



Importanza della fertilità del suolo per la resilienza dei sistemi colturali ai cambiamenti climatici: la prospettiva dei produttori agricoli



Lo studio, realizzato nel 2022, ha intervistato 585 soggetti del settore agricolo (produttori prevalentemente e altri operatori) con l'obiettivo di capire la realtà e le loro opinioni sull'argomento, al fine di rendere maggiormente efficace ed incisiva l'applicabilità dei risultati della ricerca tema.



Cofinanziato
dall'Unione europea



Regione Emilia-Romagna



INDICE

Premessa.....	3
Introduzione e materiali e metodi	5
Risultati.....	9
Discussione.....	19
Conclusioni.....	30

PREMESSA

Il presente lavoro è parte integrante del progetto dal titolo: “Strategie per l’adattamento e la resilienza dei sistemi colturali al cambiamento climatico, con tecniche innovative che permettano il ripristino della fertilità dei terreni” presentato nell’ambito dell’Intervento SRG01 - OS4 sul Programma regionale di sviluppo rurale 2023 - 2027 - CoPSR 2023-2027 Emilia-Romagna dove l’obiettivo generale è quello di mettere a punto strategie per l’adattamento e la resilienza dei sistemi colturali al cambiamento climatico, attraverso l’adozione di tecniche innovative che permettano il ripristino della fertilità dei terreni.

In particolare il progetto opera attraverso la realizzazione diversi obiettivi specifici:

- Valutare, con prove parcellari su frumento tenero, una delle principali colture in Emilia Romagna, l’efficacia in termini generali, di tecnologie a basso impatto ambientale basate sull’applicazione di prodotti biostimolanti innovativi distribuiti sia in concia che al terreno per ripristinare buone condizioni, nei terreni compromessi a causa dell’alluvione, con la valutazione delle rese e delle caratteristiche qualitative del prodotto;
- Realizzazione di una sperimentazione ‘on farm’ a basso impatto ambientale, con l’applicazione di prodotti biostimolanti innovativi distribuiti in concia e/o al terreno, per la gestione di frumento tenero, sorgo, mais e girasole in pieno campo; l’applicazione dei prodotti biostimolanti sarà gestibile utilizzando le comuni attrezzature presenti in azienda, nei terreni alluvionati e non alluvionati, con la valutazione delle rese e delle caratteristiche qualitative del prodotto;
- Valutare lo stato iniziale dei suoli e delle acque di falda nelle aziende agricole sede della sperimentazione, sia alluvionate che non alluvionate, e l’impatto delle soluzioni innovative proposte sulla capacità di ripristinare buone condizioni a livello di rizosfera, a livello della microfauna edafica, e della qualità delle acque; l’evoluzione degli indicatori verrà seguita per due annate agrarie;
- Elaborazione complessiva dei dati relativi alla sperimentazione in campo e alle analisi e valutazioni effettuate sul suolo e sulle acque; individuazione di un modello di best practices, che comprenda strategie per l’adattamento e la resilienza dei sistemi colturali al cambiamento climatico, attraverso la definizione di tecniche innovative a

basso impatto che permettano il ripristino della fertilità dei terreni e buone rese e qualità del prodotto. Inoltre, si valuterà l'impatto dei biostimolanti sulla redditività delle colture e sulle filiere alimentari del territorio oggetto di analisi.

Questa attività costituisce un supporto tecnico che può valorizzare e completare la proposta progettuale, poiché ha realizzato una intervista a 585 soggetti del settore agricolo (produttori prevalentemente e altri operatori) con l'obiettivo capire la realtà e le loro opinioni sull'argomento, al fine di rendere maggiormente efficace ed incisiva l'applicabilità dei risultati della ricerca.

I contenuti del lavoro sono stati tradotti e sintetizzati e sono visibili integralmente, insieme alla bibliografia su ScienceDirect al seguente link:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667006223000369#:~:text=With%20regard%20to%20climate%20change,in%20soil%20water%20storage%20capacity%2C>

Gli autori sono:

Melanie Katrin Wolf - Department of Agronomy and Organic Farming, Martin-Luther-Universität at Halle-Wittenberg, Halle (Saale) 06120, Germany;

Martin Wiesmeier - Bavarian State Research Institute for Agriculture, Chair of Soil Sciences, TUM School of Life Sciences Weihenstephan, Technical University of Munich, Freising 85354, Germany; Chair of Soil Sciences, TUM School of Life Sciences Weihenstephan, Technical University of Munich, Freising 85354, Germany;

Janna Macholdt - Department of Agronomy and Organic Farming, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle (Saale) 06120, Germany.

Questa relazione rappresenta la raccolta dei risultati dello studio di fattibilità realizzato nel 2024 e 2025, nell'ambito della Azione B1, sull'attività a.

Le immagini sono Pixabay, quando non diversamente specificato.

INTRODUZIONE E MATERIALI E METODI

Introduzione

La produzione agricola deve aumentare in modo significativo per stare al passo con la crescente domanda di cibo di una popolazione mondiale in crescita. Questa sfida diventa ancora più difficile in un contesto di cambiamenti climatici e di rischi agronomici legati alla riduzione delle rese.

Come è noto la maggior parte degli alimenti deriva dalla gestione dei suoli agricoli, di conseguenza la sicurezza alimentare è fortemente dipendente dal mantenimento della produttività del suolo.

Da un punto di vista agronomico, la fertilità del suolo può essere descritta come la produttività del suolo e la sua capacità di fornire le condizioni di crescita favorevoli necessarie alle piante per ottenere rese stabili ed elevate.



Nonostante la disponibilità di numerosi indicatori della fertilità del suolo, come pH del suolo, contenuto di sostanza organica del suolo, contenuto di nutrienti disponibili (ad es., nitrato, fosfato), elementi scambiabili (Ca, Mg, K), capacità di scambio cationico, respirazione del suolo, attività microbica, contenuto di carbonio/azoto microbico, vitalità del suolo (ad es., abbondanza di lombrichi) e struttura del suolo (ad es., densità

apparente), la valutazione della fertilità del suolo è ancora un compito complesso e difficile per i ricercatori, e ancora di più per gli agricoltori.

Sebbene la fertilità del suolo sia essenziale per la produzione agricola, la maggior parte degli studi che trattano questo argomento si è concentrata su singoli fattori e ha utilizzato principalmente approcci sperimentali (prove in campo/in vaso).

Tuttavia, gli approcci empirici che forniscono nuovi spunti di riflessione sulla complessità della fertilità del suolo nella pratica agricola sono stati finora scarsamente applicati. Il presente studio empirico è stato condotto per contribuire a colmare questa lacuna. L'obiettivo di questo studio è di fornire nuovi approfondimenti sulla pratica agricola in riferimento all'importanza presente e futura della fertilità del suolo per la produzione agricola.


Sulla base delle risposte raccolte da agricoltori e dagli “istituzionalisti agricoli” (così nominati sinteticamente, e comprendono: consulenti e ricercatori nel settore agricolo, e altri stakeholders quali associazioni e istituzioni federali) l'obiettivo principale del sondaggio era rispondere alle seguenti cinque domande:

- (1) Qual è l'importanza della fertilità del suolo in agronomia, sia ora che in futuro?
- (2) Quali sono le motivazioni degli investimenti agronomici per una maggiore fertilità del suolo?
- (3) Quali proprietà del suolo dovrebbero essere migliorate da una maggiore fertilità del suolo?
- (4) Che tipo di misure agronomiche sono raccomandate e utilizzate nella pratica per promuovere la fertilità del suolo?
- (5) Quali sono le richieste degli agricoltori per sostenere la promozione della fertilità del suolo nella pratica agronomica?

Materiali e metodi

Il sondaggio, realizzato a livello nazionale, è stato condotto nell'inverno/primavera 2022 in Germania e ha utilizzato un questionario online standardizzato. I gruppi target sono stati agricoltori e istituzionalisti agricoli.

Il questionario è stato impostato come segue:



Nella prima parte, ai partecipanti è stato chiesto di fornire informazioni sulla loro occupazione. Inoltre, agli agricoltori è stato chiesto di fornire informazioni sulla qualità del suolo nella loro azienda agricola e le precipitazioni medie annuali.

Poi sono state poste le cinque domande sopra indicate con la possibilità di fornire risposte utilizzando le Scale Likert, ma hanno compreso anche campi con la possibilità di inserire ulteriori osservazioni e commenti.

Alla fine del periodo di studio, il numero totale di questionari restituiti era 929. Le risposte sono state ricevute da individui appartenenti ai seguenti gruppi professionali: agricoltori (n. 498), consulenti agricoli privati (n. 117), Ministero dell'agricoltura e altri Enti istituzionali (n. 81), Istituti di ricerca/Università (n. 154), Associazioni agricole (n. 24) e altro/non specificato (n. 55).

I partecipanti sono stati divisi in due gruppi: (1) agricoltori e (2) istituzionalisti agricoli, che hanno incluso tutti gli altri gruppi.

Dopo aver esaminato i questionari per valutarne l'attendibilità, la completezza e la coerenza, il numero di questionari ammissibili è diminuito. Questo per la presenza di risposte non plausibili, risposte irrealistiche o questionari con risposte incomplete.

Questo ha portato a una dimensione del campione finale approvato di 585 questionari completamente compilati, che hanno compreso le risposte di 370 agricoltori e 215 istituzionalisti agricoli.

Il campione intervistato costituisce un tasso di risposta per gli agricoltori di < 1% (0,14%) in base al numero di aziende agricole (257.000) in Germania.




All'inizio del sondaggio, è stato chiesto agli agricoltori partecipanti di fornire alcuni dettagli sulle condizioni della loro azienda agricola, tra cui la classe prevalente di tessitura del suolo, il punteggio sulla qualità del suolo e le precipitazioni medie annuali.

Le informazioni fornite possono essere riassunte come segue:

Per quanto riguarda la classe generale di tessitura del suolo (numero di risposte 290), il 22% degli agricoltori ha dichiarato di avere suoli con tessitura prevalentemente fine (suoli sabbiosi, suoli limosi-sabbiosi), il 69% con tessitura media/compatta (suoli sabbiosi-limosi, suoli limosi) e il 9% con tessitura pesante (suoli argillosi-limosi, suoli argillosi). Agli agricoltori intervistati è stato anche chiesto di specificare l'indice/punteggio medio di qualità del suolo dei loro suoli gestiti (numero di risposte 351). Il punteggio di qualità del suolo, che varia da 0 a 100 punti (massima qualità del suolo), è una misura della qualità del suolo a lungo termine e fornisce una stima approssimativa del potenziale di resa delle colture a livello locale.

Del totale degli agricoltori, il 28% ha classificato i propri suoli di scarsa qualità, con un punteggio di qualità del suolo compreso tra 18 e 39, mentre il 37% ha stimato i propri suoli di qualità media entro un punteggio di qualità del suolo compreso tra 31 e 49 e il 35% li ha classificati di alta qualità (punteggio da 60 a 90).

Per quanto riguarda le precipitazioni medie annuali (in mm) (numero di risposte 283), le risposte variavano da 242 mm a 1300 mm, dove 673 mm sono stati calcolati come precipitazione media annua su tutti gli agricoltori intervistati.



Il 14% degli intervistati ha dichiarato di avere meno di 500 mm, il 48% ha riferito di avere 500-700 mm, il 26% ha risposto con 701-800 mm e il 12% ha riferito di avere più di 800 mm di precipitazione media annua.

I dati sono stati preparati in modo descrittivo utilizzando Excel (2019, versione 16.63.1 macOS), Sono state utilizzate analisi bivariate con correlazione di Spearman.

Queste analisi sono state eseguite utilizzando il software IBM SPSS Statistics 23 (IBM Corporation, New York, NY, USA).

Sono stati anche analizzati e riportati i commenti scritti nei campi di testo libero.

RISULTATI

Domanda N. 1: Importanza presente e futura della fertilità del suolo nella produzione agricola

La prima domanda del sondaggio era incentrata sull'importanza della fertilità del suolo nella produzione agricola. Agli intervistati è stato chiesto di distinguere tra l'importanza della fertilità del suolo "al momento presente" e "in futuro".

Quasi la metà degli agricoltori (49%) ha affermato che la fertilità del suolo era molto importante al momento presente, mentre circa un terzo (31%) ha affermato che era importante. Risultati simili sono stati riscontrati tra gli istituzionalisti agricoli, con il 32% che ha scelto "importante" e il 47% che ha scelto "molto importante".

Nessuno degli agricoltori e solo l'1% degli istituzionalisti ha indicato che la fertilità del suolo non era importante, mentre l'8 e il 9%, rispettivamente, si sono astenuti dal rispondere.



Rispondendo a questa domanda rispetto al futuro, è stato rilevato un aumento significativo dell'importanza della fertilità del suolo sia tra gli agricoltori che tra gli istituzionalisti. Tra gli agricoltori, la percezione di una rilevanza molto elevata è aumentata al 69%, mentre è aumentata al 66% tra gli istituzionalisti:

Nelle analisi bivariate, le valutazioni degli agricoltori riguardanti l'importanza presente e futura della fertilità del suolo non hanno mostrato alcuna dipendenza significativa dalle condizioni aziendali dichiarate, tra cui il punteggio sulla qualità del suolo e le precipitazioni medie annuali.

Domanda N. 2: Motivazioni degli investimenti agronomici per una maggiore fertilità del suolo


Sebbene la fertilità del suolo sia stata generalmente considerata importante, sono state rilevate delle differenze nella motivazione.

Sono state proposte le seguenti motivazioni, che sono state valutate in base a una scala di valutazione Likert a quattro punti (molto importante, importante, meno importante e non importante).

Per il 61% degli agricoltori e il 66% degli istituzionalisti, è stato ritenuto maggiormente importante l'aumento della resilienza climatica (tolleranza allo stress abiotico) dei sistemi colturali. L'aumento della stabilità della resa nella produzione agricola si è classificato al secondo posto tra gli agricoltori (61%) e gli istituzionalisti (57%). Anche il contributo alla protezione ambientale e il risparmio di input chimici di sintesi sono stati considerati motivazioni importanti, ricevendo voti dal 35/36% degli agricoltori e dal 40% degli istituzionalisti agricoli.

In confronto, i contributi alla protezione del clima, ad esempio tramite il sequestro di C o l'aumento del livello di resa, sono stati considerati di minore importanza da entrambi i gruppi (19% e 32%).

Nel complesso, il 13-15% degli agricoltori e degli istituzionalisti si è astenuto dal rispondere a questa domanda. Nelle analisi bivariate, le motivazioni degli agricoltori per gli investimenti agronomici in una maggiore fertilità del suolo non hanno mostrato alcuna dipendenza significativa dalle condizioni dichiarate in azienda, tra cui l'indice di qualità del suolo e le precipitazioni medie annuali.



Inoltre, molti partecipanti (64) hanno fatto commenti su altri obiettivi e motivazioni per gli investimenti agronomici in una maggiore fertilità del suolo. Da ciò, è emerso chiaramente che la fornitura di servizi ecosistemici, come il controllo dei fenomeni erosivi e delle inondazioni, e le funzioni di filtrazione e buffering sono particolarmente importanti per ottenere un'elevata qualità dell'acqua e un'elevata conservazione dell'acqua nel suolo.

I contributi di questi fattori alla produzione di cibo e mangimi sani, di alta qualità e ricchi di nutrienti, nonché alla protezione della biodiversità del suolo (incluse le funzioni dell'habitat e gli organismi del suolo) sono stati considerati altamente prioritari dagli intervistati (32).

Infine, l'uso attento di risorse ed energia finite, nonché il risparmio sui costi, sono stati menzionati come motivazioni importanti.



Domanda N. 3: Le proprietà del suolo che dovrebbero migliorare con una maggiore fertilità del suolo

Per determinare quali proprietà del suolo avrebbero dovuto migliorare con una maggiore fertilità del suolo, sono state presentate agli intervistati undici proprietà del suolo. Queste sono state anche valutate in base a una scala Likert a quattro punti (molto importante, importante, meno importante e non importante).

Oltre la metà degli agricoltori (52%) ha riscontrato che la capacità di immagazzinamento dell'acqua nel suolo era il fattore più importante.

A questo, in ordine di importanza, è seguita la radicabilità (50%) e l'attività biologica del suolo (49%). In confronto, l'equilibrio tra la temperatura dell'aria e del suolo (24%) e la lavorabilità/praticabilità del suolo (20%) sono stati considerati di scarsa importanza tra gli agricoltori.

Nel complesso, un numero maggiore di agricoltori (27-28%) si è astenuto dal rispondere a questa domanda.

Nelle analisi bivariate, la valutazione degli agricoltori sulle proprietà migliorate del suolo attese da una maggiore fertilità non ha mostrato alcuna dipendenza significativa dalle condizioni dichiarate in azienda (covariabili: indice di qualità del suolo e precipitazioni medie annuali), ad eccezione della capacità di stoccaggio dell'acqua e della stabilità della struttura del suolo, entrambe correlate alla covariabile delle precipitazioni.

Qui, con una quantità di precipitazioni inferiore, la capacità di stoccaggio dell'acqua è stata valutata di maggiore importanza dagli agricoltori. Per la stabilità della struttura del suolo è stata osservata una dipendenza diversa: maggiore è la quantità di precipitazioni, maggiore è l'importanza della stabilità della struttura.



Gli istituzionalisti agricoli hanno espresso opinioni simili agli agricoltori, in particolare per le prime tre proprietà del suolo. La capacità di stoccaggio dell'acqua del suolo ha ricevuto il 59% dei voti, indicando che era di massima importanza. Con il 47% dei voti, l'attività biologica del suolo è arrivata al secondo posto, mentre la radicabilità è arrivata al terzo con il 45%. Questa è stata seguita da vicino dalla capacità di infiltrazione dell'acqua, dal contenuto di sostanza organica del suolo, dalla salute delle piante e dalla stabilità della struttura del suolo nello stesso ordine di quella degli agricoltori. Anche una migliore lavorabilità/praticabilità del suolo (18%) è stata considerata la proprietà del suolo con la minore importanza dagli istituzionalisti. Un totale del 20-21% degli istituzionalisti si è astenuto dal rispondere a questa domanda.

Ai partecipanti è stata data l'opportunità di aggiungere ulteriori proprietà del suolo che si aspettavano aumentassero con una maggiore fertilità del suolo. Nei commenti (24), la struttura e la stabilità del suolo sono risultati i fattori citati con maggiore frequenza.

Inoltre, è stato chiesto ad agricoltori e istituzionalisti quali metodi utilizzano per valutare la fertilità del suolo agricolo. In questo studio, sono stati presentati agli intervistati undici metodi diversi. Erano possibili risposte multiple.

Le analisi della struttura del suolo sono risultate di massima importanza per gli agricoltori (75%) e gli istituzionalisti agricoli (82%).

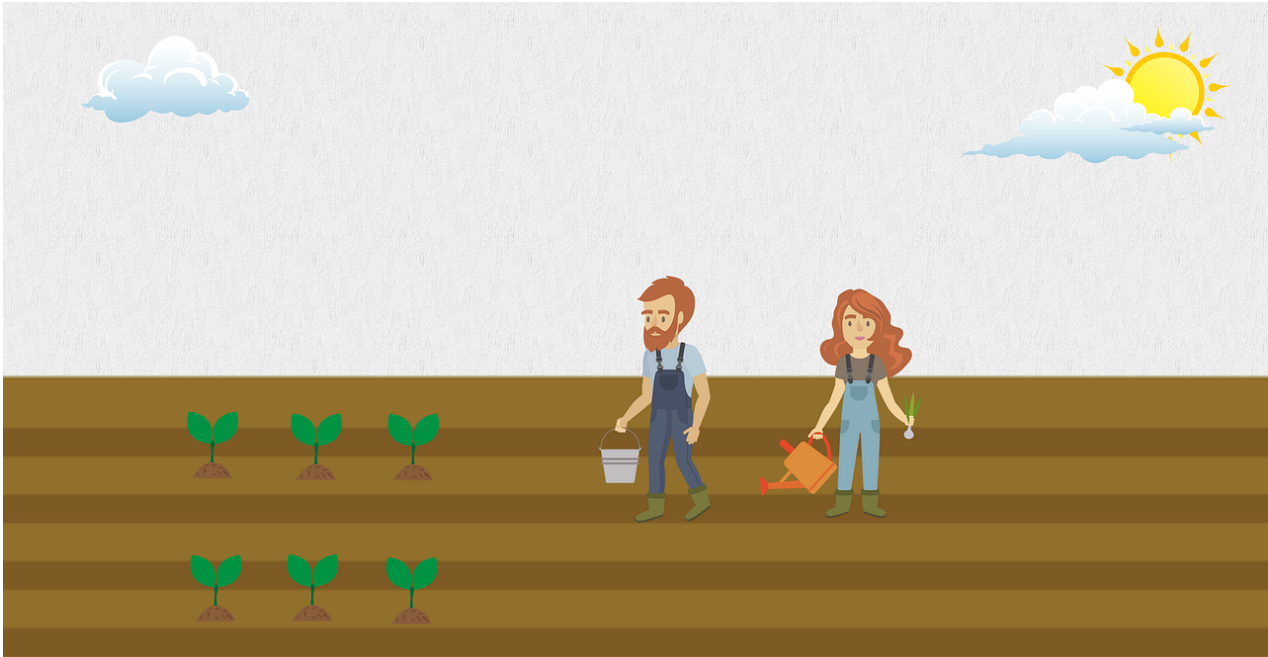


A seguire, sono stati segnalati i seguenti criteri in ordine decrescente: gli indicatori biologici (ad esempio, lombrichi e la loro perdita), la resa/produzione di biomassa, l'analisi dei nutrienti del suolo e metodi di campo come il test della vanga.

La salute delle piante, valutazioni visive e olfattive (ad esempio, colore del suolo, odore), la praticabilità del suolo e valutazioni di esperti (ad esempio, consulenti) hanno avuto un ruolo meno importante, ancora meno l'utilizzo di sensori e di strumenti digitali.

Anche se i sensori e gli altri strumenti digitali non vengono utilizzati su larga scala, vengono riportati alcuni esempi di utilizzo, per la misurazione della temperatura, dell'umidità e di altri parametri.

Vengono citati anche altri strumenti (droni, app e altri strumenti).



Domanda N. 4: Le tecniche agronomiche per migliorare la fertilità del suolo

Per determinare questi fattori, ai partecipanti sono state fornite 20 tecniche agronomiche. Agli agricoltori e agli istituzionalisti agricoli è stato chiesto di valutare l'importanza delle diverse tecniche in base a una scala Likert a tre punti (alta, intermedia e bassa).

Per gli agricoltori gli elementi più importanti sono state la diversificazione delle rotazioni con un bilancio positivo dell'humus (45%), le catch crop (colture "trappola" per i nitrati 45%) e la copertura del terreno per tutto l'anno (41%) .

La tecnica dell'undersowing, l'apporto bilanciato di sostanze nutritive, la semina con pacciamatura e l'utilizzo dell'agricoltura conservativa hanno rilevato una importanza intermedia.

L'utilizzo dei biostimolanti e di sistemi agroforestali hanno rilevato una importanza minore.

Un totale del 37-42% degli agricoltori si è astenuto dal rispondere a questa domanda.

Per quanto riguarda l'attuazione da parte degli agricoltori di queste pratiche, la frequenza maggiore si trova nell'utilizzo delle catch crop (57%), nell'apporto bilanciato di sostanze nutritive (56%), nel lasciare i residui delle colture nel terreno (55%), l'utilizzo della calce (55%) e la concimazione con la sostanza organica (55%).

Ulteriori misure, tra cui la diversificazione delle rotazioni (43%), la copertura del suolo durante tutto l'anno (40%) e la coltivazione di colture miglioratrici della struttura del suolo (47%) sono stati meno frequentemente adottati nella pratica, sebbene fosse considerato elevato il loro potenziale impatto positivo sul suolo.

Al contrario, **elementi strutturali/bordure (? Structural elements/conservation headlands)** e l'agricoltura di precisione sono stati valutati come misure con impatti medi o piuttosto bassi sulla fertilità del suolo, ma il loro tasso di attuazione in azienda è stato relativamente elevato (37 % e 28 % rispettivamente).

Tuttavia, alcune misure non sono state raccomandate o non realizzate dagli agricoltori, compresi gli additivi/biostimolanti per il suolo (11%), il sovescio (11%) e l'agroforestazione (2%).



Nelle analisi bivariate, gli agricoltori che hanno riferito di avere terreni agricoli di qualità superiore avevano lasciato più frequentemente i residui delle colture come misura per promuovere la fertilità del suolo. Gli agricoltori che hanno riferito di avere terreni agricoli di qualità inferiore tendevano ad attuare misure quali la concimazione organica, la calce e l'undersowing. Gli agricoltori che hanno segnalato una maggiore piovosità nelle aziende agricole hanno considerato importanti l'utilizzo delle catch crop, della copertura annuale del suolo, della concimazione organica, e l'utilizzo regolare della calce.



Le risposte degli operatori istituzionalisti sono state sostanzialmente simili.

Inoltre gli intervistati hanno aggiunto alcune osservazioni.

Per ridurre la pressione e la compattazione del terreno, molti agricoltori hanno riferito di alleggerire il più possibile il peso delle ruote, abbassando la pressione dei pneumatici, realizzando le lavorazioni valutando attentamente l'umidità del suolo e con altri accorgimenti per ridurre il più possibile il numero di passaggi sul terreno.

Per mantenere la fertilità del suolo sono state inoltre raccomandate le seguenti misure di prevenzione dell'erosione: copertura del suolo per tutto l'arco dell'anno, sistemi di non-lavorazione, lavorazione parallela alle curve di livello, suddivisione del campo e creazione di siepi e di altri elementi per ridurre al minimo l'erosione del terreno.

Si raccomanda l'inserimento delle catch crop nella rotazione, per migliorare la resilienza rispetto al clima.

Comunque, alcuni partecipanti hanno sottolineato che le catch crop sono utili solo se possono sviluppare in modo ottimale (ad esempio in zone più aride) senza sottrarre risorse idriche alle colture principali.

Inoltre sono stati menzionati molte volte gli effetti positivi dei prodotti biodinamici per ridurre gli effetti negativi dei pesticidi sull'edafon.

Inoltre viene suggerito, prima di decidere quali misure adottare, di realizzare una attenta analisi del sito specifico e dei fattori agronomici più importanti e, prima di adottare nuove misure, di fare diverse considerazioni a livello aziendale.

Domanda N. 5: Le richieste degli agricoltori per favorire la fertilità del suolo nella pratica agronomica

Per comunicare richieste concrete di sostegno alla promozione della fertilità del suolo nella pratica agricola, i partecipanti sono stati invitati a scegliere su nove opzioni.

Vengono riportate rispettivamente, per ciascuna opzione, le percentuali degli agricoltori e degli istituzionalisti.



Gli elementi che vengono maggiormente richiesti sono gli indicatori semplici da utilizzare per la valutazione della fertilità del suolo (41/56%) e i relativi parametri di riferimento (38/44%). La realizzazione di workshop, giornate dimostrative e la formazione in campo sono stati valutati con percentuali molto simili alla precedente opzione (38/45 %).

Inoltre, circa un terzo di entrambi i gruppi di intervistati hanno chiesto più ricerca in azienda e programmi di finanziamento' nonché la fornitura di materiale informativo e pubblicazioni poichè sono considerati strumenti importanti per il trasferimento delle conoscenze.

Gli agricoltori non hanno attribuito un valore maggiore ai contributi informativi da video/podcast/TV e radio (14%) né al monitoraggio dello stato della fertilità del suolo (14 %), né per App o strumenti on line (13%). Gli istituzionalisti agricoli hanno mostrato lo stesso interesse, basso, per video/podcast/TV e radio (15%), mentre sono risultate maggiori le percentuali relative alla richiesta del monitoraggio dello stato della fertilità del suolo (27 %) e l'importanza dell'utilizzo di App o strumenti on line (24%).

Per quanto riguarda ulteriori osservazioni segnalate dai partecipanti, gli agricoltori hanno segnalato prioritariamente l'importanza di accrescere il collegamento tra ricerca e applicazione pratica delle soluzioni, ad esempio attraverso le reti di ricerca on-farm per

ampliare il trasferimento delle conoscenze nella pratica, comprese le raccomandazioni basate su dati sperimentali e sito-specifiche.

I partecipanti hanno anche espresso il desiderio di una maggiore presenza delle aziende sperimentali, di creare network di ricerca on farm, di programmi nazionali di monitoraggio della biologia del suolo per integrare pienamente le conoscenze nella pratica aziendale.

Fondamentale anche il richiamo alla formazione degli operatori agricoli: si ritiene che non vengano sufficientemente approfondite le tematiche della salute del suolo, di conseguenza uno degli intervistati ha dichiarato che “coloro che non sanno cosa proteggere proteggeranno solo ciò che sanno”.



DISCUSSIONE

Questo lavoro è stato realizzato con un approccio empirico che nella ricerca agronomica è considerato poco convenzionale, perché dovrebbe essere visto come una opportunità per stimolare il dibattito scientifico e le attività future di ricerca, in particolare la ricerca on-farm.

Come è noto, il suolo è una delle risorse strategiche più importanti nella produzione agricola ed è essenziale che l'agricoltura si adatti ai cambiamenti climatici in atto.

Di conseguenza è di fondamentale importanza aumentare la resilienza climatica e la relativa stabilità delle rese attraverso il miglioramento della fertilità del suolo.

Questi elementi sono in linea con le proprietà del suolo che dovrebbero migliorare con una maggiore fertilità del suolo che sono state individuate nelle interviste come prioritarie: la capacità di stoccaggio dell'acqua, l'attività biologica del suolo, la capacità di radicamento e il tasso di infiltrazione d'acqua. Poiché l'acqua spesso costituisce un fattore limitante nei cambiamenti climatici, diventa fondamentale la capacità del suolo di assorbire e immagazzinare l'acqua.

Inoltre, avere piante con un sistema radicale più sviluppato consente di raggiungere l'acqua in strati di terreno più profondi. Questo è in linea con i risultati delle analisi bivariate, che hanno mostrato una correlazione negativa significativa tra la capacità di stoccaggio dell'acqua considerata maggiormente prioritaria nei terreni caratterizzati da minori quantità di precipitazioni.

In questi contesti gioca un ruolo importante il supporto dei microrganismi del suolo (ad esempio le micorrize) considerati preziosi per l'apporto idrico e dei nutrienti, per la tolleranza alla siccità, la resilienza al clima e alla stabilità delle rese produttive.

Ma i cambiamenti climatici non sono caratterizzati solo dalla siccità, ma anche dall'aumento della frequenza degli eventi meteorologici estremi come precipitazioni intense che possono aumentare i rischi di erosione del suolo e di inondazioni.

Questo si riflette anche nelle risposte degli intervistati situati in zone caratterizzati da maggiori precipitazioni che hanno attribuito una maggiore importanza alla stabilità della struttura del suolo ad esempio per prevenire i fenomeni erosivi dovuti a forti precipitazioni.

Una conseguenza importante dei cambiamenti climatici è una minore stabilità nelle rese, e studi recenti hanno confermato che i produttori possono tollerare una leggera riduzione nelle rese che però possa essere più stabile nel tempo.

L'utilizzo di catch crop, rotazioni con un bilancio positivo dell'humus e una copertura annuale del suolo possono migliorare la fertilità del suolo.

L'utilizzo di catch crop e della rotazione è stato considerato nello stesso livello di importanza sia da parte degli agricoltori e degli istituzionalisti, questo potrebbe essere dovuto anche al fatto che le catch crop costituiscono una parte importante nella progettazione della rotazione.


Tutte le specie vegetali hanno caratteristiche diverse: di conseguenza la scelta delle colture può quindi avere un effetto critico sulla proprietà del suolo,

Analogamente alla scelta delle colture per la rotazione, le catch crop, influenzano le proprietà fisiche, chimiche e biologiche del suolo.

Le selezioni delle colture e l'utilizzo delle catch crop può sfruttare il potenziale delle piante per migliorare la struttura e quindi anche le proprietà fisiche del suolo.

Inoltre, le sostanze organiche facilmente degradabili dei residui delle catch crop hanno una funzione importante come fonte di nutrienti.





Specie coltivate con radici molto sviluppate come l'erba medica e la segale, hanno un effetto positivo sulla struttura del terreno.

Questa penetrazione delle radici permette formazione di macropori, che sono responsabili di una migliore infiltrazione dell'acqua.

Nello stesso tempo, nel terreno si possono formare degli aggregati a causa della penetrazione delle radici nel terreno. La stabilità di questi aggregati è dovuta principalmente agli essudati radicali delle piante ma anche dalla decomposizione dei residui e dei polisaccaridi escreti dai batteri. Inoltre è stato sottolineato in modo rilevante il miglioramento della macroporosità e la frammentazione del terreno da parte delle radici che forniscono una maggiore infiltrazione di acqua e radicabilità.

E' considerata anche molto importante l'influenza delle colture che migliorano la struttura del suolo, da più di un terzo degli agricoltori e degli istituzionalisti intervistati, e fino al 47% degli agricoltori ha dichiarato di avere attuato questa misura nelle loro aziende.

Avere una buona struttura e una buona macroporosità del suolo è un prerequisito per la radicabilità e un bilancio positivo dell'aria e dell'acqua nel suolo.


Diverse tipologie di rotazioni, che comprendono anche le catch crop, possono anche contribuire ad aumentare la materia organica del suolo e il contenuto di carbonio, che sono di grande importanza per la stabilizzazione della struttura del suolo per migliorare la capacità di immagazzinamento dell'acqua e la radicabilità.

Queste sono le proprietà del suolo più importanti per gli agricoltori in questo studio e sono importanti per la resilienza climatica e la stabilità dei sistemi produttivi e rappresentano ciò che gli agricoltori desidero di migliorare.

Ulteriori osservazioni da parte degli intervistati hanno sottolineato l'importanza della sostanza organica nel suolo, raggiunta ad esempio lasciando i residui delle colture in campo, oppure utilizzando i legumi, in contesti di rotazioni di colture diversificate.

Tutte queste tecniche agronomiche generano una migliore struttura del suolo, un maggiore contenuto di sostanza organica, una maggiore umidità del suolo e il rilascio di essudati radicali, che portano ad un aumento attività microbica del suolo.

La sostanza organica serve da alimento sia per la micro che per la macrofauna nel terreno, aumentando l'attività microbica che porta ad una maggiore attività enzimatica nel



suolo, che a sua volta determina una maggiore disponibilità di sostanze nutritive per le piante.

Questa sollecitazione dell'attività biologica del suolo è considerata molto importante da parte degli intervistati per la mobilitazione e l'utilizzo dei nutrienti, e questo è ottenuto con l'utilizzo dei miscugli delle catch crop e delle rotazioni.

Tutte queste azioni determinano una minore dipendenza dagli input esterni, come ad esempio i fertilizzanti e una maggiore sostenibilità e circolarità.

L'aumento dell'attività degli enzimi del suolo può anche avere un effetto di inibizione nell'insorgenza di patogeni, che aumenta la salute delle piante e la resilienza dei sistemi di coltivazione agli stress biotici. Infine, l'uso di diverse rotazioni delle colture, tra cui l'utilizzo di colture con radici profonde e con micorrize possono promuovere la presenza dei funghi micorrizici arbuscolari, che determinano l'estensione e l'aggregazione dei sistemi radicali migliorando l'approvvigionamento di acqua e di nutrienti.

Inoltre, diverse piante hanno diversi fabbisogni, e se non competono per le stesse esigenze e il suolo non è impoverito, questo può generare un aumento delle rese.

Inoltre, la biodisponibilità di sostanze nutritive come il fosforo, ferro, zinco e manganese può aumentare perché le diverse colture hanno capacità diverse per l'utilizzo di questi elementi.




Nel complesso, la promozione della fertilità del suolo attraverso le rotazioni delle colture, che comprendono anche le catch crop possono contribuire ad aumentare la resilienza ai cambiamenti climatici e la stabilizzazione delle rese, sistemi di coltivazione, soprattutto in considerazione dei cambiamenti climatici in corso, come evidenziato dagli intervistati.

Tuttavia, per gli agricoltori è sempre più difficile ampliare e diversificare le rotazioni. Questo per le condizioni economiche sfavorevoli, carenza di indicazioni tecniche e di finanziamenti, e un aumento degli affitti e, più in generale, dei costi.

Ciò dimostra che queste tecniche hanno un elevato potenziale di sviluppo nel futuro, ma non possono essere utilizzate oggi. Una situazione simile si osserva per le catch crop, che è ancora relativamente bassa, anche se dal 2010 al 2020 è aumentata da 1.2 milioni di ettari a quasi 2 milioni, questo conferma il fatto che le catch crop continuano a giocare un ruolo importante in Germania.

Questo risulta evidente anche sulla base delle risposte degli intervistati che hanno sottolineato il ruolo importante delle catch crop per la fertilità del suolo. Tuttavia, solo il 57% degli agricoltori intervistati hanno indicato di averle già utilizzate e vengono impiegate solo in un terzo dei casi durante il periodo invernale: questo significa che gli effetti positivi dell'utilizzo di queste colture potrebbe triplicare.



Gli agricoltori hanno però spiegato i motivi per i quali non vengono ancora maggiormente utilizzate. Per esempio, sono stati evidenziati la mancanza di un quadro normativo e anche di sostegni finanziari.

Inoltre, alcuni agricoltori vorrebbero disporre di più prove sperimentali sia sulle catch crop che sull'undersowing.

Sono stati anche segnalati: un interesse per l'utilizzo delle catch crops nei pascoli dove non ci sarebbero gli effetti negativi del passaggio delle macchine e la necessità di maggiori informazioni sul consumo di acqua delle catch crop, soprattutto nei confronti delle colture principali che seguono nella rotazione. Questa richiesta è in linea con i risultati delle analisi bivariate, che hanno mostrato una correlazione significativa tra un maggiore numero di agricoltori che utilizzano le catch crop in siti con una precipitazione annua maggiore e viceversa.

In questo studio, gli intervistati hanno evidenziato l'importanza della sostanza organica per la fertilità dei suoli e per la riduzione dei fertilizzanti chimici di sintesi, questo potrebbe mantenere le rese in linea con le aspettative.

Nonostante tutti i benefici della concimazione organica, ci potrebbe essere una potenziale tossicità per la presenza di metalli pesanti e di agenti patogeni nella sostanza organica.

Inoltre, la disponibilità dei nutrienti dipende fortemente dal pH del suolo; pertanto, la calcinazione è anche una misura rilevante per la fertilità del suolo e cruciale per una serie di parametri fisici, chimici e biologici del suolo, come ad esempio l'apporto ottimale di nutrienti e l'accumulo di sostanza organica.

Di conseguenza, più della metà degli agricoltori ha dichiarato di aver utilizzato la calcinazione, suggerendo che avrebbe la stessa importanza della fertilizzazione.

Gli agricoltori intervistati hanno riferito di utilizzare la concimazione organica e la calcinazione più spesso per i suoli agricoli di qualità inferiore, mentre sui terreni di qualità superiore, tendevano a usare queste misure con una leggera minore frequenza.

Pertanto, la volontà e la motivazione degli agricoltori a investire sulla fertilità del suolo dipendono anche dalla qualità del loro terreno. Se la qualità è inferiore, i miglioramenti sono spesso più evidenti e osservabili, come ad esempio, un guadagno in termini di resa o miglioramenti di alcune proprietà del suolo come ad esempio la praticabilità. Se il suolo è di qualità superiore, i vantaggi sugli investimenti realizzati non sono così facili da

riconoscere e realizzare un guadagno, ad esempio in termini di resa, spesso richiede più impegno e più tempo.



Anche la lavorazione del terreno ha un impatto importante sulla fertilità del suolo. In questo studio, gli intervistati hanno raccomandato principalmente la lavorazione ridotta e le tecniche di agricoltura conservativa per promuovere la fertilità del suolo rispetto alle pratiche di lavorazione convenzionali come l'aratura.

È stato dimostrato che le tecniche di lavorazione conservativa possono migliorare le proprietà fisiche, chimiche e biologiche del suolo, comprese la capacità di infiltrazione/immagazzinamento dell'acqua e la biodiversità, elementi considerati di grande interesse dagli intervistati perché le colture potessero essere più resilienti ai cambiamenti climatici e avere rese più stabili.

Per questi motivi, l'agricoltura conservativa sta assumendo una importanza sempre maggiore. Questo è dimostrato anche dal fatto che il 49% degli agricoltori che sono stati intervistati realizzano la semina con l'utilizzo della pacciamatura.

I tre elementi che giocano un ruolo importante nell'agricoltura conservativa sono la copertura permanente del suolo, la diversificazione della rotazione delle colture e l'effettuazione di interventi minimi sul terreno.



La copertura permanente del suolo realizzata o con residui colturali o con la pacciamatura

protegge il suolo riducendone l'erosione da parte del vento, dell'acqua e delle perdite per evaporazione.

L'assenza o la minimizzazione delle lavorazioni nel suolo aumenta l'attività e la diversità degli organismi del suolo.

Batteri, funghi e soprattutto lombrichi hanno un impatto significativo sul sistema di pori e quindi sull'aria e l'acqua che arrivano alle piante.

Tutti questi aspetti possono contribuire ad aumentare la resilienza climatica dei suoli agricoli e, di conseguenza, la stabilità delle rese nei confronti degli eventi meteorologici estremi (forti precipitazioni, tempeste, siccità e stress da elevate temperature) che si prevede diventeranno più frequenti.

Nonostante questi benefici, l'agricoltura conservativa può avere anche alcuni effetti negativi,

tra cui un aumento della competizione da parte delle erbe infestanti, l'accumulo del carbonio organico nel terreno nello strato più superficiale del suolo e una diminuzione negli strati più profondi, in alcuni casi un aumento del peso specifico apparente e una

diminuzione della resa nei primi anni di conversione del sistema, potendo raggiungere un equilibrio dinamico solo dopo più di 10 anni.


In ogni caso è stato dimostrato scientificamente che l'agricoltura conservativa è più vantaggiosa con un clima più secco, mostrando il proprio potenziale nel futuro, in relazione alle aree interessate ai cambiamenti climatici, ma è comunque importante che vengano condotte prove a lungo termine e che non vengano fornite raccomandazioni troppo generiche, poiché è essenziale effettuare prima considerazioni differenziate a livello di sito e di azienda.

Inoltre, gli agricoltori intervistati hanno chiesto un maggiore riconoscimento e una maggiore promozione delle tecniche di agricoltura conservativa con un maggiore sostegno finanziario ma anche tecnico, con consigli pratici e una attività di consulenza.

Solo questo permetterà agli agricoltori di adottare maggiormente queste tecniche.

L'agroforestazione è stata valutata dagli intervistati una delle tecniche agronomiche di minore importanza per quanto riguarda gli effetti positivi sulla fertilità del suolo (solo il 2% la utilizza e solo il 7% di coloro che l'hanno utilizzata hanno riscontrato effetti positivi sulla fertilità del suolo).





Ma è stato dimostrato che l'agroforestazione determina un miglioramento delle proprietà fisiche, chimiche e biologiche del suolo, poiché mantiene un giusto grado di umidità, aumenta la biodiversità e riduce l'erosione producendo però alimenti, legname e foraggio.

Pertanto, l'agroforestazione è un modo per ridurre il rischio per gli agricoltori attraverso molteplici produzioni che generano flussi di reddito a breve e a lungo termine.

Tuttavia, gli elevati costi di investimento, i guadagni dilazionati nel tempo e le grandi quantità di tempo e di conoscenze necessarie per la gestione di queste tecniche hanno scoraggiato molti agricoltori.

Oltre alla mancanza di esperienza da parte degli agricoltori e anche della scarsità di prove sperimentali on farm la conversione all'agroforestazione comporta alterazioni permanenti del terreno e implicazioni legali ed economiche.

L'indagine realizzata e l'utilizzo dei biostimolanti

L'impatto dei biostimolanti o degli ammendanti come il biochar sulla fertilità del suolo è stato considerato molto scarso da parte degli intervistati, questo ha portato ad un utilizzo molto ridotto in campo.

Questo risultato contraddice chiaramente gli obiettivi della Commissione europea e del governo tedesco di ridurre drasticamente l'uso di fertilizzanti e pesticidi di sintesi (in particolare il glifosato) attraverso, ad esempio, gli agenti di biocontrollo, additivi e biostimolanti. Numerosi studi hanno dimostrato che questo tipo di prodotti migliorano la qualità del suolo, la produttività delle colture, la tolleranza agli stress biotici/abiotici e la abiotici e l'efficienza dell'uso delle risorse idriche e nutritive.

Nonostante questo settore sia in crescita e i biostimolanti vengono usati sempre più frequentemente, né gli agricoltori tedeschi né gli istituzionalisti hanno considerato importante questa tecnica, questo potrebbe essere dovuto a mancanza di informazioni e di esperienze dirette in azienda, questo anche in relazione alle richieste degli intervistati che richiedono maggiori ricerche e maggiori indicazioni per il loro utilizzo a livello aziendale, e di conseguenza un più rapido trasferimento dei risultati della ricerca in azienda.

E' necessario considerare anche che non sono ancora state chiarite molte delle complesse interazioni tra biostimolanti e ammendanti e sistema agronomico (suolo/clima/coltura) non sono ancora state chiarite.

Queste lacune nelle conoscenze, la breve shelf life (ad esempio, nel caso dei biostimolanti microbici) la vulnerabilità nei confronti della luce, della temperatura, e altri aspetti potrebbero essere ulteriori motivazioni dello scarso utilizzo di queste tecniche. Per questo è particolarmente importante la collaborazione sempre più stretta e sinergica tra ricercatori, agricoltori e settore industriale.



Questa parte delle interviste è particolarmente importante per il progetto STARTER perché evidenzia la necessità di un particolare impegno nella comunicazione e interazione con i produttori agricoli e con gli altri operatori per comunicare l'importanza dell'utilizzo dei biostimolanti e dell'applicazione pratica in campo per contribuire ad aumentare le conoscenze su questi prodotti e di conseguenza contribuire a migliorare la fertilità dei suoli.

Per questo, come attività aggiuntiva, in occasione della visita guidata verrà distribuita una brochure divulgativa sui vantaggi dei biostimolanti anche...completare con risposte
Università di Parma



CONCLUSIONI

Sulla base delle interviste realizzate si è rilevata una significativa consapevolezza dell'importanza della fertilità del suolo per la resilienza ai cambiamenti climatici e la stabilità delle rese, soprattutto se si considera l'aumento del rischio di produzione dovuto ai cambiamenti climatici in atto.


Sulla base dei risultati del sondaggio, alle cinque domande iniziali si può rispondere nel seguente modo:

- (1) La fertilità del suolo per la produzione agricola è stata giudicata da alta molto alta, oggi e ancora di più in futuro.
- (2) Le principali motivazioni per gli investimenti agronomici per una maggiore fertilità del suolo sono stati il miglioramento della resilienza ai cambiamenti climatici e della stabilità delle rese dei sistemi colturali.
- (3) Le principali proprietà del suolo che ci si aspettava di migliorare con una maggiore fertilità del suolo sono state la capacità di immagazzinamento dell'acqua, la radicabilità, l'attività biologica del suolo e il tasso di infiltrazione dell'acqua.
- (4) Le tre pratiche di gestione agronomica con il maggior impatto positivo stimato sulla fertilità del suolo sono state le catch crop, le rotazioni colturali diversificate con un bilancio positivo dell'humus e la copertura del suolo per tutto l'anno.
- (5) Per i futuri miglioramenti, in termini di sostegno alla promozione della fertilità del suolo nella pratica agricola, sono stati richiesti indicatori semplici e valori di riferimento nonché workshop, giornate on farm e giornate formative in campo.

Per quanto riguarda i metodi di valutazione della fertilità del suolo, sono stati considerati maggiormente importanti le analisi della struttura del suolo, gli indicatori biologici, la produzione di resa/biomassa, l'analisi dei nutrienti del suolo, e metodi sul campo, mentre i sistemi di sensori e le app o gli strumenti digitali hanno avuto un'importanza minore.

Complessivamente, sono state riscontrate poche differenze tra le percezioni degli agricoltori e degli istituzionalisti agricoli.

Entrambi i gruppi hanno sottolineato la necessità di migliorare la comunicazione tra politica, scienza e pratica, in modo che l'agricoltura possa rispondere più rapidamente ai cambiamenti delle condizioni ambientali in futuro.



Tuttavia, la fertilità del suolo è una questione complessa che deve essere affrontata utilizzando un approccio agronomico di sistema che consideri gli effetti dell'interazione tra fattori ambientali (suolo × clima) e gestionali.

Questo può essere valutato al meglio utilizzando esperimenti sul campo a lungo termine in più siti, combinati con modelli statistici sull'agroecosistema, come i modelli del suolo basati su processi che considerano fattori abiotici e biotici.

Anche se gli impatti ambientali sono incontrollabili, si possono utilizzare misure di gestione

adeguate con l'obiettivo di promuovere la fertilità del suolo a medio e lungo termine.

Tuttavia, l'applicazione concreta di queste misure nella pratica agricola è un compito difficile a causa, tra l'altro, delle diverse condizioni dei territori, delle strutture aziendali e dei vincoli finanziari.

Pertanto sono necessari ulteriori ricerche, il trasferimento di conoscenze e strumenti di finanziamento specifici.

È necessario espandere l'attività di consulenza in azienda istituendo reti di ricerca on farm, prove dimostrative e fornendo opportunità di scambio di esperienze tra gli agricoltori.

Istituire un maggior numero di network sperimentali in azienda con strategie di gestione appropriate e adatte alle specifiche realtà territoriali potrebbe aiutare a identificare meglio il loro potenziale per ampliarne l'utilizzo in futuro.

Anche gli strumenti di supporto alle decisioni potrebbero dare un contributo importante.

Inoltre, è necessario condurre ulteriori ricerche sulle tecnologie e sugli strumenti digitali che possano essere utilizzati dagli agricoltori per misurare la fertilità del suolo basandosi su valori di riferimento. Questo potrebbe rendere più facile per gli agricoltori prendere le decisioni migliori per promuovere la fertilità del suolo.

Il presente studio ha fornito i presupposti conoscitivi per migliorare l'efficacia del progetto nella fase di avvio.

Come è già stato sottolineato, è stato particolarmente importante valutare il gap tra i risultati della ricerca e l'applicazione pratica in campo dei biostimolanti, e questo evidenzia la necessità di un particolare impegno nella comunicazione e interazione con i produttori agricoli e con gli altri operatori per comunicare l'importanza dell'utilizzo dei biostimolanti e dell'applicazione pratica in campo per contribuire ad aumentare le

conoscenze su questi prodotti e di conseguenza contribuire a migliorare la fertilità dei suoli.

In questo contesto verranno maggiormente mirati le informazioni inserite negli strumenti divulgativi e in particolar modo lo spazio Web e l'attività dei social nel progetto STARTER.

Lo studio ha permesso di individuare anche temi e problematiche che potrebbero essere anche oggetto di ulteriori proposte progettuali.

