero di piante infestanti nel sottofila

Il secondo rilievo è stato effettuato l'11 marzo 2019, ovvero alla fine del periodo invernale, per verificare la capacità competitiva del *Trifolium subterraneum* nel tempo. Il sopralluogo è stato effettuato anche per constatare se le basse temperature invernali avessero danneggiato lo sviluppo del trifoglio e cogliere il momento dell'emergenza di eventuali infestanti macroterme.

11.03.2019	infest.	ter.nudo	trif.sott.
	%	%	%
non inerbito	26 a	74 a	=
inerbito	17 b	15 b	68

Tabella 10 – Podere Spazzavento. Presenza di trifoglio e infestanti nel sottofilare al 11.03.2019

I dati riportati in **tabella 10** mostrano come nella tesi inerbita la percentuale di terreno nudo sia risultata nettamente inferiore rispetto al controllo. Ciò ha determinato una riduzione del 36% della copertura da infestanti nella tesi inerbita rispetto al controllo e un minore impatto degli agenti atmosferici sulla struttura del terreno durante l'inverno.



Figura 34 – Podere Spazzavento - 11.03.2019 – Capacità di contenimento delle infestanti macroterme da parte delle giovani plantule di trifoglio sotterraneo (TA a sinistra; PI a destra).

Anche per questo rilievo, come riportato in **figura 35**, è stata verifica una stretta correlazione inversa tra la percentuale di terreno coperto dal *Trifolium subterraneum* e la percentuale di terreno coperto dalle infestanti.

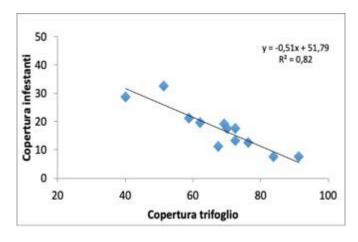


Figura 35 – Podere Spazzavento 11.03.2019 - Correlazione tra il numero di piante di trifoglio e il numero di piante infestanti nel sottofila

Il terzo campionamento è stato effettuato il 3 giugno 2019 quando ormai la biomassa del trifoglio nel sottofilare era completamente secca. La varietà Seaton Park, utilizzata per l'inerbimento, è infatti tra le più precoci in commercio e perciò è una delle prime a concludere il ciclo biologico. Nonostante la sua precocità, questa varietà di trifoglio è riuscita a formare una significativa biomassa secca ("dead mulch") che ha protratto nel tempo l'effetto di controllo delle infestanti (tabella 11).

03.06.2019	p. infest.	ter.nudo	p. trif.sott.	
	%	%	%	
non inerbito	38 a	62 a	=	
inerbito	20 b	10 b	70	

Tabella 11 – Podere Spazzavento. Presenza di trifoglio e infestanti nel sottofilare al 03.06.2019

Anche in quest'ultimo rilievo, il *Trifolium subterraneum* ha confermato la sua capacità di controllo delle infestanti, attraverso il "dead mulch" che si è formato dalla massa epigea secca. Dai dati riportati in **tabella 11** è possibile notare come nel sottofilare inerbito le infestanti siano state contenute e la loro "dominanza" sia risultata inferiore del 46% rispetto al filare non inerbito. Anche in questo caso è stata osservata una correlazione inversa tra il suolo coperto da trifoglio e il suolo coperto dalle infestanti (**figura 36**).

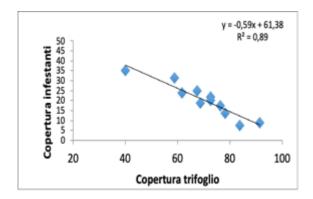


Figura 36 - Podere Spazzavento 03.06.2019 - Correlazione tra il numero di piante di trifoglio e il numero di piante infestanti nel sottofila.

Agli inizi di giugno, nel sistema non inerbito, nonostante le lavorazioni meccaniche del sottofilare, le infestanti hanno ripreso a svilupparsi; sono stati necessari altri 2 interventi meccanici per limitare lo sviluppo della flora infestante durante tutta la stagione estiva (figura 37).



Figura 37 – Podere Spazzavento - 03.06.2019 – Ripresa vegetativa delle infestanti nel sottofilare lavorato (TA).

Apporti di N e C - I risultati relativi agli apporti di N e C al vigneto conseguenti all'introduzione del trifoglio nel sottofilare della vite, sono stati registrati e commentati in **tabella 8**. L'apporto complessivo di N e C al "sistema vigneto" è stato calcolato sommando agli apporti operati dalle biomasse del sottofilare a quelli delle biomasse prodotte nell'interfilare (infestanti presenti nel 50% degli interfilari sodi e nel 50% lavorati per il sistema parzialmente inerbito; mix + infestanti presenti nel 100% degli interfila per il sistema totalmente inerbito) a partire dalla sostanza secca complessivamente prodotta (**tabella 12**) moltiplicata per la concentrazione media di N e C (**tabella 13**).

	TA	TI	PI			
sottofilar						
infestanti	0,04	0,04	0,05			
trifoglio	0,00	0,57	0,57			
sub-totale	0,04	0,61	0,62			
interfilare						
mix + inf.	0,00	2,62	0,00			
inf. lav.	0,08	0,00	0,08			
inf. sodo	0,91	0,00	0,91			
sub-totale	0,99	2,62	0,99			
<u>totale</u>	1,03	3,23	1,61			

Tabella 12 - Podere Spazzavento --- (TA = tecnica aziendale; TI = inerbimento totale; PI = inerbimento parziale.)

N (kg/ha)	TA	TI	PI	C (t/ha)	TA	TI	PI
sottofilar	e			sottofilare			
infestanti	0,6	0,7	0,7	infestanti	0,02	0,02	0,02
trifoglio	0,0	11,9	12,1	trifoglio	0,00	0,23	0,23
sub-totale	0,6	12,6	12,8	sub-totale	0,02	0,24	0,25
interfilare				interfilare			
mix + inf.	0,0	41,7	0,0	mix + inf.	0,00	0,99	0,00
inf. lav.	2,6	0,0	2,6	inf. lav.	0,03	0,00	0,03
inf. sodo	14,4	0,0	14,4	inf. sodo	0,34	0,00	0,34
sub-totale	17,0	41,7	17,0	sub-totale	0,37	0,99	0,37
<u>totale</u>	<u>17,6</u>	<u>54,3</u>	29,8	<u>totale</u>	0,39	1,23	0,62

Tabella 13 – Podere Spazzavento – Apporti medi poliennali di N e C operati dalle biomasse prodotte nei 3 "sistemi vigneto" - (TA = tecnica aziendale; TI = inerbimento totale; PI = inerbimento parziale.)

Pur trattandosi di una sottostima dei reali apporti di N e C operabili dal tipo di inerbimento saggiato (non sono stati computati gli apporti di N e C derivanti dalla frazione ipogeica del trifoglio e dei suoi essudati radicali) i valori medi registrati nell'unico biennio che ha determinato una produzione di trifoglio apprezzabile (2020 e 2022), pur con una forte variabilità legata all'annata (elevata produzione nel 2020 e scarsissima nel 2022) sono risultati apprezzabili anche in rapporto alle asportazioni complessive di N stimabili per il vigneto nell'ambiente di riferimento (60-70 kg/ha). Considerando che la superficie occupata dal trifoglio nel sottofilare rappresentava circa il 20% della

superficie totale del vigneto, l'apporto medio di N da parte della biomassa epigea dei sistemi "alternativi" è stata considerevolmente superiore a quella calcolata per il sistema aziendale: circa 18 kg/ha per TA contro i circa 30 kg/ha del sistema PI e oltre 54 kg/ha del sistema TI (pari a circa 80% del fabbisogno in N del vigneto) (tabella 13).

Anche gli apporti di carbonio sono stati condizionati dalla scarsa biomassa prodotta dal trifoglio nel biennio considerato: 0,39, 0,62 e 1,23 t/ha rispettivamente per i sistemi TA, PI e TI (tabella 13). Nel caso del sistema TI, il risultato ottenuto, anche se condizionato negativamente dai dati del 2022, può essere considerato apprezzabile nell'ambito della strategia generale di sequestro del carbonio finalizzata alla mitigazione dei cambiamenti climatici.

Terreno – A differenza di quanto osservato presso La Tenuta Monterosola, a causa della scarsa persistenza nel tempo della coltura del trifoglio sotterraneo nel sottofila del vigneto del Podere Spazzavento (è stato seminato e si è sviluppato per un solo anno nel 2019-2020 e nel 2021-2022) non è stato possibile osservare nel tempo variazioni significative delle principali caratteristiche chimiche del terreno attribuibili a questo tipo di inerbimento. In **tabella 14** sono riportati i risultati delle analisi condotte nel 2019 e nel 2022 su terreni diversi (quelli che hanno ospitato la sperimentazione del 2019-2020 e nel 2021-22).

	pH CSC (r		CSC (meq/100g)		N tot. (%)		S.O.	. (%)	C/	'N	P Olsen	(ppm)	K scamb.(ppm)		Sabbia %	Limo %	Argilla %
	2019	2022	2019	2022	2019	2022	2019	2022	2019	2022	2019	2022	2019	2022			
test aziendale	8,0	8,2	10,5	10,1	1,55	1,44	2,87	2,83	9,9	10,5	1,4	1,3	156	151	51	32	17
totalmente inerbito	8,0	8,1	11,0	11,9	1,75	1,68	3,03	2,98	9,2	9,5	1,3	1,1	165	165	45	34	21
parzialmente inerbito	7,9	8,0	11,0	12,4	1,53	1,47	2,80	2,77	9,7	10,0	1,6	1,5	149	149	55	26	20

Tabella 14 – Podere Spazzavento - Principali caratteristiche del terreno rilevate all'inizio delle attività di collaudo (2019) e al termine delle stesse (2022)

Produzioni - Come precedentemente ricordato, a causa di fenomeni di predazione del seme e conseguente impossibilità del trifoglio ad autoriseminarsi, presso il Podere Spazzavento è stato possibile verificare l'effetto dei diversi tipi di inerbimento sulla produttività del vigneto e sulle principali qualità delle uve solo al termine del 1° anno di inerbimento ma non in quelli successivi. In **tabella 15** si riportano quindi soltanto i dati relativi alle vendemmie del 2020 e del 2022, gli unici anni nei quali il trifoglio si è insediato in modo soddisfacente.

A differenza di quanto osservato nel volterrano, sui terreni più fertili del Podere Spazzavento i vigneti diversamente gestiti in termini di inerbimento e lavorazione del terreno non hanno fornito rese in uva significativamente diverse rispetto al testimone aziendale al termine del 1° anno di inerbimento (mediamente: +0,5% per il sistema totalmente inerbito e +2,5% per quello parzialmente inerbito).

In particolare, nel 2020 i due sistemi "alternativi" hanno fatto registrare un leggero incremento produttivo variabile tra 2,2 e 5,9% mentre nel 2022 un lievissimo calo produttivo dell'ordine del 1,3-1,5% (tabella 15).

La sostanziale assenza di differenze produttive tra i sistemi di inerbimento saggiati al Podere Spazzavento nell'ambito del Progetto trova conferma nei risultati produttivi ottenuti già nel 2019 in occasione del test preliminare condotto dalla stessa Azienda su un giovane impianto di Sauvignon Blanc, con un sesto d'impianto di 2 x 0,75 m. In quella occasione la tecnica aziendale che non prevedeva alcun tipo di inerbimento se non quello spontaneo in inverno, è stata confrontata con l'inerbimento del sottofilare con trifoglio sotterraneo. A raccolta la tecnica aziendale fece registrare una resa in uva di 4,40 t/ha a fronte delle 4,30 t/ha del sistema con inerbimento del sottofilare (-2,3%).

vendemmia 2020	resa t/ha	PF medio grappolo g	*Brix	pН	ac. Tot. g/l a.t.	N tot %	
2020 - TA	5,99	218	26,4	3,52	5,94	0,37	
2020 - TI.1°	6,12	234	24,7	3,59	5,87	0,50	2,2%
2020 - PI.1°	6,35	236	23,0	3,54	5,62	0,47	5,9%
media 2020	6,15	229	24,7	3,55	5,81	0,45	
vendemmia 2022	resa t/ha	PF medio grappolo g	*Brix	pН	ac. Tot. g/l a.t.	N tot %	
2022 - TA	5,30	234	23,3	3,50	11,47	0,48	
2022 - TI.1°	5,23	241	24,1	3,63	9,89	0,33	-1,3%
2022 - PI.1°	5,22	215	24,1	3,56	9,73	0,38	-1,5%
media 2022	5,25	230	23,8	3,56	10,37	0,40	
2020	6,15	229	24,7	3,55	5,81	0,45	
2021	=	=	=	=	=	=	
2022	5,25	230	23,8	3,56	10,37	0,40	
TA	5,64	226	24,9	3,51	8,71	0,43	
TI	5,67	238	24,4	3,61	7,88	0,41	0,5%
PI	5,78	226	23,6	3,55	7,67	0,43	2,5%

Tabella 15 – Podere Spazzavento – Produzione di uva e principali sue caratteristiche registrate nel triennio (TA = tecnica aziendale; TI = inerbimento totale; PI = inerbimento parziale.)

Sotto l'aspetto qualitativo le uve raccolte nel 2020 e nel 2022 dagli appezzamenti diversamente gestiti si sono scarsamente differenziate tra loro evidenziando la tendenza ad una minore acidità totale in entrambe le annate considerate (tabella 17). Detta tendenza, osservata anche nel test preliminare del 2018-2019 (1° anno di autorisemina; semina manuale nel 2017) (figura 38), potrebbe essere attribuibile al leggero anticipo della maturazione delle uve nel sistema/i con inerbimento.

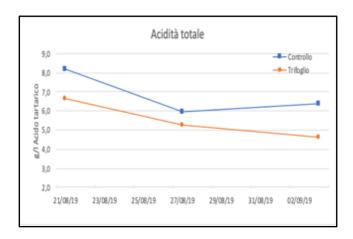


Figura 38 – Podere Spazzavento – Annata 2018-19 - test preliminare. Andamento dell'acidità totale espressa in ac. tartarico nelle uve prodotte da appezzamenti non inerbiti e inerbiti nel sottofilare con trifoglio sotterraneo.

L'analisi delle curve di maturazione condotta nell'estate del 2020 (figura 39) e nell'estate del 2019 (test preliminare) (figura 10) evidenziano infatti la maggiore tardività di maturazione delle uve ottenute da terreni non inerbiti.

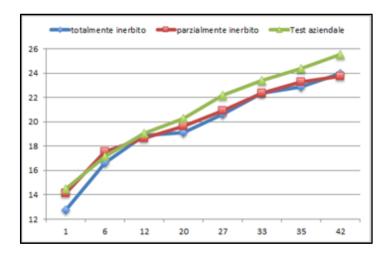


Figura 39 – Podere Spazzavento - Annata 2019-20 - Andamento del titolo zuccherino nelle uve prodotte da TA, TI e PI (TA = tecnica aziendale; TI = inerbimento totale; PI = inerbimento parziale). Nelle ascisse sono riportati i giorni in ordine crescente dal primo rilievo effettuato il 30 luglio 2020 fino alla data di raccolta del 15 settembre 2020; nelle ordinate sono riportati i valori del contenuto zuccherino espresso in gradi Brix del succo degli acini rilevati con rifrattometro in campo.

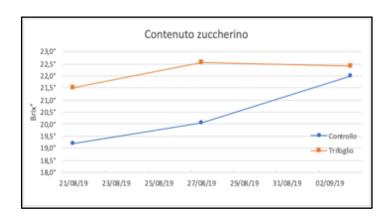


Figura 40 - Podere Spazzavento - Annata 2018-19 - test preliminare. Andamento del titolo zuccherino nelle uve prodotte da appezzamenti non inerbiti e inerbiti nel sottofilare con trifoglio sotterraneo.

Dettaglio dei risultati ottenuti presso l'Azienda agricola "La vite"

Dal settembre del 2019 al luglio del 2023, l'Azienda agricola "La vite" (convenzionale) ha partecipato attivamente a tutte le iniziative del Progetto e agli incontri di coordinamento promossi dal capofila svolgendo le attività di campo relative al collaudo delle tecniche innovative di controllo della flora infestante così come concordato a livello di coordinamento. Due sono state le attività di collaudo svolte dall'Azienda "La vite": la prima relativa alla valutazione, a livello aziendale, delle performance agronomiche ed economiche dell'inerbimento artificiale del sotto-filare rispetto alla tecnica aziendale di riferimento, la seconda, relativa alla valutazione della efficacia di un nuovo formulato erbicida a base di acido pelargonico. Le attività di campo sono state condotte nel rispetto delle indicazioni fornite da CRPV e CiRAA, facendo ricorso sia alla semina manuale che a quella meccanica effettuata col prototipo messo a punto nell'ambito del Progetto. In particolare, le attività di collaudo riguardanti l'inerbimento artificiale come strumento di controllo delle infestanti è stata condotta in località Cenaia dal 2019 al 2021, su un vigneto "catalogo" impiantato da anni su un terreno pianeggiante di tessitura media-sabbiosa, fresco, con pH 6,6 e quindi particolarmente adatto alla coltivazione del trifoglio sotterraneo. Sistemi a confronto: tecnica aziendale (TA): negli interfilari lavorazione del terreno alternata spazialmente a non-lavorazione con inerbimento naturale; nel sottofilare un trattamento con glifosate in inverno (e in primavera se necessario) seguito da lavorazione primaverile; inerbimento parziale (PI): gestione dell'intefilare come sopra e inerbimento del sottofilare con trifoglio sotterraneo; inerbimento totale (TI) permanente di tutti gli interfilari con semina di apposito mix di specie perennanti e del sottofilare con trifoglio sotterraneo.

A Cenaia la semina del trifoglio e del mix è stata effettuata per la prima volta il 20 ottobre 2019 e a questa ha fatto seguito l'autorisemina nell'autunno del 2020 ma non nel 2021 a causa di un problema gestionale che ha impedito al trifoglio di autoseminarsi a fine estate del 2021. Nel gennaio 2020 è stata effettuata la semina con il prototipo di seminatrice meccanica e quindi non è stata effettuata alcuna semina manuale. Purtroppo, la semina meccanica non ha dato i risultati sperati e quindi le attività di collaudo in località Cenaia si sono interrotte nella primavera del 2021 ma sono proseguite in località Terricciola con le semine manuali del 28 gennaio 2022 (nell'autunno 2021 il prototipo non era disponibile a causa dell'incidente occorso a Tebano – Cesena). A Terricciola sono stati confrontati il sistema aziendale con l'inerbimento totale e l'impianto ha fornito dati fino alla fine del progetto (luglio 2023). L'altra attività, quella riguardante l'efficacia di un nuovo prodotto erbicida a base di acido pelargonico è stata condotta in località Cenaia dall'aprile al luglio del 2023. Durante il periodo considerato, l'Azienda si è fatta carico del monitoraggio fotografico delle aree oggetto di collaudo (aziendale, inerbimento parziale limitato al sottofila, inerbimento totale).



Figura 41 - Panoramica degli appezzamenti messi a disposizione del Progetto da parte dell'Azienda "La vite" (a sinistra in località Cenaia e a destra in località Terricciola)

Biomasse - Come precedentemente ricordato, l'attività di collaudo è stata condotta inizialmente presso la sede di Cenaia e iniziata con le semine del 2019. La perizia tecnica con la quale sono state effettuate le semine manuali e le buone caratteristiche del terreno hanno consentito di ottenere un ottimo impianto del trifoglio nel sottofilare e un meno omogeneo impianto del mix nell'interfilare. Il 14 marzo 2020 il trifoglio risultava già ben sviluppato a differenza del mix; dalla Figura 42 appaiono evidenti le differenze di gestione delle biomasse erbacee sviluppatesi nel vigneto: in ciascuna immagine, sulla sinistra la tecnica del totale inerbimento (TI) evidenzia l'ottimo sviluppo del trifoglio nel sottofila e il lento sviluppo del mix nell'interfilare; sulla destra, in primo piano, la biomassa infestante appena trinciata, cresciuta in inverno su terreno non lavorato (TA e PI).



Figura 42 - Azienda "La vite" Cenaia – Sviluppo dei diversi tipi di inerbimento al 14 marzo 2020



Figura 43 - Azienda "La vite" Cenaia –22 maggio 2020. Tecnica aziendale (TA); lavorazione del sottofilare e inerbimento naturale dell'interfilare alternato a lavorazione. A destra il particolare degli esiti del trattamento con glifosate nel sottofilare (TA)

In **tabella 16** sono riportate le produzioni di biomassa del trifoglio sotterraneo nel sottofilare e delle infestanti presenti nella stessa area ottenute nel corso degli anni dalle attività di collaudo svolte presso l'azienda "La vite" sia a Cenaia che a Terricciola.

A Cenaia la biomassa prodotta nel 2019-20 (primo anno con semina manuale) è stata la più elevata tra quelle monitorate nelle diverse aziende partner anche se molto vicina a quella registrata presso il podere Spazzavento a testimonianza della buona risposta produttiva del trifoglio sui terreni più leggeri e con pH tendenzialmente sub-acido. Interessantissima è stata la risposta produttiva ottenuta nell'annata successiva (2020-21) primo anno di autorisemina del trifoglio. Come già fatto osservare, il primo anno di autorisemina risulta in genere più produttivo dell'anno di impianto e anche presso l'azienda "La vite", anche a fronte di un elevato livello produttivo del primo anno (5,28 t di s.s./ha) al secondo la biomassa prodotta spontaneamente dal trifoglio sotterraneo è risultata veramente considerevole raggiungendo le 7,68 t di s.s./ha con un incremento del 45% (vale la pena ricordare che detto incremento è stato di circa il 200% a Monterosola ma partendo da una produttività del 1° anno decisamente più contenuta).

La notevole biomassa prodotta dal trifoglio nel sottofilare sia al 1° che al 2° anno ha determinato anche significativi apporti di N e C al terreno: da 20 ai 29 kg di per ettaro (corrispondenti a circa il 20-30% dell'intero fabbisogno del vigneto n quell'area) e 0,4-0,6 t/ha di C.

Sfortunatamente un impianto così ben riuscito è stato compromesso nella primavera del 2022 quando per un disguido interno all'azienda i sottofilari inerbiti con trifoglio sono stati erroneamente lavorati. L'azienda aveva però già effettuato una nuova semina manuale in un'altra località (Terricciola) caratterizzata da un terreno leggermente meno leggero ma dotato comunque di buona fertilità. In questa località, date le ridotte dimensioni del vigneto, si è ritenuto opportuno confrontare soltanto due tecniche: quella aziendale (TA) e quella che prevede l'inerbimento totale del vigneto con trifoglio nel sottofilare e mix nell'interfilare. Data la scarsa disponibilità di seme del miscuglio prescelto, nell'interfilare è stata apportata una dose addizionale di trifoglio sotterraneo.

anno 2019	-2020	SS t/ha	SS t/ha vigneto	N kg/ha vigneto	C t/ha vigneto	S.S. t/ha	%														
1° anno sei	mina	trifoglio	trifoglio	trifoglio	trifoglio	infestanti	infestanti	1													
T.I.		5,12	1,02	19,3	0,39	0,95	16%	1													
P.I.		5,44	1,09	20,7	0,42	0,73	12%														
		5,28	1,06	20,0	0,41	0,84	14%	1													
anno 2020	-2021	SS t/ha	SS t/ha vigneto	N kg/ha vigneto	C t/ha vigneto	S.S. t/ha		anno 2020-2021	SS t/ha	SS t/ha vigneto	N kg/ha vigneto		S.S. t/ha	%							
1° anno au	torisemin	trifoglio	trifoglio	trifoglio	trifoglio	infestanti	infestanti	1° anno semina	trifoglio	trifoglio	trifoglio	trifoglio	infestanti	infestanti							
T.I.		7,68	1,54	29,2	0,59	0,41	5%	T.I.	=	=	=	=	=	=							
P.I.		7,68	1,54	28,8	0,59	0,31	4%	P.I.	=	=	=	=	=	=							
		7,68	1,54	29,0	0,59	0,36	4%		=	=	=	=	=	=							
anno 2021	-2022	SS t/ha	SS t/ha vigneto	N kg/ha vigneto	C t/ha vigneto	S.S. t/ha	%	anno 2021-2022	SS t/ha	SS t/ha vigneto	N kg/ha vigneto	. ,	S.S. t/ha	%	anno 2021-2022	SS t/ha	SS t/ha vigneto	N kg/ha vigneto	C t/ha vigneto	S.S. t/ha	%
2° anno au	torisemin	trifoglio	trifoglio	trifoglio	trifoglio	infestanti	infestanti	1° di autorisemina	trifoglio	trifoglio	trifoglio	trifoglio	infestanti	infestanti	1° anno semina	trifoglio	trifoglio	trifoglio	trifoglio	infestanti	infestanti
T.I.		=	=	=	=	=	=	T.I.	=	=	=	=	=	=	T.I.	1,38	0,26	6,9	0,11	0,77	36%
P.I.		=	=	=	=	=	=	P.I.	=	=	=	=	=	=							
		=	=	=	=	=	=		=	=	=	=	=	=		1,38	0,26	6,9	0,11	0,77	36%
anno 2022	-2023	SS t/ha	SS t/ha vigneto	N kg/ha vigneto	C t/ha vigneto	S.S. t/ha	%	anno 2022-2023	SS t/ha	SS t/ha vigneto	N kg/ha vigneto	C t/ha vigneto	S.S. t/ha	%	anno 2022-2023	SS t/ha	SS t/ha vigneto	N kg/ha vigneto	C t/ha vigneto	S.S. t/ha	%
3° anno au	torisemin	trifoglio	trifoglio	trifoglio	trifoglio	infestanti	infestanti	2° anno autorisemi	trifoglio	trifoglio	trifoglio	trifoglio	infestanti	infestanti	1° di autorisemina	trifoglio	trifoglio	trifoglio	trifoglio	infestanti	infestanti
T.I.		=	=	=	=	=	=	T.I.	=	=	=	=	=	=	T.I.	4,93	1,03	21,8	0,40	0,83	15%
P.I.		=	=	=	=	=	=	P.I.	=	=	=	=	=	=							
		=	=	=	=	=	=		=	=	=	=	=	=		4,93	1,03	21,8	0,40	0,83	15%
TI		6,40	1,28	24,2	0,49	0,68	10%	T.I.	=	=	=	=	=	=	T.I.	3,16	0,65	14,3	0,25	0,80	25%
PI		6,56	1,31	24,7	0,51	0,52	8%	P.I.	=	=	=	=	=	=							
		6,48	1,30	24,5	0,50	0,60	9%		=	=	=	=	=	=		3,16	0,65	14,3	0,25	0,80	25%

Tabella 16 – Azienda "La vite" - Biomassa del trifoglio sotterraneo (ottenute nell'anno di semina e in quelli successivi per autosemina) e delle infestanti nel sottofila del vigneto sperimentale di Cenaia e Terricciola.

A Terricciola il primo anno di impianto (2021-22) è stato condizionato da una semina tardiva (28.01.2022) che ha determinato la scarsa emergenza del trifoglio con conseguente disformità di copertura e scarsa produzione di biomassa (1,38 t di s.s./ha) (figura 44).



Figura 44 - Azienda "La vite" - Terricciola - Scarsa copertura del trifoglio seminato il 28.01.2022

L'anno successivo (2022-23, secondo anno di impianto, primo di autorisemina) il trifoglio ha manifestato ancora una volta la tendenza ad aumentare la produzione di biomassa in condizioni di autorisemina raggiungendo i 4,93 t di s.s./ha nel sottofilare (incremento di circa il 250% rispetto all'anno di impianto). La minore biomassa prodotta a Terricciola rispetto all'impianto di Cenaia ha determinato anche un minore apporto di N e C attraverso i residui colturali epigei del trifoglio: da 7 a 22 kg di N/ha e da 0,10 a 0,40 t di C/ha.

Controllo infestanti – L'entità della biomassa del trifoglio presente nel sottofilare, spesso correlata anche alla sua densità, ha influenzato negativamente la presenza di piante infestanti nel sottofila come evidenziano chiaramente i grafici riportati in **figura 45**.

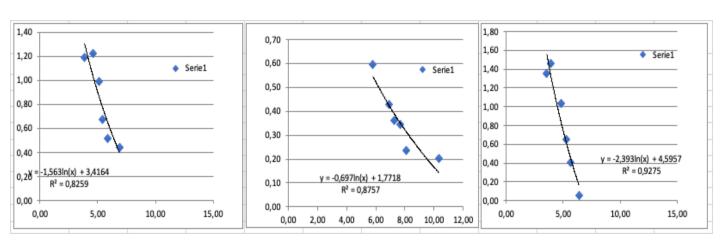


Figura 45 – Azienda "La vite" – Relazione tra le biomasse prodotte dal trifoglio sotterraneo (nell'anno di semina) e delle infestanti nel sottofila del vigneto sperimentale di Cenaia (primo e secondo grafico da sinistra) e di Terricciola (terzo grafico da sinistra)

A Cenaia come a Terricciola la capacità di contenere la presenza di piante infestanti da parte del trifoglio sotterraneo è parsa in relazione anche con l' "età" dell'impianto risultando maggiore col passare degli anni (tendenza già emersa nel vigneto di Monterosola). In particolare, a Cenaia si è passati da una presenza media di infestanti del 14% (come quantità di biomassa delle infestanti rispetto all'intera biomassa prodotta nel sottofilare) al 4% al secondo anno; a Terricciola dal 36% al 15% (tabella 16). In termini di copertura del terreno, a Cenaia il trifoglio ha sempre garantito un'ottima copertura con valori superiori al 90% mentre a Terricciola la superficie coperta dal trifoglio è oscillata tra il 75 e 85%. Durante la primavera del 2022, a Cenaia, prima dell'imprevista lavorazione dei filari sperimentali, è stato possibile apprezzare la buona capacità di contenimento delle infestanti da parte della pacciamatura morta prodotta dai residui colturali del trifoglio (figura 46).



Figura 46 - Azienda "La vite" – Cenaia 08/04/22.

Apporti di N e C - I risultati relativi agli apporti di N e C al vigneto conseguenti all'introduzione del trifoglio nel sottofilare della vite, sono stati registrati in **tabella 16**. L'apporto complessivo di N e C al "sistema vigneto" è stato calcolato sommando agli apporti operati dalla sostanza secca delle biomasse del sottofilare quelli delle biomasse prodotte nell'interfilare (infestanti presenti nel 50% degli interfilari sodi e nel 50% dei lavorati per il sistema aziendale e parzialmente inerbito; mix + infestanti presenti nel 100% degli interfila per il sistema totalmente inerbito) a partire dalla sostanza secca complessivamente prodotta (**tabella 17**) moltiplicando ciascuna matrice per la concentrazione media di N e C (**tabella 18**).



Figura 47 - Azienda "La vite" – Terricciola 03/04/23. Esito del trattamento erbicida sulla fila (sin.) e inerbimento dell'interfilare con trifoglio sotterraneo ottenuto da autorisemina (des.)

A questo riguardo, si ricorda che in località Terricciola il mix seminato tardivamente a fine gennaio 2022 (tecnica del vigneto totalmente inerbito) fu "arricchito" con seme di trifoglio e quindi al secondo anno (2022-23) l'interfila del sistema TI è risultato coperto prevalentemente (85-90%) dal trifoglio (figura 47).

Apporti di ss	- t/ha di	vigneto			Apporti di ss	- t/ha di	vigneto
Cenaia	TA	TI	PI		Terricciola	TA	TI
sottofilare					sottofilare		
infestanti	0,01	0,14	0,10	П	infestanti	0,01	0,16
trifoglio	0,00	1,28	1,31		trifoglio	0,00	0,63
sub-totale	0,01	1,42	1,42	$\ $	sub-totale	0,01	0,79
interfilare				П	interfilare		
mix + inf.	0,00	0,49	0,00		mix+inf.	0,00	1,70
fav. + inf.	0,00	0,00	0,00		fav. + inf.	0,00	0,00
lav. + inf.	0,47	0,00	0,48	Ш	lav. + inf.	0,29	0,00
sub-totale	0,47	0,49	0,48		sub-totale	0,29	1,70
<u>totale</u>	0,48	1,91	1,89		<u>totale</u>	0,30	2,49

Tabella 17 - Azienda "La vite" – Cenaia (sinistra) - Terricciola (destra) – Produzioni medie biennali di biomassa erbacea ottenute all'interno del sistema vigneto (t di s.s./ha) — (TA = tecnica aziendale; TI = inerbimento totale; PI = inerbimento parziale)

Apporti di N -	kg/ha o	di vignet	0	Apporti di N - kg/ha di vigneto
Cenaia	TA	TI	PI	Terricciola TA TI
sottofilare				sottofilare
infestanti	0,2	2,0	1,6	infestanti 0,15 2,40
trifoglio	0,0	27,6	28,3	trifoglio 0,00 13,63
sub-totale	0,2	29,7	29,9	sub-totale 0,15 16,03
interfilare				interfilare
mix + inf.	0,0	7,8	0,0	mix+inf. 0,00 7,83
fav. + inf.	0,0	0,0	0,0	fav. + inf. 0,00 0,00
lav. + inf.	7,5	0,0	7,6	lav. + inf. 4,68 0,00
sub-totale	7,5	7,8	7,6	sub-totale 4,68 7,83
totale	7,7	37,5	37,5	totale 4,8 23,9

Tabella 18 - Azienda "La vite" – Cenaia (sinistra) Terricciola (destra) – Apporti di N al vigneto (kg di N/ha) — (TA = tecnica aziendale; TI = inerbimento totale; PI = inerbimento parziale)

Apporti di C -	t/ha di v	vigneto		Apporti di C - t/ha di vigneto
Cenaia	TA	TI	PI	Terricciola TA TI
sottofilare				sottofilare
infestanti	0,0	0,1	0,0	infestanti 0,0 0,1
trifoglio	0,0	0,5	0,5	trifoglio 0,0 0,3
sub-totale	0,0	0,6	0,6	sub-totale 0,0 0,3
interfilare				interfilare
mix + inf.	0,0	0,2	0,0	mix+inf. 0,0 0,7
fav. + inf.	0,0	0,0	0,0	fav. + inf. 0,0 0,0
lav. + inf.	0,2	0,0	0,2	lav. + inf. 0,1 0,0
sub-totale	0,2	0,2	0,2	sub-totale 0,1 0,7
<u>totale</u>	0,19	0,76	0,75	totale 0,1 1,0

Tabella 19 - Azienda "La vite" – Cenaia (sinistra) Terricciola (destra) – Apporti di carbonio al sistema vigneto (t di C/ha) — (TA = tecnica aziendale; TI = inerbimento totale; PI = inerbimento parziale).

Terreno - Come precedentemente ricordato, presso l'azienda "La vite" non è stato possibile verificare l'effetto prodotto dall'inerbimento prolungato nel tempo del sottofilare con trifoglio sotterraneo sulle principali caratteristiche chimiche del terreno per il verificarsi di un disguido a livello organizzativo a Cenaia nella primavera del 2022 e per la giovane età dell'impianto a Terricciola.

Ciò nonostante, i risultati delle analisi chimiche del terreno condotte nel 2022 hanno evidenziato la tendenza ad un incremento dell'azoto totale e della sostanza organica dei terreni inerbiti sia rispetto alla tecnica aziendale sia rispetto agli stessi terreni all'inizio dell'attività di collaudo (tabella 20). Una tendenza analoga era emersa anche dalle analisi dei terreni della Tenuta Monterosola limitatamente all'azoto totale.

		pl	Н	CSC (me	q/100g)	N tot	. (‰)	S.O.	(%)	C/	'N	P Olser	(ppm)	K scaml	b.(ppm)	Sabbia %	Limo %	Argilla %
Cenaia		2019	2022	2019	2022	2019	2022	2019	2022	2019	2022	2019	2022	2019	2022			
test aziend	lale	6,2	6,6	8,3	8,4	0.85	0,87	1,37	1,43	8,8	8,9	3,9	3,8	188	176	63	24	13
totalmente	inerbito	6,1	6,6	8,2	8,3	0,89	1,00	1,42	1,61	8,7	8,9	4,3	3,4	183	199	57	25	18
parzialmen	nte inerbito	6,4	6,6	8,5	8,4	0,87	0,97	1,34	1,57	8,5	8,9	4,0	3,9	216	210	63	26	10
Terricciola			2022		2022		2022		2022		2022		2022		2022			
test aziend	lale		7,9		15,0		0,83		1,43		9,4		4,0		178	49	27	24
totalmente	inerbito		8,1		12,4		0,86		1,43		9,1		3,7		205	51	27	22

Tabella 20 - Azienda "La vite" - Principali caratteristiche del terreno rilevate a Cenaia all'inizio delle attività di collaudo (2019) e al termine delle stesse (2022) e a Terricciola all'inizio delle attività di collaudo.

Produzioni – Gli effetti prodotti dall'inerbimento parziale e totale sulla produttività del vigneto non sono stati valutati a Cenaia in quanto le attività di collaudo sono state condotte su in vigneto "catalogo" composto quindi da differenti cloni dove sarebbe stato impossibile separare l'effetto dell'inerbimento dall'effetto del genotipo sulla produttività della vite.

A Terricciola invece, operando su un vigneto di Sangiovese, è stato possibile valutare la produttività del vigneto sottoposto a inerbimento totale (TI) e confrontarla con quella del vigneto gestito secondo le tecniche aziendali (TA) (tabella 21).

Pur trattandosi dei risultati di un solo anno (2022), dai risultati ottenuti mostrano chiaramente l'assenza di qualsiasi effetto negativo riconducibile all'inerbimento del vigneto anche nel sottofila.

vendemmia 2022	resa t/ha	PF medio grappolo g	PS 1 acino g	*Brix	pH	ac. Tot. g/l a.t.	Ntot %
TI	9,30	356	0,61	21,2	3,27	9,71	0,53
TA	9,26	332	0,67	20,2	3,31	11,96	0,51

Tabella 21 - Azienda "La vite" - Terricciola - Produzione di uva e principali sue caratteristiche registrate nel 2022 (TA = tecnica aziendale; TI = inerbimento totale).

Dettaglio dei risultati ottenuti presso l'Azienda agricola "Alberto Bellesi"

Le attività di collaudo relative alla valutazione, a livello aziendale, delle performance agronomiche ed economiche dell'inerbimento artificiale del sottofilare e dell'intera superficie vitata rispetto alla tecnica aziendale di riferimento sono state condotte dall'Azienda Bellesi (convenzionale) tra il novembre del 2019 e l'aprile del 2023 così come concordato a livello di coordinamento.

Durante questo stesso periodo il responsabile dell'Azienda ha partecipato alle attività di coordinamento promosse dal capofila.

Le attività di campo sono state condotte nel rispetto delle indicazioni fornite da CRPV e CiRAA, facendo ricorso alla semina manuale (effettuata nel 2019, 2020 e 2021) e ripetuta in caso di insoddisfacente emergenza del trifoglio (2020 e 2021) e alla semina meccanica con l'utilizzo del prototipo di seminatrice in grado di seminare contemporaneamente un miscuglio di specie foraggere nell'interfila e il trifoglio sotterraneo nel sottofilare.

Durante il periodo considerato, l'Azienda si è fatta carico del monitoraggio fotografico delle aree oggetto di collaudo (aziendale, inerbimento parziale limitato al sottofila, inerbimento totale).

In particolare, le attività di collaudo riguardanti l'inerbimento artificiale come strumento di controllo delle infestanti è stata condotta in 2 diversi appezzamenti vitati dell'azienda su terreni di collina di grana media siti in comune di San Miniato.

Durante il periodo interessato dal Progetto l'Azienda ha posto a confronto: la tecnica aziendale (TA: interfilari lavorati in alternanza spaziale con la non-lavorazione e quindi con inerbimento naturale; sottofilare trattato con glifosate in inverno (e in primavera se necessario) seguito da lavorazione interceppo primaverile; la tecnica di inerbimento parziale (PI): gestione dell'intefilare come sopra e inerbimento del sottofilare con trifoglio sotterraneo; la tecnica di inerbimento totale (TI) semina di tutti gli interfilari con apposito mix di specie perennanti e del sottofilare con trifoglio sotterraneo. Come già evidenziato in **tabella 1**, in nessun caso le semine manuali del trifoglio, sebbene ripetute

Come già evidenziato in **tabella 1**, in nessun caso le semine manuali del trifoglio, sebbene ripetute per ben 2 volte nel 2020 e 2021, hanno prodotto risultati soddisfacenti così come accaduto per la semina effettuata con il prototipo di seminatrice nel 2020.

Ad eccezione del 1° anno di impianto (semine del 2019), in tutti gli altri casi la germinazione del trifoglio è risultata stentata se non assente determinando un basso investimento di piante e quindi il sostanziale fallimento dell'impianto. La principale causa di questo deludente risultato sembra risiedere nello scarso affinamento del terreno nel sottofilare; nonostante le ripetute lavorazioni del sottofilare finalizzate alla semina del trifoglio, l'eccessiva plasticità del terreno al momento dell'intervento non ha infatti consentito un adeguato affinamento del letto di semina.



Figura 48 - Panoramica degli appezzamenti messi a disposizione del Progetto da parte dell'Azienda Bellesi.

Biomasse – La difficoltà di insediamento del trifoglio sotterraneo nel sottofilare del vigneto dell'Azienda Bellesi, non ha consentito di valutare a pieno le performance produttive della leguminosa in termini di biomassa e di conseguenza la sua capacità di competere con le infestanti nel sottofilare dal 1° anno di impianto fino a quelli successivi di autorisemina.

In **tabella 22** sono riassunti i principali risultati ottenuti dai campionamenti effettuati nelle rare aree di saggio individuate nelle annate "migliori" in due appezzamenti diversi. I dati si riferiscono alla produttività registrata al primo anno visto che anche la risemina naturale del trifoglio prevista negli anni successivi al 1° è stata inficiata dallo scarso investimento ottenuto al 1° anno.

La semina del trifoglio ne 2019, effettuata usando la varietà Denmark, ha fatto registrare rese in biomassa bassissime (in media 0,30 t di s.s./ha) e di conseguenza una scarsa copertura del terreno da parte del trifoglio con conseguente incapacità di controllo delle infestanti che a maggio del 2020 rappresentavano circa il 94% dell'intera biomassa presente nel sottofilare. Data l'insignificante biomassa prodotta anche le quantità di N e C apportate al vigneto sono risultate trascurabili.

La semina del 2021, effettuata usando la varietà Antas, ha fornito risultati interessanti anche in considerazione della scarsa produttività che in genere caratterizza il primo anno di impianto del trifoglio sotterraneo. Con 2,70 t di s.s./ha il trifoglio è riuscito a contenere entro il 32% la presenza di infestanti nel sottofilare e fornire al "sistema" vigneto circa 11 kg/ha di N e 0,22 t/ha di C.

anno 20	019-2020	SS t/ha	SS t/ha vigneto	N kg/ha vigneto	C t/ha vigneto	S.S. t/ha	%
1° anno	l° anno semina		trif.sot.	trif.sot.	trif.sot.	infestanti	infestanti
T.I.	T.I. 0		0,06	1,32	0,02	4,07	93%
P.I.	T.I.	0,29	0,06	1,31	0,02	6,20	95%
		0,30	0,06	1,31	0,02	5,13	94%
anno 2021-2022							
anno 20	021-2022	SS t/ha	SS t/ha vigneto	N kg/ha vigneto	C t/ha vigneto	S.S. t/ha	%
	021-2022 semina	,		-		S.S. t/ha	% infestanti
		2	vigneto	vigneto	vigneto	,	
1° anno	semina	trifoglio	vigneto trif.sot.	vigneto trif.sot.	vigneto trif.sot.	infestanti	infestanti

Tabella 22 – Azienda Bellesi - Biomassa del trifoglio sotterraneo (ottenute nell'anno di semina) e delle infestanti nel sottofila del vigneto sperimentale di Sangiovese. (TA = tecnica aziendale; TI = inerbimento totale; PI = inerbimento parziale).

Terreno – Presso l'azienda "Bellesi" non è stato possibile verificare l'effetto prodotto dal prolungato inerbimento del sottofilare con trifoglio sotterraneo sulle principali caratteristiche chimiche del terreno per le già ricordate difficoltà di insediamento del trifoglio.

I risultati delle analisi chimiche del terreno condotte nel 2019, all'inizio della sperimentazione - su un primo appezzamento di Sangiovese - e nel 2022 a fine attività - su un secondo appezzamento - sono riportati in **tabella 23**.

	pН		CSC (meq/100g)		N tot	N tot. (‰)		. (%)	C	/N	P Olse	n (ppm)	K scamb	.(ppm)
	2019	2022	2019	2022	2019	2022	2019	2022	2019	2022	2019	2022	2019	2022
test aziendale	7,9	8,1	12	14	1,2	1,3	2,1	2,1	9,6	8,7	2,9	5,5	96	234
totalmente inerbito	8,1	8,1	15	13	1,3	1,3	2,2	2,1	9,4	8,8	2,9	5,2	195	229
parzialmente inerbito	8,0	7,9	14	13	1,2	1,3	2,0	2,1	9,3	8,7	3,9	5,5	91	248
	Sabbi	ia (%)	Limo	(%)	Argilla	a (%)								
	2019	2022	2019	2022	2019	2022								
test aziendale	45	49	38	28	16	23								

Tabella 23 - Azienda Bellesi - Principali caratteristiche del terreno rilevate all'inizio delle attività di collaudo (2019) e al termine delle stesse (2022) su appezzamenti diversi

27 19

11 21

36 49

67 50

38 31

22 28

totalmente inerbito

parzialmente inerbito

Produzioni – Presso l'Azienda Bellesi gli effetti prodotti dall'inerbimento parziale e totale del vigneto sulla produttività non sono stati valutati in quanto le attività di collaudo non hanno prodotto inerbimenti totali o parziali significativi del vigneto sia nel caso dell'inerbimento del solo sottofilare (PI), sia dell'inerbimento di tutta la superficie vitata (TI).

Valutazione dell'efficacia erbicida di un nuovo formulato a base di acido pelargonico

Nell'ambito del Progetto si è ritenuto opportuno valutare anche la possibilità di gestire le infestanti del vigneto utilizzando mezzi chimici a basso impatto ambientale come un nuovo erbicida a base di acido pelargonico prodotto dalla Società Novamont ancora in fase di registrazione per trattamenti erbicidi e anti spollonanti sul vigneto.

Dopo aver ricevuto la disponibilità dell'azienda "La vite" ad ospitare un test aziendale per valutare l'efficacia di questo nuovo erbicida (NFER18021), aver individuato un vigneto in località Cenaia come il più idoneo e contattata la responsabile della Novamont per questo prodotto (dottoressa Anna Ciancolini), il giorno 18 aprile 2023, a Cenaia, è stato effettuato un sopralluogo congiunto con dr. Giovanni Fontaniello della società Agritech, responsabile della esecuzione tecnica dei trattamenti, per individuare insieme le zone del vigneto da utilizzare come area di saggio.

Sono stati così individuati due filari contigui che erano stati trattati a inizio dicembre 2022 con glifosate nel sottofila e che al momento presentavano una nuova e consistente presenza di infestanti già sviluppate come il loietto e altre dicotiledoni ancora in fase di plantula (figura 49).



Figura 49 - Azienda "La vite" – Cenaia, 18 aprile 2023 – Immagini relative alle condizioni malerbologiche dei filari oggetto del test.

Con il dr. Fontaniello sono stati concordati i trattamenti da effettuarsi in accordo con la dott.ssa Ciancolini: T1 = test non trattato; T2 = 14,5 l/ha di NFER18021 in 200 l d'acqua per ottenere una concentrazione di circa 8%, utile per controllo delle graminacee accestite molto diffuse nell'area da trattare; T3 = 29,0 l/ha di NFER18021 in 200 l d'acqua. Si è quindi definito uno schema sperimentale di campo basato su 4 replicazioni per trattamento; ciascuna replicazione era composta da 5 piante per trattamento; la 1° e la 2° replicazione sono state collocate sul filare di sinistra entrando nel vigneto e la 3° e 4° quello di destra (figura 50).

Lo stesso giorno, sulla superficie del sottofilare sulla quale insistevano le 5 piante selezionate per il test è stato effettuato l'"inventario" della flora infestante presente annotando per ogni pianta le specie infestanti presenti e il corrispondente numero di individui (tabella 22).

Il giorno successivo (19.04.2023) il dr. Fontaniello ha eseguito il primo trattamento (temperatura dell'aria al momento dell'applicazione: 20,5 °C, 30% di nuvolosità).

Per verificare l'efficacia del 1° trattamento sono stati effettuati altri due "inventari" il giorno successivo al trattamento (20.04.2023) e 19 giorni dopo (8.05.2023).

Vista la dinamica dell'inerbimento del sottofilare nei giorni successivi al 8 maggio, si è ritenuto opportuno effettuare un secondo trattamento (con le stesse modalità del 1°) in data 23.05.2023. A questo hanno fatto seguito 3 "inventari" in data 24.05.2023, 8.06.2023 e 3.07.2023 rispettivamente a distanza di 1, 16 e 41 giorni dal 2° trattamento; i risultati del monitoraggio effettuato dal 18.04.2023 al 3.07.2023 sono riportati in **tabella 22**.



Figura 50 - Azienda "La vite" - 18.04.2023. Panoramica dell'area di saggio

<u>Rilievo del 20.04.2023</u> - Il rilievo delle infestanti a distanza di 1 giorno dal 1° trattamento (20.04.2023) ha evidenziato il totale controllo di tutte le specie presenti nel sottofilare (comprese le numerose infestanti graminacee già accestite) e la completa devitalizzazione dei polloni della vite di tutte le dimensioni presenti alla base del tronco di ciascuna pianta di vite. Nessuna differenza in termini di efficacia tra i trattamenti T2 e T3.





Foto 51 - Azienda "La Vite" - Cenaia -20.04.2023. Immagini relative all'effetto dell'acido pelargonico sul loietto accestito.









<u>Rilievo del 8.05.2023</u> - Il rilievo delle infestanti a distanza di 19 giorni dal 1° trattamento ha evidenziato la ripresa vegetativa delle infestanti "vivaci" con particolare riferimento a *Convolvulus arvensis* e specie resistenti al glifosate come *Lolium* spp indipendentemente dalla dose applicata (non è stata osservata alcuna differenza in termini di efficacia tra T2 e T3). Nel caso specifico del loietto, la dose maggiore (T3) sembra aver ridotto la capacità di ricaccio della graminacea in maniera più incisiva rispetto al T2.



Figura 52 - Azienda "La Vite" - Cenaia -8.05.2023. Immagini relative all'effetto dell'erbicida a base di acido pelargonico su loietto (le foto appaiate si riferiscono alle 2 replicazioni risultate più significative).









<u>Rilievo del 24 maggio 2023</u> - Il rilievo effettuato 24 h dopo il 2° trattamento ha evidenziato, in analogia a quanto accaduto a seguito del 1° trattamento, la capacità dell'erbicida saggiato di disseccare in poche ore ogni infestante presente sull'area trattata compreso il loietto resistente già ben accestito e il sempre più diffuso *Convolvulus arvensis*. Anche in questo caso il controllo dei nuovi pollini emessi dalla vite dopo il 1° trattamento è stato totale.



Figura 53 - Azienda "La Vite" - Cenaia -24.05.2023. La foto evidenzia l'immediata efficacia del prodotto erbicida dopo 24h dal 2° trattamento: a sinistra loietto accestito non trattato; a destra trattato.









<u>Rilievo del 8 giugno 2023</u> - Il rilievo effettuato 16 gg dopo il 2° trattamento ha evidenziato l'efficacia dell'erbicida saggiato anche a distanza di otre 2 settimane dal trattamento. L'azione erbicida si è mantenuta su loietto e tutte le altre specie infestanti presenti ad eccezione di *Convolvulus arvensis* presente con vegetazione di nuova formazione. Anche l'attività pollonifera della vite ha ripreso a pieno dopo il trattamento. Nessuna differenza apprezzabile tra T2 e T3.



Figura 54 - Azienda "La Vite" - Cenaia -8.06.2023. La foto evidenzia: la persistenza di azione dell'erbicida su loietto anche dopo 16 gg dal trattamento la ripresa vegetativa di *Convolvolus arvensis* e la ripresa dell'attività pollonifera della vite.









<u>Rilievo del 3 luglio 2023</u> -_- Il rilievo effettuato 41gg dopo il 2° trattamento ha evidenziato la persistenza dell'azione erbicida del prodotto saggiato nei confronti di gran parte delle specie componenti la flora infestante del vigneto.

Di contro, il prodotto non ha consentito la totale devitalizzazione di *Convolvulus arvensis* che è "riapparso" prepotentemente in tutte le replicazioni indipendentemente dalla intensità dei trattamenti.

Anche l'attività pollonifera della vite ha ripreso a pieno dopo il 2° trattamento; al riguardo, nessuna differenza apprezzabile tra T2 e T3.



Figura 55 - Azienda "La Vite" - Cenaia -3.07.2023. La foto evidenzia, anche dopo 41 gg dal 2° trattamento, il buon grado di rinettamento del sottofilare ottenuto a seguito della duplice applicazione del nuovo erbicida a base di acido pelargonico

3 luglio 2023 - REPLICAZIONE 1 (nell'ordine: test, T2 e T3)



3 luglio 2023 - REPLICAZIONE 2 (nell'ordine: test, T2 e T3)



3 luglio 2023 - REPLICAZIONE 3 (nell'ordine: test, T2 e T3)



3 luglio 2023 - REPLICAZIONE 4 (nell'ordine: test, T2 e T3)



In considerazione (i) del difficile quadro malerbologico all'interno del quale è stato effettuato il saggio e (ii) dell'assenza di sistematicità del prodotto saggiato, il livello di infestazione del sottofilare all'inizio dell'estate, dopo 2 applicazioni del prodotto erbicida, è risultato decisamente apprezzabile. L'erbicida a base di acido pelargonico, con 2 trattamenti, è infatti riuscito a contenere molto bene le piante di loietto (con ogni probabilità resistenti al glifosate) già accestite e frutto di una pressione di selezione esercitata dal glifosate nel corso degli anni (tabella 24).

L'esistenza di una flora avventizia di sostituzione (notoriamente di più difficile controllo) all'interno del vigneto oggetto del test è testimoniata anche stato dalla presenza massiccia di *Convolvulus arvensis*. Verso questa temibilissima infestante il prodotto utilizzato ha sortito un effetto disseccante immediato ma non sufficiente a devitalizzare i suoi sistemi agamici di riproduzione anche se ripetuto per 2 volte e ciò indipendentemente dal dosaggio utilizzato (tabella 24).

All'inizio di luglio la presenza media di infestanti nei due sistemi trattati con il nuovo erbicida a dosi diverse (T2 e T3) non si è differenziata mentre per quanto riguarda l'effetto antispollonante sulla vite, si è potuta osservare una maggiore efficacia dell'erbicida applicato 2 volte alla dose massima (T3) e ciò indipendentemente dalla lunghezza dei polloni al momento del trattamento (tabella 24).

		polloni	polloni	polloni	polloni	Conv.	Polig.	Cris.	Sonc.	Chen.	Ver.	Anag.	Sin.	Epilobium	Lolium	TOTALE	riduz.	riduz.
		totali	<10 cm	<1 cm	>10 cm	arv.	avic.	seg.	asp.	alb.	per.	arv.	alba	tetrag.	spp	inf/pianta	poll.	inf.
T1	18.04	3,1	2,6	0,5	0,6	3,3	0,9	1,4	0,7	1,3	0,4	1,7	0,1	0,7	7,2	18		
	20.04	3,1	2,3	0,5	0,8	3,3	0,9	1,4	0,7	1,3	0,4	1,7	0,1	0,7	7,2	18		
	8.05	4,3	0,1	0,0	4,2	3,2	0,9	1,4	0,5	0,9	0,4	1,2	0,1	0,9	7,2	17	37%	-6%
	24.05	4,3	0,1	0,0	4,2	4,1	1,0	1,4	0,5	0,9	0,3	1,2	0,1	0,0	7,2	17		
	08.06	4,3	0,1	0,0	4,2	4,4	1,0	1,0	0,5	0,9	0,1	1,2	0,0	0,0	7,2	16	1%	-1%
	03.07	4,3	0,1	0,0	4,2	4,4	1,0	1,0	0,5	0,9	0,1	1,2	0,0	0,0	7,2	16	0%	0%
T2	18.04	4,4	4,1	1,3	0,4	4,6	1,9	1,5	0,4	2,5	0,1	1,9	0,0	3,0	3,8	20		
	20.04	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
	08.05	3,7	2,1	0,0	1,6	3,9	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	3,9	8	-17%	-58%
	24.05	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
	08.06	3,5	0,8	0,2	2,5	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	6	-5%	-28%
	03.07	3,0	0,1	0,0	2,9	3,8	0,1	0,7	0,2	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,4	5	-13%	-10%
Т3	18.04	4,2	4,0	1,0	0,2	3,8	1,4	0,7	0,7	1,0	0,4	1,9	0,0	3,1	2,9	16		
	20.04	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
	0 8.05	2,7	2,0	0,0	0,7	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,2	3,0	8	-36%	-52%
	24.05	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
	08.06	2,3	1,0	0,0	1,3	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	5	-15%	-35%
	03.07	1,9	0,1	0,1	1,8	4,1	0,0	0,4	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	5	-20%	8%

Tabella 24 – Azienda "La vite" – Cenaia. Presenza media di polloni a pianta e piante infestanti nel sottofilare (valori riferiti alla presenza di infestanti sulla superficie occupata da ciascuna vite sulla fila (0,8 m x 0,5 m). Epoche di intervento e di osservazione: 18.04.2023: giorno prima del 1° trattamento; 19.04.2023: giorno del 1° trattamento; 20.04.2023: 1 giorno dopo il 1° trattamento; 08.05.2023: 19 giorni dal 1° trattamento; 23.05.2023: giorno del 2° trattamento; 24.05.2023: 1 giorno dal 2° trattamento; 08.06.2023: 16 giorni dal 2° trattamento; 03.07.2023: 41 giorni dal 2° trattamento. (T1 test, T2 dose media, T3 dose alta).

Valutazione dell'introduzione dell'attrezzatura prototipale presso realtà aziendali agricole esistenti e analisi degli scenari di manufacturing relativi alla realizzazione del prototipo su scala industriale

La diffusione della tecnica di inerbimento del terreno sotto i filari del vigneto con trifoglio sotterraneo (specie autoriseminante) passa attraverso la completa meccanizzazione di questa tecnica.

Sebbene la necessità di seminare il trifoglio si verifichi solo ogni 3-4 anni e i tempi di lavoro della semina manuale non siano proibitivi (si stimano dalle 4 alle 6 ore per la semina del sottofilare di 1 ha di vigneto, corrispondenti ad un costo di 60-90 €/ha), i viticoltori ritengono che la meccanizzazione della fase di semina rappresenti un passo irrinunciabile per la diffusione di questa tecnica. Ciò è particolarmente vero per grandi aziende viticole ma per le piccole il ricorso "sporadico" all'uso di una particolare seminatrice potrebbe non essere giustificato data la scarsa superficie vitata. Fatta salva la possibilità di ricorrere a contoterzisti dotati di una simile operatrice, nelle aziende che praticano sistematicamente il sovescio, anche a filari alterni, una seminatrice in grado di seminare nell'interfila, e all'occorrenza anche nel sottofila, troverebbe più proficua utilizzazione.

Da qui la scelta progettuale di sviluppare un prototipo in grado di effettuare contemporaneamente la semina dell'interfilare e del sottofilare.

Non appena disponibile, il prototipo di seminatrice per la semina meccanica differenziata è stato trasferito alle aziende viticole interessate a saggiarne la funzionalità nel corso della prima campagna di semina (2020-21) in contesti agro-pedo-climatici diversi (da terreni declivi e argillosi delle colline pisane e del volterrano fino ai terreni tendenzialmente sciolti della pianura di pisana).

Al termine della prima campagna di semina, nel corso di un incontro di Progetto (tenutosi presso il Podere Spazzavento il 14 gennaio 2021) tutti i responsabili delle aziende utilizzatrici, hanno segnato le criticità emerse durante il collaudo del prototipo. A seguito di queste criticità, evidenziate da tutti gli utenti, al termine della riunione di cui sopra fu stabilito di apportare al prototipo alcune modifiche partendo dall'assunto che (i) la seminatrice dovesse lavorare su terreno già ben affinato in precedenza e (ii) non fosse necessario un particolare interramento del seme (facendo così tesoro dei suggerimenti del CRPV e dell'esperienza maturata dalle semine manuali condotte alla Tenuta Monterosola).

Il 6 agosto 2021, presso il Podere Spazzavento sono state effettuate alcune modifiche alla seminatrice e successivamente una prova di semina del trifoglio nel sottofilare su terreno precedentemente affinato con un sistema di lavorazione interceppo a "lametta" (quello ordinariamente utilizzato dal Podere Spazzavento per la lavorazione del sottofilare).

Gli interventi tecnici effettuati sul prototipo hanno avuto come obiettivo quello di provocare il minimo disturbo del terreno sotto il filare, quanto basta per ridurre la zollosità prodotta dalla "lametta" utilizzata n precedenza.

Per ottenere questo risultato sono stati opportunatamente regolati i ruotini laterali in modo che i denti elastici centrali non potessero lavorare mentre gli organi laterali a stella operassero solo una leggera "frangizzollatura" nel sottofilare già lavorato senza accumulare terreno al centro del sottofila stesso. Per questo motivo, l'inclinazione degli organi a stella è stata regolata in modo tale che questi potessero lavorare in condizione di quasi parallelismo rispetto alla direzione di avanzamento della trattrice.

Per evitare l'eccessivo interramento del seme e/o il suo accumulo, sono state rimossi i fingerweeder posteriori. Un idoneo ricoprimento del seme distribuito nel sottofilare potrebbe essere comunque raggiunto più semplicemente dotando la seminatrice di catene striscianti sulla superficie del terreno o rulli copriseme pivottanti, disposti lateralmente e montati su dispositivi dotati di traslazione trasversale azionati da tastatore, in modo da operare nello spazio tra i ceppi senza danneggiare i fusti delle piante di vite. L'inclinazione dei due diffusori laterali, che distribuiscono il seme in caduta e a spaglio nel sottofilare, è stata regolata in modo che questi fossero maggiormente orientati verso il filare, consentendo una più efficace distribuzione del seme sulla superficie del suolo del sottofilare.

Purtroppo, non è stato possibile testare queste modifiche in altre realtà aziendali nell'autunno del 2021 in quanto, nell'ottobre dello stesso anno, mentre il prototipo di seminatrice era impegnato in un cantiere sperimentale presso i campi del partner di progetto CRPV, è avvenuto un incidente che ha causato il ribaltamento del trattore e dell'operatrice ad esso collegata. Fortunatamente non ci sono state gravi conseguenze per la salute dell'operatore coinvolto, ma come da legge, le autorità giudiziarie competenti hanno disposto il sequestro del prototipo della seminatrice e della trattrice per tutta la durata dell'inchiesta.

Dopo il dissequestro, nel settembre del 2022 il prototipo è stato riparato e riconsegnato al titolare del Podere Spazzavento giusto in tempo per l'esecuzione di un ultimo test in campo che però non si è potuto estendere alle altre aziende. Una ulteriore serie di test aziendali potrebbe confermare o meno la bontà delle scelte tecniche alla base delle modifiche operate sul prototipo che trova i suoi punti di forza nella unicità dell'idea, nella semplicità della realizzazione (e quindi economicità) e nella adattabilità a successive implementazioni.

Mentre sul mercato è già possibile trovare interessanti seminatrici per la semina di specie diverse nell'interfilare, non sono ancora state sviluppate seminatrici in grado di farlo contemporaneamente alla semina del sottofilare.

Per meglio comprendere le ragioni di questo "vuoto di mercato" è stata condotta una analisi conoscitiva volta ad individuare le possibili potenzialità future di questo tipo di operatrice nel settore vitivinicolo guardando sia alla validità della tecnica agronomica per la quale la seminatrice è funzionale (l'inerbimento differenziato) sia agli aspetti tecnici che dovrebbero caratterizzare una seminatrice adatta a svolgere contemporaneamente la semina sul filare e nell'interfilare, come quella realizzata a livello prototipale nell'ambito del Progetto.

Dato per scontato l'interesse degli agricoltori per questa proposta tecnica, sono state contattate diverse aziende costruttrici di macchine agricole per la viticoltura al fine di conoscere il loro punto di vista rispetto alle problematiche di cui sopra. Ad ognuna di queste è stato quindi inviato telematicamente un video dimostrativo del funzionamento del prototipo di seminatrice per l'inerbimento differenziato e uno specifico questionario da compilare dopo la visione del video. Di seguito si riporta il testo integrale del questionario che comprendeva tre domande a scelta

Questionario sul prototipo di seminatrice per l'inerbimento differenziato del vigneto (inerbimento dell'interfilare con una o più specie + inerbimento del sottofilare con una specie auto-riseminante)

Considerata la vostra esperienza nel settore della costruzione di macchine agricole, dopo aver preso visione del filmato relativo al prototipo di seminatrice sviluppato nell'ambito del Progetto IOCONCIV (Introduzione e ottimizzazione di tecniche e sistemi per il controllo non chimico della flora infestante del vigneto), vi chiediamo la cortesia di esprimere la vostra opinione in merito alla strategia di controllo delle infestanti proposta con l' "inerbimento differenziato" e alle caratteristiche tecniche che dovrebbe possedere una ipotetica seminatrice idonea a realizzarla, rispondendo alle domande di seguito riportate.

1 - La tecnica dell'inerbimento differenziato potrebbe essere	a) Molto	
interessante per i viticoltori?	b) Abbastanza	
	c) Poco	
	d) Per niente	

Segnare con una **X** la risposta che si ritiene più idonea

multipla ed una domanda finale a risposta aperta.

2 - Dovendo pensare alla realizzazione di una seminatrice per l'inerbimento differenziato, quali sarebbero le caratteristiche che lei ritiene indispensabili?	
a) Seminatrice senza utensili per la lavorazione del terreno che dovrebbe operare su terreno già opportunamente lavorato in precedenza (sia nell'interfila che nel sottofila).	
b) Seminatrice con utensili non azionati per la lavorazione del terreno (sia nell'interfila che nel sottofila).	
c) Seminatrice con utensili azionati per la lavorazione del terreno (sia nell'interfila che nel sottofila).	
d) Dosatori del sottofila completamente indipendenti rispetto a quelli dell'interfila	
e) Trasporto del seme nei tubi adduttori per gravità (per caduta)	
f) Trasporto del seme nei tubi adduttori pneumatico (con flusso d'aria)	

Segnare con una **X** le opzioni che si ritiene più idonee (è possibile scegliere più opzioni)

3 - Pensando alle dimensioni medie delle aziende vitivinicole, quali sarebbero i potenziali acquirenti di una seminatrice per l'inerbimento differenziato del vigneto?			
a) Cooperative di produttori o consorzi			
b) Contoterzisti			
c) Singoli imprenditori vitivinicoli			

Segnare con una X le opzioni che si ritiene più idonee (è possibile scegliere più opzioni)

Domanda a risposta aperta, inserire un breve testo nello spazio sottostante.

4 - Secondo la sua esperienza, pensando alle recenti innovazioni tecnologiche (agricoltura 4.0), quale potrebbero essere le prospettive future per il controllo sostenibile delle infestanti nel sottofila del vigneto?

Per quanto concerne il quesito n°1 del questionario sottoposti alle ditte costruttrici di macchine agricole, il 100% degli intervistati ha risposto con l'opzione a), ovvero i costruttori di macchine agricole ritengono che la tecnica agronomica dell'inerbimento differenziato potrebbe costituire una opzione molto interessante per i viticoltori italiani.

Nella **figura 56** è riportato il grafico delle frequenze ottenute dalle riposte fornite dai costruttori di macchine agricole alla domanda n°2 del questionario, che chiedeva quali dovessero essere le caratteristiche indispensabili per una seminatrice in grado di effettuare l'impianto di un inerbimento differenziato nel vigneto.

Il 25 % dei costruttori ha risposto che l'operatrice dovrebbe essere dotata di:

- rulli dosatori per la distribuzione del seme sottofila completamente indipendenti da quelli per la distribuzione del seme nello spazio inter filare;
- sistema di trasporto del seme nei tubi adduttori di tipo pneumatico.

Per quanto riguarda le altre opzioni suggerite alla domanda n°2:

- a) seminatrice senza utensili per la lavorazione del terreno;
- b) seminatrice con utensili non azionati per la lavorazione del terreno;
- c) seminatrice con utensili azionati per la lavorazione del terreno;
- d) trasporto del seme nei tubi adduttori per gravità;

le preferenze dei costruttori di macchine agricole interpellati, si sono equamente distribuite attestandosi su un valore pari al 12,5%.

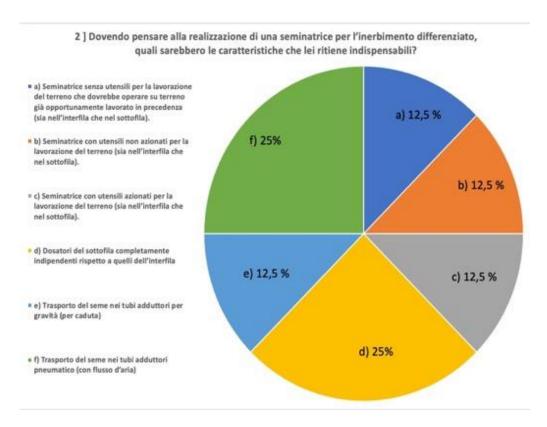


Figura 56 – Grafico delle frequenze delle risposte fornite dai costruttori di macchine agricole alla domanda n° 2 del questionario.

Per quanto riguarda la domanda n°3 del questionario, incentrata sulla tipologia di possibili acquirenti per la seminatrice per l'inerbimento differenziato, i partecipanti non hanno scartato nessuna delle opzioni suggerite (**figura 57**).

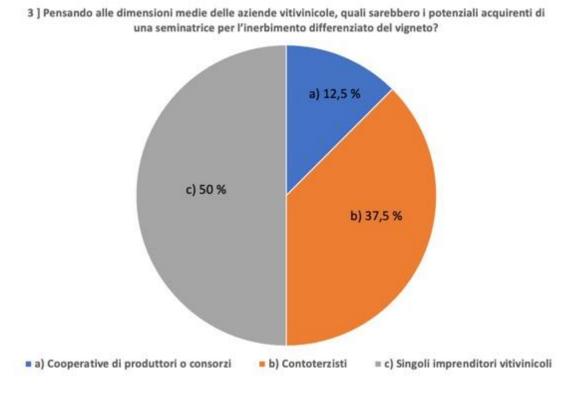


Figura 57 – Grafico delle frequenze delle risposte fornite dai costruttori di macchine agricole alla domanda n° 3 del questionario.

La frequenza più alta di preferenze, con un valore pari al 50% è stata osservata per l'opzione c) [singoli imprenditori vitivinicoli]. L'opzione b) [contoterzisti] si è attestata su un valore di frequenza pari al 37,5%. Una preferenza minore, pari al 12,5%, è stata riscontrata per l'opzione a) [Cooperative di produttori o consorzi].

Questi risultati indicano che l'acquisto di una seminatrice per l'inerbimento differenziato del vigneto sarebbe economicamente sostenibile anche per il singolo imprenditore vitivinicolo.

Infine, di seguito sono riportati sinteticamente i risultati dell'ultima domanda a risposta aperta del questionario (n°4) che riguardava le possibili e tecnologicamente avanzate prospettive future per il controllo delle infestanti nel sottofilare del vigneto.

Molti degli intervistati hanno sottolineato come il controllo sostenibili delle infestanti nella zona sottofilare del vigneto sia un problema cogente per gli imprenditori vitivinicoli, pertanto i costruttori di macchine agricole, già da qualche anno, stanno ricercando e proponendo soluzioni specifiche che però non includono l'inerbimento come strumento di controllo delle infestanti. E' comunque opinione largamente condivisa tra gli intervistati che l'utilizzo di cover crop e di macchine operatrici per la loro gestione. Debba diffondersi maggiormente.

Alcuni dei partecipanti hanno individuato nelle moderne operatrici per l'elettrocuzione (controllo fisico delle infestanti tramite scariche elettriche), una valida e sostenibile soluzione per la gestione delle avventizie che crescono nel sottofila del vigneto.

Diversi tra gli intervistati, hanno ritenuto opportuno evidenziare come le moderne tecnologie disponibili (sistemi di visione artificiale, Information and Communications Technology, Big Data analysis, etc.), possano costituire i presupposti imprescindibili per la creazione di sistemi di supporto alle decisioni in grado di aiutare l'imprenditore agricolo nella gestione sostenibile dell'agroecosistema vitivinicolo.

Nel complesso, dal confronto con i produttori di macchine agricole è emerso chiaramente che gli obiettivi che si è posto il Progetto sono realmente attuali e condivisi dal mondo operativo. I risultati ottenuti e soprattutto l'interesse dimostrato dagli agricoltori al riguardo (soprattutto quelli "bio") potranno essere motivo per lo sviluppo di nuove e più funzionali operatrici in grado di superare le criticità emerse dall'uso (ancora da perfezionare) del prototipo di seminatrice sviluppato nell'ambito del Progetto.

Per le aziende produttrici di macchine agricole intervistate forse è ancora presto, per il momento, ipotizzare nuove linee produttive destinate a queste tipologie di seminatrici e quindi tanto più immaginare quali problematiche/impatti le nuove linee produttive potrebbero determinare a scala industriale (make vs buy, lean manufacturing).

Di contro sembra invece chiara l'opinione tecnica che le ditte costruttrici di macchine agricole si stanno facendo in merito alla necessità di sviluppare nel breve-medio termine più soluzioni meccaniche per la gestione delle colture di copertura e di inerbimenti diversi e quindi anche di seminatrici come quella realizzata a livello prototipale nell'ambito del Progetto.

L'interesse dei costruttori verso un futuro sviluppo di questa tipologia di operatrice risulta anche dalle risposte fornite in merito alla modalità di allestimento di una seminatrice per l'inerbimento differenziato. Sebbene non vi sia stata una unicità di vedute tra i costruttori (come è giusto che sia) il tono perentorio con il quale sono state fornite le risposte lascia supporre che a livello ingegneristico i problemi costruttivi di tale seminatrice siano già stati precedentemente affrontati dai titolari delle ditte oggetto dell'intervista.

Risulta altresì importante notare come, contrariamente a quanto ipotizzato, secondo i titolari delle ditte costruttrici di macchine agricole, i potenziali acquirenti di seminatrici per l'inerbimento differenziato potrebbero essere prevalentemente privati e in second'ordine contoterzisti. Questa valutazione - forse basata sulla redditività delle aziende vitivinicole e/o sulle misure a favore dell'ambiente che sempre più spesso vengono erogate dalle pubbliche amministrazioni –

sottintende l'apertura di un mercato più ampio rispetto all'ipotesi di acquisto da parte di soli contoterzisti e lascia ipotizzare la fattibilità economica di un nuovo processo produttivo connesso alla costruzione di seminatrici per l'inerbimento differenziato.

In questo contesto, lo sviluppo del prototipo realizzato dal Progetto potrebbe rappresentare un importante punto di partenza per le imprese metalmeccaniche intenzionate a sviluppare una propria seminatrice per l'inerbimento del sottofilare e dell'interfilare.

4. RICADUTE ECONOMICHE E AMIBIENTALI

L'innovazione proposta si è dimostrata sostenibile sia dal punto di vista economico che ambientale. Dal punto di vista economico, l'inerbimento del sottofilare con trifoglio sotterraneo ha determinato una riduzione dei costi di gestione del sottofilare variabile in funzione del ricorso o meno ad operazioni c/terzi e alla durata dell'impianto del trifoglio. Si ricorda infatti che i maggiori costi insiti nell'impiego della tecnica di inerbimento del sottofilare (acquisto del seme e semina sotto i filari del vigneto) devono essere "ripartiti" sulla durata dell'impianto del trifoglio sotterraneo che prudenzialmente si può ritenere di 3 anni ma, come risulta dal Progetto, può arrivare anche a 4 e più.

Nel caso in cui le lavorazioni del sottofilare fossero affidate totalmente al contoterzista, il risparmio annuo rispetto alla tecnica ordinaria che non prevede l'inerbimento del sottofilare ma la sua sistematica lavorazione, può oscillare tra gli 80 e i 110 €/ha/anno rispettivamente prevedendo una durata dell'impianto del trifoglio di 3 o 4 anni.

Nel caso in cui le lavorazioni del terreno sotto i filari fossero a carico dell'azienda i risparmi potrebbero variare tra 30 e i 50 €/ha/anno.

Qualora il sottofilare fosse oggetto anche di diserbo chimico (soluzione tecnica molto frequente nelle aziende convenzionali) l'inerbimento del sottofilare con trifoglio sotterraneo determinerebbe risparmi dell'ordine di 150-180€/ha/anno, considerando assegnati ai contoterzisti gli interventi di lavorazione del terreno e diserbo (tabella 25).

ANALISI DEI COSTI DELL'INERBIMENTO SOTTOFILARE	Inerbimento 1 sottofila	Aziendale 1 (2 lavorazioni	Inerbimento 2 sottofila	Aziendale 2 (2 lavorazioni		Aziendale 3 (2 lavorazioni
(€/ha)	(lav.c/terzi)	interceppo)		interceppo)	(lav.c/terzi)	interceppo)
COSTO SEME/ha	98	0	98	0	98	0
1 TRATT. ERBICIDA SULLA FILA (aziendale)	0	0	0	0	0	70
2 LAVORAZIONI DEL TERRENO (C/terzi)	200	200	0	0	200	200
2 LAVORAZIONi DEL TERRENO (aziendali)	0	0	124	124	0	0
SEMINA MANUALE (4 ore aziendali)	60	0	60	0	60	0
SPESA COMPLESSIVA (da ammortizzare in 3 anni)	358	200	282	124	358	270
SPESA COMPLESSIVA ANNUA	119	200	94	124	119	270
<u>differenza (€/ha/anno)</u>		81		30		<u>151</u>
SPESA COMPLESSIVA (da ammortizzare in 4 anni)	358	200	282	124	358	270
SPESA COMPLESSIVA ANNUA	90	200	71	124	90	270
differenza (€/ha/anno)		111		54		<u>181</u>

Tabella 25 - Analisi dei costi per la semina sotto-fila del trifoglio sotterraneo

Oltre ai vantaggi economici accertati a livello aziendale, la diffusione della tecnica di inerbimento sottofilare e interfilare potrebbe determinare vantaggi anche a livello macroeconomico nel momento in cui all'incremento della domanda dei mezzi tecnici necessari per realizzarla (sementi e seminatrici specifiche) facesse seguito l'offerta di produttori italiani di macchine agricole e sementi selezionate.

<u>Dal punto di vista ambientale</u>, le tecniche di inerbimento parziale e totale del vigneto si sono rivelate sostenibili in termini di: riduzione delle emissioni di gas climalteranti, riduzione dei fenomeni erosivi, miglioramento della fertilità del terreno, potenziale riduzione dei rischi di inquinamento da erbicidi delle acque superficiali e profonde, aumento della biodiversità. Esiste al riguardo una ampia letteratura che correla positivamente questi aspetti agroambientali all'inerbimento degli impianti arborei. Nell'ambito del progetto è stato possibile effettuare anche una stima diretta del bilancio del carbonio in 2 aziende partner (Tenuta Monterosola e Podere Spazzavento) utilizzando il modello

di riferimento proposto da Chiriacò et al. (2019) limitatamente alla fase agricola di produzione agricola escludendo dai calcoli la produzione di compost aziendale (**Figura 58**).

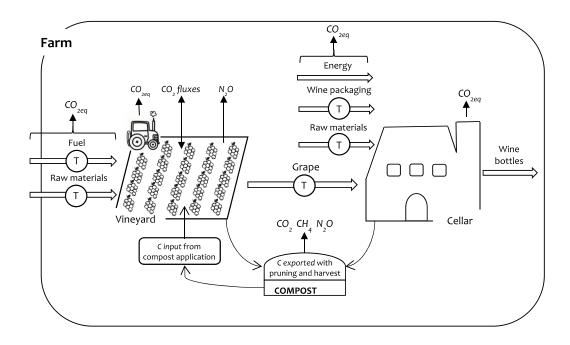


Figura 58 – Schema logico dei flussi (assorbimenti ed emissioni) di un'azienda vitivinicola (immagine rielaborata da Chiriacò et al. 2019)

I dati ottenuti dalle osservazioni di campo e dalla elaborazione dei dati gestionali forniti dalle aziende agricole hanno permesso di calcolare le quantità di CO₂ emesse e assorbite dai 3 "sistemi" analizzati (TA, PI, TI).

Il modello utilizzato prevede: (i) la stima degli assorbimenti di C apportato biologicamente al sistema dal vigneto considerando sia la biomassa prodotta dalle viti (nell'anno e accumulata nel tempo nel legno e nelle radici) che la biomassa prodotta dalla vegetazione erbacea naturale (infestanti) e artificiale (sovesci-inerbimenti); (ii) la stima delle emissioni di C in termini di: "respirazione del terreno", cambiamento dello stock di C del suolo e emissioni dirette prodotte dall'uomo a seguito dell'impiego dei mezzi tecnici necessari per le operazioni di campo.

Bilancio del C calcolato per la Tenuta Monterosola

La **tabella 26** riporta, per ciascuna delle voci sopra ricordate, i valori calcolati per i 3 sistemi gestionali saggiati presso l'Azienda Monterosola ¹

I risultati sintetizzati in tabella evidenziano la capacità del sistema vigneto di "sequestrare" C indipendentemente dal sistema di gestione analizzato. Anche il sistema aziendale, infatti, è risultato in grado di assorbire annualmente 1,71 t CO₂/ha. Il risultato ottenuto dal sistema aziendale non deve sorprendere considerando che l'Azienda opera in regime "biologico" ed effettua il sovescio di favino ogni anno a filari alterni lasciando all'inerbimento naturale il 50% della superficie interfilare.

85

¹ La produzione di uva è stata misurata nel triennio di prova; la produzione di tralci e foglie è stata calcolata utilizzando il modello di ripartizione della biomassa del vigneto proposta da Morande et al. (2017); la respirazione è stata calcolata sulla base del coefficiente di distruzione della sostanza organica K2 proposto da Henin-Depuis (1945) utilizzando coefficienti diversi per terreno arato e sodo desunti da ricerche di lungo periodo condotte da Mazzoncini (c.p.); il cambiamento dello stock di C della biomassa stabile è stato calcolato secondo il modello di ripartizione della biomassa del vigneto proposta da Morande et al. (2017); il cambiamento dello stock di C del suolo è stato calcolato secondo le indicazioni riportate da IPCC, 2006.

	SIS. AZIENDALE	SIS. INERB.PARZIALE	SIS. INERB.TOTALE
Biogenic vineyard C flux:	(t CO2/ha/a)	(t CO2/ha/a)	(t CO2/ha/a)
produzione uva	-1,36	-1,30	-1,30
produzione tralci e foglie	-2,40	-2,28	-2,28
produzione erbacea	-2,08	-3,15	-3,06
respirazione del suolo	3,14	3,25	3,07
Net Ecosystem Exchange	-2,69	-3,48	-3,56
Carbon stock change:	(t CO2/ha/a)	(t CO2/ha/a)	(t CO2/ha/a)
in living biomass			
prod. uva	1,36	1,30	1,30
prod. legno e radici	-0,65	-0,64	-0,64
in soil	=	=	=
Antropogenic vineyard C flux	(t CO2/ha/a)	(t CO2/ha/a)	(t CO2/ha/a)
emissioni da op. colturali 1	0,28	0,24	0,24
Bilancio	-1,71	-2,59	-2,66

Tabella 26 – Azienda Monterosola - Stima delle emissioni (in rosso) e degli assorbimenti (in blu) medi poliennali di C (espresso in CO₂) dei 3 sistemi di gestione del vigneto saggiati.

Come era logico attendersi, l'inserimento del trifoglio nel sottofilare, sia nel sistema di inerbimento parziale che totale, ha determinato un incremento di circa il 55% della capacità di sequestro del C rispetto al sistema aziendale. Detto incremento sembra ricollegabile sia alla produzione di biomassa erbacea da parte del trifoglio, con conseguente incremento del "C input", sia alla non lavorazione del sottofilare alla quale corrisponde una minore mineralizzazione del C organico nei terreni e quindi un incremento dello stock di C nel suolo.

L'uso differenziato delle macchine agricole nei 3 sistemi analizzati non ha determinato differenze significative in termini di emissioni dirette in quanto le maggiori emissioni connesse al maggiore utilizzo di macchine agricole per l'impianto del trifoglio sono state ripartite su un periodo di 4 anni.

Bilancio del C calcolato per il Podere Spazzavento

La **tabella 27** riporta, per ciascuna delle voci sopra ricordate, i valori calcolati per i sistemi gestionali saggiati presso il Podere Spazzavento.

I risultati ottenuti evidenziano la capacità del sistema vigneto di "sequestrare" C indipendentemente dal sistema di gestione analizzato. Anche il sistema aziendale, infatti, è risultato in grado di assorbire annualmente 1,02 t CO₂/ha (quantità modesta ma comunque utile alla lotta ai cambiamenti climatici). Con l'inerbimento parziale del vigneto nel sottofilare (PI) la capacità di sequestro del carbonio del sistema vigneto è raddoppiata rispetto al sistema privo di ogni inerbimento programmato (TA) e più che quadruplicata nel caso dell'inerbimento totale del vigneto (TI).

Detti incrementi sembrano ricollegabili essenzialmente:

- 1. alla biomassa erbacea prodotta dal trifoglio nel sottofilare e dal mix nell'interfilare
- 2. alla minore mineralizzazione del C organico nei terreni non lavorati nel sottofilare e nell'interfilare
- 3. alle minori emissioni dirette legate all'uso differenziato delle macchine agricole (si ricorda che le emissioni prodotte dalle operazioni di preparazione del terreno e semina del trifoglio sono state "ripartite" in 4 anni.

	SIS. AZIENDALE	SIS. INERB.PARZIALE	SIS. INERB.TOTALE
Biogenic vineyard C flux:	(t CO2/ha/a)	(t CO2/ha/a)	(t CO2/ha/a)
produzione uva	-1,95	-1,96	-1,99
produzione tralci e foglie	-3,42	-3,44	-3,51
produzione erbacea	-1,42	-2,27	-4,51
respirazione del suolo	4,36	4,27	4,07
Net Ecosystem Exchange	-2,42	-3,40	-5,95
Carbon stock change:	(t CO2/ha/a)	(t CO2/ha/a)	(t CO2/ha/a)
in living biomass			
prod. uva	1,95	1,96	1,99
prod. legno e radici	-0,82	-0,81	-0,82
in soil	=	=	=
Antropogenic vineyard C flux	(t CO2/ha/a)	(t CO2/ha/a)	(t CO2/ha/a)
emissioni da op. colturali 1	0,28	0,12	0,12
Bilancio	-1,02	-2,14	-4,65

Tabella 27 – Podere Spazzavento - Stima delle emissioni (in rosso) e degli assorbimenti (in blu) medi poliennali di C (espresso in CO₂) dei 3 sistemi di gestione del vigneto saggiati.

Il bilancio del C dei vigneti del Podere Spazzavento risulta verosimilmente sottostimato in quanto non tiene conto delle possibili variazioni positive dello stock di carbonio organico nel suolo legate al protrarsi nel tempo delle tecniche di inerbimento e non-lavorazione (tabella 19 - dati mancanti alla voce "carbon stock change in soil"). Il mancato computo di questa importante componente del bilancio del C deriva dalla impossibilità di apprezzare le variazioni della sostanza organica del terreno eventualmente maturate dopo alcuni anni di inerbimento ripetuto e ciò a causa della mancata autorisemina del trifoglio nei tre anni di sperimentazione.

Rispetto ai risultati ottenuti dai vigneti di Monterosola, le differenze tra il sistema aziendale e quelli "alternativi" - che prevedevano intensità diverse di inerbimento - sono risultate decisamente più evidenti. Il motivo di queste maggiori differenze va ricercato nei più bassi valori di assorbimento del sistema di gestione aziendale di riferimento causati dall'assenza di sovescio previsto nel sistema aziendale ad inerbimento parziale a Monterosola ma non al Podere Spazzavento.

5. QUADRO DELLE ATTIVITÀ DI TRASFERIMENTO DI CONOSCENZE REALIZZATE

Nell'ambito delle attività formative previste nel <u>progetto mis.1.1 IOCONCIV</u> sono stati **completati tre corsi** di formazione brevi, uno per ciascuna tipologia individuata in domanda d'aiuto, sui sei stabiliti.

I corsi sono stati realizzati nell'ultimo anno di attuazione del progetto, tra gennaio e luglio 2023. Tale slittamento dei tempi di attuazione delle attività formative è da imputarsi in un primo momento all'avvio posticipato del progetto, condizionato alla sottoscrizione del contratto di assegnazione del contributo, successivamente all'avvento del periodo di emergenza pandemica, e in seguito alla copiosità delle iniziative formative e informative messe a disposizione degli agricoltori nei mesi di minor impegno in campo e legate ai numerosi progetti finanziati sulle misure 1 del PSR. Si consideri inoltre che i corsi di formazione relativi alla gestione del vigneto, ove era previsto di illustrare i risultati delle prove effettuate nell'ambito del GO, erano necessariamente da pianificarsi nella fase finale di realizzazione del progetto.

Nel gennaio 2023 è stato realizzato on line il primo corso breve *Nuovi strumenti per la promozione delle produzioni e di valorizzazione dei processi produttivi a basso impatto ambientale: aspetti di marketing e web marketing*. Al corso, della durata di 10 ore, si sono iscritti 21 partecipanti di cui 11 risultati idonei per aver frequentato almeno il 70% delle ore.

Successivamente, nel maggio 2023 è stato realizzato il corso *L'equilibro vegeto produttivo della vite: tecniche e strumenti sostenibili di controllo delle infestanti, delle fitopatologie e di impiego dei fattori produttivi*. Il corso, della durata di 15 ore, era stato concepito per svolgersi per la prima parte (7 ore) in aula, poi convertita in modalità a distanza, e da una giornata (8 ore) in visita guidata presso CRPV a Tebano (Faenza – RA). Considerato lo stato di emergenza dichiarato a maggio per l'ondata di maltempo che ha colpito l'Emilia-Romagna, e data la rilevanza delle prove in campo svolte presso dell'azienda partner del GO Tenuta Monterosola (Volterra - PI), si è ritenuto opportuno svolgere la visita studio presso quest'ultima. Al corso hanno partecipato 17 utenti dei quali 14 sono risultati idonei.

A seguire, il corso *La gestione della risorsa idrica nel vigneto in relazione agli andamenti climatici e al ciclo colturale: dall'impianto alla gestione del suolo* è stato realizzato tra fine giugno e inizio luglio 2023, in modalità a distanza allo scopo di intercettare il maggior numero di viticoltori potenzialmente interessati distribuiti in tutto il territorio regionale, consentendo loro di partecipare in periodo di forte impegno in vigna. Dei 17 iscritti al corso, 13 sono risultati idonei.

Si riporta in **tabella 28** il prospetto riepilogativo della programmazione didattica attuata per i tre corsi realizzati.

	Corso di formazione Nuovi strumenti per la promozione delle produzioni e di valorizzazione di processi produttivi a basso impatto ambientale: aspetti di marketing e web marketing (matricola 08638620101B)						
Data avvio: 16 gennaio 2023 Location: Piattaforma ZOOM	- 16/01/2023 (14:00 - 18:00) Value Proposition Design e Business Canvas – Ilaria Mazzoli - 20/01/2023 (10:00 - 13:00) Marketing e comunicazione: marketing strategico e operativo – Ilaria Mazzoli - 23/01/2023 (10:00 - 13:00) Marketing e comunicazione: marketing strategico e operativo – Ilaria Mazzoli						
Corso di formazione L'equilibrio vegeto produttivo della vite: tecniche e strumenti sostenibili di controllo delle infestanti, delle fitopatologie e di impiego dei fattori produttivi (matricola 08638620201B)							
Data avvio: 17 maggio 2023	- 17/05/2023 (09:00 - 11:00) Impiego sostenibile dei fattori produttivi nel vigneti – Claudio D'Onofrio						

Location: 18/05/2023 (09:00 - 13:00) piattaforma ZOOM + Difesa sostenibile delle malattie del vigneto – Lorenzo Cotrozzi visita in presenza 19/05/2023 (09:00 - 11:00) (Tenuta Monte Controllo sostenibile delle infestanti nel vigneto – Lorenzo Tramacere Rosola) 23/05/2023 (09:00 – 13:00 14:00 - 18-00) Visita guidata Tenuta Monte Rosola (Volterra, PI): obiettivi, attività e risultati del GO, attività di networking e progetto OPER8, il prototipo di seminatrice messa a punto nell'ambito del progetto, le prove di diserbo del sottofila con acido pelargonico, visita ai campi prova, visita alla cantina, confronto tra viticoltori - Marco Mazzoncini, Lorenzo Tramacere, Cristian Frasconi, Anna Ciancolini, Claudia Fedi Corso di formazione La gestione della risorsa idrica nel vigneto in relazione agli andamenti climatici e al ciclo colturale: dall'impianto alla gestione del suolo (matricola 08638620301B) Data avvio: 27/06/2023 (11:00 - 13:00) 27 giugno 2023 La gestione della risorsa idrica in relazione ai cambiamenti climatici - Giovanni Rallo Location: 28/06/2023 (11:00 - 13:00) Piattaforma ZOOM Tecniche irrigue sostenibili per il vigneto: progettazione e gestione degli impianti irrigui – Giovanni Rallo 29/06/2023 (11:00 – 13:00) Tecniche irrigue sostenibili per il vigneto: monitoraggio e gestione dello stato idrico del sistema suolo vite - Giovanni Rallo 05/07/2023 (11:00 – 13:00) La gestione sostenibile del suolo nel vigneto – Daniele Antichi 07/07/2023 (11:00 – 13:00) La gestione vegeto-produttiva del vigneto – Claudio D'Onofrio

Tabella 28 – Prospetto riepilogativo della calendarizzazione e relativi argomenti dei corsi.

Ai tre corsi, che hanno riscosso un positivo interesse tra i viticoltori, nonostante il periodo di intensa attività in campo nei mesi primaverili, si sono iscritti complessivamente 55 agricoltori, 38 dei quali risultati idonei, con una ripartizione bilanciata tra componente maschile (20) e femminile (18). Tuttavia, esaminando gli utenti di ciascun corso, la presenza femminile risulta predominante nel corso sugli aspetti di marketing (9 donne su 11) ma limitata nei due corsi sugli aspetti tecnici relativi alla gestione del vigneto (9 donne su 27), come si evince dal prospetto estratto dal DB Agro e caricato su ARTEA nella domanda di saldo.

I corsi, in particolare la giornata in visita presso Tenuta Monte Rosola nell'ambito della quale sono stati resi noti attività e risultati del GO IOCONCIV, hanno avuto un'ampia risonanza mediatica (tabella 29).

Fonte	Link
Italia 7 - TGT	https://youtu.be/ulyKpqVvoiQ
Intoscana.it	https://www.intoscana.it/it/articolo/vino-arriva-la-seminatrice-anti-infestanti-ideata-dai-viticoltori/
Vigneviniequalità.it	https://vigneviniequalita.edagricole.it/featured/la-toscana-sperimenta-nei-vigneti-le-seminatrici-anti-infestanti/
Wechianti.com	https://www.wechianti.com/2023/05/15/vino-coldiretti-toscana-una- seminatrice-anti-infestanti-ideata-dai-viticoltori/
Italiaoggi.it	https://www.italiaoggi.it/news/contro-le-malattie-e-gli-infestanti-nel-vigneto-inerbimento-naturale-e-acido-pelargonico-2603008
Gonews.it	https://www.gonews.it/2023/05/23/viticoltura-sempre-piu-virtuosa-e-sostenibile-con-linerbimento-naturale-e-luso-di-una-seminatrice-anti-infestanti/

Agrapress.it	https://www.agrapress.it/2023/06/toscana-coldiretti-da-27-6-corso-on-line-gratuito-su-gestione-della-risorsa-idrica-nel-vigneto
Floraviva.it	https://www.floraviva.it/news/filiera-vite-vino/inerbimento-e-seminatrice-anti-infestanti-per-viticoltura-ecologica.html
Toscanachiantiambiente.it	https://www.toscanachiantiambiente.it/vigneti-toscani-liberi-da-erbicidi-grazie-al-trifoglio-sotterraneo-e-alla-seminatrice-anti-infestanti/

Tabella 29 – Principali articoli e servizi giornalistici e televisivi realizzati in riferimento alle attività svolte anche in riferimento al progetto IOCONCIV misura 1.1

In merito alle iniziative divulgative stabilite nell'ambito del progetto mis.1.2 IOCONCIV, sono state realizzate entrambe le **presentazioni pubbliche** previste in domanda d'aiuto, sebbene in modalità a distanza a causa delle limitazioni introdotte per il contenimento del contagio da Covid-19, nel caso del primo webinar, e nell'intento di ampliare il bacino di utenza e agevolare la partecipazione dei viticoltori in un periodo di intensa attività in campo, nel caso del secondo webinar.

Il webinar *Innovatori di natura*, realizzato il 13.11.2020, ha costituito un'opportunità per raccontare le potenzialità legate alle innovazioni introdotte nell'ambito di quattro Gruppi Operativi: GO-CARD, OLIMPOLLI, TINIA e IOCONCIV. L'evento ha riscontrato ampia risonanza, grazie al coinvolgimento del personale CAICT, dei partner coinvolti nei quattro progetti e attraverso la rete di contatti stabiliti con gli agricoltori interessati alle quattro tematiche e con altri potenziali utenti.

Sebbene sul registro risultino 62 presenze, in effetti occorre considerare anche coloro che si sono collegati via Zoom e via FaceBook dei quali non è stato possibile reperire i moduli di iscrizione. Il bacino di utenti raggiunti si va ad ampliare ulteriormente, sommando le attuali 4.324 visualizzazioni della registrazione del webinar, tutt'ora disponibile sulla pagina FaceBook Coldiretti Toscana (https://www.facebook.com/coldiretti.toscana/videos/451349705854401).

Il secondo webinar su *La gestione sostenibile delle infestanti del vigneto* si è tenuto a il 06.07.2023, con l'intento di illustrare gli obiettivi e i risultati conseguiti nell'ambito del Gruppo Operativo IOCONCIV.

L'iniziativa è stata realizzata in un periodo di intesa attività dei viticoltori in campo e in coincidenza con i corsi di formazione legati alla misura 1.1 IOCONCIV su tematiche affini, al fine di rispettare il termine stabilito per la conclusione delle attività. Nonostante ciò, si sono collegati al webinar 31 partecipanti.

I materiali informativi previsti nel progetto (sito web dedicato, videoracconto, news/post, brochure, cartellonistica di segnalazione dei campi prova) sono stati interamente realizzati ad eccezione della brochure, ritenuta uno strumento di impatto limitato, visto l'impiego diffuso dei canali digitali come fonte di informazioni e considerato il ricorso alla modalità a distanza per le iniziative formative e informative legate al progetto. Al contempo, si è ritenuto opportuno aggiungere ulteriori prodotti non previsti inizialmente, volti a una migliore divulgazione dei vari aspetti legati al progetto, quali la realizzazione di un logo del progetto e di video risposte alle FAQ.

Il **sito web** dedicato al progetto (https://www.ioconciv.it/) è articolato in sei pagine, oltre alla homepage in cui è anche presente una Photogallery. Nelle sezioni "Iniziative" e "News" sono state pubblicate 14 notizie legate al progetto; nella sezione "Documenti" è possibile scaricare la scheda sintetica del progetto, il videoracconto, le presentazioni utilizzate dai relatori in occasione delle iniziative. Nella sezione "FAQ" sono caricati i video che rispondono ai dubbi emersi con maggiore

frequenza in occasione degli incontri con gli agricoltori: questo materiale, non previsto in sede di domanda d'aiuto, è stato realizzato dal personale CAICT con il supporto dei materiali raccolti dal fornitore (ATOM Production) nell'ambito del GO IOCONCIV.

Nel sito è anche presente un'area riservata, accessibile ai partner del progetto, contenente la *Timeline* delle attività svolte nell'ambito delle varie misure, collegate ai rispettivi documenti e ai materiali fotografici raccolti.

Il **videoracconto**, visualizzabile nella sezione "Documentazione" del sito web del progetto, è stato realizzato con il supporto del fornitore individuato in domanda d'aiuto (ATOM Production) conformemente a quanto previsto, analogamente alla **cartellonistica** corredata di pali di supporto per la collocazione presso i quattro campi utilizzati per le prove del progetto.

Complessivamente, nell'ambito delle attività divulgative sono stati realizzati almeno 37 materiali informativi (news, post, articoli, servizi), ben oltre i 20 previsti in domanda d'aiuto, divulgati tramite la rete di referenti provinciali per la formazione di CAICT, oltre che tramite il sito web dedicato al progetto (https://www.ioconciv.it/), nella sezione news del sito Coldiretti Toscana (https://toscana.coldiretti.it/), sulla pagina FaceBook Coldiretti Toscana (https://toscana.coldiretti.it/), osulla pagina FaceBook Coldiretti Toscana (https://www.facebook.com/coldiretti.toscana/).

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Sviluppo di una seminatrice adatta alla semina delle colture di copertura sia nel sottofilare che nell'interfilare e verifica della sua funzionalità ed efficienza.

Il prototipo messo a punto nell'ambito del progetto - studiato per effettuare contemporaneamente la lavorazione del terreno e la semina di colture di copertura nel sottofila e nell'interfila del vigneto anche utilizzando specie diverse - ha evidenziato nel corso delle prove di campo alcune criticità connesse sia all'impostazione generale dell'operatrice che alla funzionalità di alcuni suoi componenti.

Il particolare, il collaudo avvenuto nell'ambito delle attività di progetto ha evidenziato l'inadeguatezza dell'uso "combinato" della seminatrice come strumento per la lavorazione del terreno e al tempo stesso come seminatrice vera e propria. La ridotta dimensione dei semi da utilizzare sotto i filari e tra i filari del vigneto suggerisce un ottimo affinamento del terreno non ottenibile in un unico passaggio con il prototipo realizzato (o qualunque altro mezzo). Infatti, la natura dei terreni destinati alla viticultura e la vicinanza temporale della vendemmia all'epoca di semina delle colture di copertura, induce spesso il viticoltore ad intervenire con le lavorazioni su terreno umido con conseguenti difficoltà di affinamento. In queste condizioni si genera spesso una zollosità eccessiva rispetto alle dimensioni dei semi da utilizzare per l'inerbimento; questi, cadendo tra una zolletta e l'altra, non riescono più ad emergere o, al contrario, non vengono sufficientemente interrati e rimangono facile preda di insetti e uccelli.

Il Progetto insegna quindi che occorre preparare il terreno per la semina delle essenze da sottofilare e interfilare con largo anticipo rispetto all'epoca di semina. Così facendo si effettua anche una sorta di falsa semina che contribuisce a rendere la strategia dell'inerbimento più efficace in termini di controllo della flora infestante.

Un'altra criticità legata invece alle componenti del prototipo riguarda la difficoltà di regolazione della dose di semina.

Per superare queste criticità sono state effettuate sostanziali modifiche del prototipo che dovrebbero migliorare sensibilmente la sua funzionalità. Purtroppo, per una serie di inconvenienti non dipendenti dai soggetti coinvolti nel Progetto, non è stato ancora possibile verificare su scala più ampia la rispondenza tecnica e l'efficacia di dette modifiche.

Il prototipo rappresenta comunque un primo e importante passo per lo sviluppo di più efficienti e sofisticate seminatrici per la semina "differenziata" delle colture di copertura nei vigneti, tecnica che sta trovando sempre più consenso tra tecnici e viticoltori.

(i) Monitoraggio degli effetti prodotti dall'inerbimento dell'interfilare e del sottofilare sul "sistema vigneto"

Il monitoraggio degli effetti prodotti dall'inerbimento del sottofilare (tecnica di inerbimento parziale) e del sottofilare insieme all'interfilare (tecnica di inerbimento totale) sul "sistema vigneto" ha riguardato: la produzione di biomassa del trifoglio cresciuto nel sottofilare, la sua capacità di controllo delle infestanti, gli apporti di N e C al vigneto derivanti dalla sua introduzione, le produzioni di uva, le eventuali variazioni di alcune importanti caratteristiche chimiche del terreno e il bilancio del C della fase di produzione agricola.

Per quanto riguarda la capacità produttiva del trifoglio sotterraneo (risultata inversamente correlata a quella delle infestanti presenti nel sottofilare) durante il triennio di attività sono state osservate differenze significative tra le aziende partner del progetto, le annate e soprattutto tra le semine effettuate manualmente e quelle "naturalmente" dal trifoglio stesso grazie alla sua capacità di autoriseminarsi. Questa capacità, stimata a inizio progetto in 3 anni, si è rivelata superiore di almeno 1 anno e si suppone che possa con facilità arrivare a 5 anni con evidenti ricadute sulla ripartizione dei costi di impianto a livello aziendale. In genere le annate in cui il trifoglio è riuscito ad

autoriseminarsi correttamente sono risultate più produttive (in termini di biomassa) e quindi il controllo spontaneo delle infestanti da parte del trifoglio è risultato più efficace.

Un ruolo meno determinante sull'insediamento del trifoglio è stato giocato dall'epoca di semina; anche se convenzionalmente si ritiene che questa debba collocarsi a inizio autunno, prima dei freddi invernali, le esperienze condotte in areali anche molto diversificati per condizioni climatiche e pedologiche hanno dimostrato che è possibile ottenere buoni risultati produttivi anche con semine invernali (fine dicembre). In questi casi però lo sviluppo del trifoglio è risultato abbastanza lento consentendo alle specie infestanti di svilupparsi senza trovare una adeguata competizione che si realizza solo a partire dal mese di marzo-aprile. A questo riguardo potrebbe essere opportuno preparare anticipatamente il terreno del sottoflilare anche per indurre una sorta di "falsa semina" e quindi ridurre il potenziale di semi infestanti germinabili.

Se ben sviluppato al primo anno di semina, il trifoglio sotterraneo si è dimostrato in gradi di autoriseminarsi in maniera consistente per più di 3 anni (quelli previsti dal Progetto) non manifestando cali di produttività in termini di biomassa. Ovviamente, per ottenere questi risultati è necessario non "disturbare" in alcun modo la biomassa del trifoglio nel periodo successivo alla fioritura. Sulla base dei dati raccolti sembra possibile stimare, almeno per gli ambienti saggiati, una produzione media di biomassa da parte del trifoglio di 3,5-4,5 t/ha/anno di sostanza secca.

In tutti i casi analizzati, è stata osservata una relazione inversa tra la biomassa prodotta dal trifoglio all'inizio della fioritura (metà maggio nel caso della varietà utilizzate per il Progetto) e la biomassa delle infestanti presenti sulla stessa superficie di terreno. Col passare degli anni, nei sottofilari dove il trifoglio sotterraneo ha potuto riprodursi indisturbato, il controllo della flora infestante è risultato più efficiente indipendentemente dalla biomassa prodotta dal trifoglio. Con rese in biomassa di 3,5-4,5 t/ha/anno di sostanza secca è stato possibile contenere la biomassa delle infestanti finanche al 3% dell'intera biomassa prodotta dal trifoglio nel sottofilare.

Il contenimento della flora infestante ad opera della biomassa del trifoglio si è manifestato anche in estate quando ad opporsi alla germinazione e alla crescita delle infestanti è stata la biomassa secca del trifoglio (dead mulch). In queste condizioni, durante l'estate e fino alla vendemmia la presenza di infestanti non si è differenziata sostanzialmente dai testimoni aziendali lavorati in primavera e autunno.

Anche se la superficie del sottofilare occupata dal trifoglio interessa mediamente il 20% dell'intera superficie del vigneto, se adeguatamente sviluppata (3,5-4,5 t di s.s./ha) la biomassa del trifoglio può contribuire a soddisfare parzialmente ma in modo significativo il fabbisogno di azoto della coltura e influenzare positivamente il suo assorbimento durante l'estate. Con i livelli produttivi medi sopra ricordati, è stato misurato un apporto di N e C da parte della sola parte epigea del trifoglio pari, rispettivamente, a 20-22 Kg/ha/anno e a 0,30-0,33 t/ha/anno, valori non trascurabili in considerazione (i) delle moderate asportazioni medie di azoto dei vigneti considerati e (ii) dei modesti flussi di C di origine antropica che caratterizzano la fase agricola del sistema vigneto.

Dal punto di vista produttivo, la presenza del trifoglio sotterraneo nel sottofilare, accoppiata o meno all'inerbimento dell'interfilare, ha influenzato moderatamente la produttività del vigneto in relazione all'annata e alla biomassa prodotta dal trifoglio. Rispetto al testimone aziendale, a fronte di riduzioni produttive massime del 9-10% registrate nelle condizioni peggiori, si è assistito anche a leggeri incrementi produttivi del 2-6% in quelle migliori.

Dal punto di vista della qualità dell'uva, laddove il trifoglio si è riprodotto per più anni sullo stesso terreno si è potuto riscontrare un incremento dell'azoto totale presente nel succo delle uve provenienti dalle viti inerbite con trifoglio. Ciò sembra trovare riscontro in un tendenziale incremento della sostanza organica e dell'azoto totale del terreno del sottofilare dove il trifoglio si è riprodotto per più anni (3-4).

Relativamente a tutti gli aspetti di cui sopra non sono state osservate differenze apprezzabili tra la tecnica di inerbimento parziale (inerbimento con trifoglio del solo sottofilare) e quella di inerbimento totale (inerbimento con trifoglio del sottofilare e con mix di foraggere nell'interfila).

Dal punto di vista del bilancio del carbonio, le tecniche di inerbimento saggiate hanno consentito di ridurre le emissioni di gas climalteranti e incrementare il sequestro del C. Nelle aziende ove si è potuto effettuare il bilancio del C, l'inerbimento parziale ha più che raddoppiato la capacità di sequestro del C del vigneto mentre con l'inerbimento totale detta capacità è stata triplicata rispetto alla gestione ordinaria (in assenza di sovescio).

(ii) Valutazione della efficacia di un nuovo prodotto erbicida a base di acido pelargonico

In considerazione (i) del quadro malerbologico all'interno del quale è stato effettuato il saggio e (ii) dell'assenza di sistematicità del prodotto saggiato, il livello di infestazione del sottofilare all'inizio dell'estate, dopo due applicazioni del prodotto erbicida, è risultato del tutto accettabile rispetto al testimone. L'erbicida a base di acido pelargonico, con 2 trattamenti, è infatti riuscito a contenere molto bene le piante di loietto già accestite presenti nel vigneto in prova e frutto di una pressione di selezione esercitata dal glifosate distribuito sistematicamente in azienda nel corso degli anni.

Verso *Convolvulus arvensis* il prodotto utilizzato ha sortito un effetto disseccante immediato ma non sufficiente a devitalizzare i suoi sistemi agamici di riproduzione anche se ripetuto per 2 volte e ciò indipendentemente dal dosaggio utilizzato.

All'inizio di luglio la presenza media di infestanti nei due sistemi trattati con il nuovo erbicida a dosi diverse non si è differenziata mentre per quanto riguarda l'effetto antispollonante sulla vite, si è potuta osservare una maggiore efficacia dell'erbicida applicato 2 volte alla dose massima e ciò indipendentemente dalla lunghezza dei polloni al momento del trattamento.

TABELLA RIASSUNTIVA DEI PRINCIPALI RISULTATI CONSEGUITI

- adeguata capacità di controllo delle infestanti da parte del trifoglio sotterraneo (da verificare nel lungo periodo)
- moderati effetti negative dell'inerbimento (parziale e totale) sulla produttività della vite e la qualità delle uve (da verificare nel lungo periodo insieme allo stato nutrizionale della vite, controllo dei polloni, qualità delle uve)
- apprezzabile riduzione dei costi
- miglioramento della fertilità del terreno (da verificare nel lungo periodo insieme ad altre caratteristiche del terreno come umidità e stabilità della struttura)
- riduzione delle emissioni di GHGs
- incremento degli assorbimenti di CO₂
- incremento della biodiversità (stima)
- riduzione dell'erosione del terreno (stima)
- riduzione del rischio di lisciviazione degli erbicidi (stima)

Nel complesso, sulla base dei risultati del Progetto, si ritiene che le tecniche di inerbimento saggiate, così come l'uso del nuovo erbicida a base di acido pelargonico, possano contribuire significativamente a migliorare la sostenibilità dei sistemi viticoli toscani.

Le tecniche di inerbimento saggiate nell'ambito del Progetto hanno evidenziato tutti quei caratteri distintivi di sostenibilità richiesti da tecniche agronomiche in linea con i tempi, a cominciare dalla riduzione degli input esterni connessi al minore impiego di erbicidi, di azoto di sintesi e di energia fossile.

L'applicazione ripetuta nel tempo dell'innovazione proposta può produrre importanti benefici ambientali (riduzione dell'erosione idrica, migliore infiltrazione delle acque meteoriche, miglioramento complessivo della fertilità del terreno, riduzione delle emissioni di gas climalteranti) ai quali vanno accoppiati i vantaggi economici derivanti dai minori costi di gestione dell'interfilare del vigneto.

In considerazione del successo già incontrato dell'innovazione proposta in aziende viticole dell'Emilia e degli interessanti risultati ottenuti in almeno 3 delle 4 aziende che hanno preso parte al Progetto, tra loro significatamene diversificate per natura dei terreni, esposizione e piovosità, è lecito considerare la tecnica dell'inerbimento del sottofilare come facilmente trasferibile in molti altri contesti della regione Toscana e non solo.

Rimarrà comunque indispensabile "tarare" la tecnica proposta in base alle specificità degli areali di possibile introduzione modificando essenzialmente la precocità della cultivar di trifoglio sotterraneo da utilizzare nell'inerbimento del sottofilare, l'epoca di semina e la scelta delle essenze/a da utilizzare per l'inerbimento del sottofilare.

ABSTRACT ANCHE IN LINGUA INGLESE

Under-row weed control, soil fertility decrease, biodiversity loss, soil erosion and chemicals use increase represent the weakness points of most of the vineyard system in Tuscany. Inter-row and under-row vineyard grass covering might somewhat overcome these criticalities.

The Project has tested these eco-friendly techniques in 4 farms, located in Tuscany, with different soil characteristics and management systems (conventional and organic). Each farm tested 3 vineyard soil and weed management systems during a 3-year period (2019-20; 2020-21; 2021-22). The tested management systems were: (TA) conventional system based on under-row and interrow soil tillage + herbicide application under-row (for conventional farming); (PI) under-row grass covering by *Triflolium subterraneum* + inter-row conventionally managed; (TI) under-row grass covering by *Triflolium subterraneum* + inter-row grass covering by different species mixture.

Covering under-row by *Triflolium subterraneum* has allowed to maintain the soil always covered both in winter (as living mulch) and in summer (as dead mulch). Soil covering with PI e TI has reduced weed biomass in vineyard up to acceptable levels compare to (TA). More biomass the *Triflolium subterraneum* was able to produce, lower was the weed biomass.

Covering under-row and inter-row in some cases has reduced grape production up to 10% respect to TA but in other case it has increased production up to 6%.

Grape quality was no affected by grass covering but the grape coming from rows where *Triflolium* subterraneum has grown continuously since 2019 showed higher nitrogen content according to the higher soil total nitrogen content.

The innovative techniques tested in Tuscany (and previously in Emilia) has proved to by sustainable from the economic end environmental point of view reducing variable costs and external input use at farm level.

Grass covering (both under-row and under-row + inter-row) has significantly improved vineyard C balance increasing C sequestration in soil and in living biomass and reducing anthropogenic emission. According with a large scientific literature on this topic, grass covering will be able to increase soil fertility and biodiversity, and to reduce water soil erosion in the long period.

Besides that, within its activities, the Project has also provided a seeder prototype able to sow different species in different area of the vineyard (under-row or/and inter-row).