REGIONE DEL VENETO

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DAFNAE
Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse naturali e Ambiente

VENETO AGRICOLTURA

AGRICOLTURA CONSERVATIVA

8 anni di esperienze in Veneto

La presente pubblicazione raccoglie i risultati di una serie di Progetti svolti nell'arco temporale 2011-2018 e in parte ancora in corso, condotti da Regione del Veneto, da Veneto Agricoltura e dall'Università di Padova.

Si segnalano in particolare i seguenti **Progetti**:

LIFE+ HELPSOIL – Migliorare i suoli e l'adattamento al cambiamento climatico attraverso sostenibili tecniche di Agricoltura conservativa - Improving soils quality and strengthening the adaptation to climate change through sustainable techniques of Conservation Agriculture (LIFE12 ENV/IT/000578) www.lifehelpsoil.eu/

Monitamb-214-I – Programma Regionale per il monitoraggio degli effetti dell'applicazione delle misure PSR 2007-2013 (Misura 214/i Gestione agrocompatibile delle superfici agricole "Azione 1 - Adozione di tecniche di Agricoltura conservativa" e "Azione 2 - Copertura continuativa del suolo") e PSR 2014-2020 (Misura 10.1.1 – Tecniche agronomiche a ridotto impatto ambientale Bando pluriennale 2015 http://bit.ly/2RSmZRn)

LIFE+ AGRICARE - Introduzione di tecniche innovative di AGRIcoltura di precisione per diminuire le emissioni di CARbonio - Introducing innovative precision farming techniques in AGRIculture to decrease CARbon Emissions (LIFE13 ENV/IT/000583) www.lifeagricare.eu

RECARE - Preventing and Remediating degradation of soils in Europe through Land Care (Programma FP7-ENVIRONMENT - Specific Programme "Cooperation": Environment, including Climate Change) grant agreement No. 603498 www.recare-project.eu

La pubblicazione è stata coordinata da un **Gruppo di lavoro** costituito da

Regione del Veneto, Direzione Agroambiente – *Barbara Lazzaro, Irene Martini*

Veneto Agricoltura – *Lorenzo Furlan, Francesca Chiarini, Renzo Converso, Annalisa Fellin, Stefano Gambetta, Paolo Giacobbi, Renzo Rossetto, Serenella Spolon* - con particolare riferimento alle redazione delle Schede 0 "Tecniche adottate e caratteristiche aziendali", 1 "Le rese produttive nella rotazione", 9 "La difesa integrata dai fitofagi: insetti, limacce, uccelli", 10 "Le micotossine nella granella di mais e frumento", 11 "Evoluzione e controllo della flora infestante", 12 "La biodiversità del suolo: i lombrichi", 13 "La biodiversità del suolo: la mesofauna", 14 "La biodiversità del suolo: il microbiota e gli enzimi", 15 "Le macchine per la semina e la raccolta", 16 "Tecniche di distribuzione di fertilizzanti e reflui zootecnici", 17 "I decompattatori", 18 "Le colture di copertura" e 19 "Il bilancio economico: costi e ricavi"

DAFNAE (Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse naturali e Ambiente) dell'Università di Padova – *Francesco Morari, Ilaria Piccoli* - con particolare riferimento alle redazione delle Schede 3 "L'evoluzione del contenuto di carbonio organico nel suolo", 4 "Le emissioni di gas serra in atmosfera", 5 "Il comportamento dell'acqua nel suolo: caratteristiche idrauliche e bilancio idrico", 6 "Effetti sulle caratteristiche fisiche del terreno: compattamento, porosità", 7 "La distribuzione e le proprietà delle radici nel terreno" e 8 "Impatto sulla qualità delle acque"; *Paolo Carletti* - con particolare riferimento alle redazione della Scheda 14 "La biodiversità del suolo: il microbiota e gli enzimi"

Hanno contribuito come autori o coautori di specifiche schede:

Nicola Colonna (ENEA) per la redazione della Scheda 2 “I consumi di combustibili fossili: il gasolio”

Cristina Menta (Dipartimento di Scienze Chimiche, della Vita e della Sostenibilità Ambientale dell’Università di Parma) per la redazione della Scheda 13 “La biodiversità del suolo: la mesofauna”

Donato Loddo (Istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante - Consiglio Nazionale delle Ricerche) per il contributo alla Scheda 11 “Evoluzione e controllo della flora infestante”

Vladimiro Toniello e *Maurizio G. Paoletti* (Dipartimento di Biologia dell’Università degli Studi di Padova) per i lavori di classificazione tassonomica delle specie appartenenti alla famiglia dei Lumbricidae utilizzati nella redazione della Scheda 12 “La biodiversità del suolo: i lombrichi”

Luigi Sartori - (TESAF - Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali dell’Università di Padova) per la revisione delle Schede 15 “Le macchine per la semina e la raccolta”, 16 “Tecniche di distribuzione di fertilizzanti e reflui zootecnici” e 17 “I decompattatori”

Anna Trettenero (Azienda agricola Trettenero) per la redazione della Scheda 20 “La mia esperienza in Agricoltura conservativa”

Si ringraziano inoltre

Francesco Fagotto, Francesco Salmaso, Paolo Giacobbi (Veneto Agricoltura) per l’esecuzione delle prove in campo

Isadora Benvegnù, Giulia Florio, Francesco Fracasso, Sebastiano Pavan, Alberto Sartori, Erica Sartori e *Roberto Solone* (collaboratori di Veneto Agricoltura) per l’attività di raccolta ed elaborazione dati

Coordinamento editoriale: *Stefano Barbieri* (Veneto Agricoltura)

Revisione testi: *Stefano Barbieri*, *Francesca Chiarini*, *Federica Dal Molin*, *Lorenzo Furlan* (Veneto Agricoltura)

Impaginazione grafica: *Federica Mazzuccato*

Pubblicazione edita da:
Veneto Agricoltura – Agenzia veneta per l’innovazione nel settore primario
Viale dell’Università, 14 - 35020 Legnaro (PD)
Tel. 049 8293711 - Fax 049 8293815
e-mail: ricerca@venetoagricoltura.org
www.venetoagricoltura.org

È consentita la riproduzione di testi, tabelle, grafici, ecc. previa autorizzazione da parte di Veneto Agricoltura, citando gli estremi della pubblicazione.

Finito di stampare in giugno 2019 da Regione del Veneto presso i Centri Stampa Regionali

Codice ISBN 978-88-6337-208-3

SOMMARIO

INTRODUZIONE
L'Agricoltura conservativa e la sua applicazione in Veneto 5

SCHEDA 0
Tecniche adottate e caratteristiche aziendali 7

PARTE PRIMA
AGRICOLTURA CONSERVATIVA E SERVIZI ECOSISTEMICI 9

SCHEDA 1
Le rese produttive nella rotazione 10

SCHEDA 2
I consumi di combustibili fossili: il gasolio 14

SCHEDA 3
L'evoluzione del contenuto di carbonio organico nel suolo 18

SCHEDA 4
Le emissioni di gas serra in atmosfera 22

SCHEDA 5
Il comportamento dell'acqua nel suolo: caratteristiche idrauliche e bilancio idrico 27

SCHEDA 6
Effetti sulle caratteristiche fisiche del terreno: compattamento, porosità 31

SCHEDA 7
La distribuzione e le proprietà delle radici nel terreno 36

SCHEDA 8
Impatto sulla qualità delle acque 41

SCHEDA 9
La difesa integrata dai fitofagi: insetti, limacce, uccelli 48

SCHEDA 10
Le micotossine nella granella di mais e frumento 52

SCHEDA 11
Evoluzione e controllo della flora infestante 58

SCHEDA 12
La biodiversità del suolo: i lombrichi 64

SCHEDA 13
La biodiversità del suolo: la mesofauna 69

SCHEDA 14
La biodiversità del suolo: il microbiota e gli enzimi 74

PARTE SECONDA
LA GESTIONE DEI TERRENI IN AGRICOLTURA CONSERVATIVA 79

SCHEDA 15
Le macchine per la semina e la raccolta 80

SCHEDA 16
Tecniche di distribuzione di fertilizzanti e reflui zootecnici 83

SCHEDA 17
I decompattatori 86

SCHEDA 18
Le colture di copertura 88

PARTE TERZA
REDDITIVITÀ IN AGRICOLTURA CONSERVATIVA 93

SCHEDA 19
Il bilancio economico: costi e ricavi 94

SCHEDA 20
La mia esperienza in Agricoltura conservativa 97

INTRODUZIONE

L'AGRICOLTURA CONSERVATIVA E LA SUA APPLICAZIONE IN VENETO

La Regione del Veneto, a partire dal 2010 successivamente alla riforma Health check, ha dato seguito all'opportunità di attivare un nuovo percorso di sostegno, nell'ambito del Programma di Sviluppo Rurale (PSR), a tecniche agronomiche conservative attente alla salvaguardia della struttura del suolo.

Le motivazioni a sostegno di tale scelta derivavano innanzitutto da precise evidenze che in ambito scientifico dimostrano come i suoli, in particolare in Europa, subiscono progressivi fenomeni di degrado dovuti all'applicazione di tecniche di lavorazione intensiva. Inoltre stessi agricoltori manifestano la necessità di attivare percorsi più attenti all'adeguamento dei processi produttivi alle mutate condizioni dei mercati delle commodities e degli aiuti legati al pagamento unico.

La bibliografia di settore, già dai primi anni 2000, segnalava come i terreni agrari fossero soggetti a una serie di processi degradativi: diminuzione del contenuto di carbonio organico, riduzione della biodiversità, erosione idrica, eolica e meccanica a causa delle lavorazione del terreno, compattamento, salinizzazione e sodificazione. Le tecniche agronomiche convenzionali apparivano quindi difficilmente sostenibili in termini di oneri da parte delle aziende ad indirizzo seminativo ed in termini di necessaria tutela dei suoli agrari.

Contemporaneamente, sono emerse nuove possibilità date dalle misure Agroclimatiche comunitarie, collegate ad un necessario cambiamento di approccio nei confronti della tecnica agronomica, che, anche in Veneto, si era consolidata in un sistema caratterizzato da elevati costi di gestione e da un forte impatto su una risorsa difficilmente rinnovabile come il suolo.

Il Veneto, prima regione in Italia, ha quindi creduto nella possibilità di avviare una prassi virtuosa per un numero circostanziato di aziende, particolarmente motivate in tal senso, attraverso gli strumenti dati dai pagamenti agro-climatico-ambientali del PSR. La scelta fatta fin dall'inizio è stata chiara, essendo stata caratterizzata dall'introduzione del no tillage (sodo), che prevede l'assenza di lavorazioni del terreno e dell'inversione degli strati del suolo. Questa scelta, pur evidenziando alcune criticità nei primi cicli colturali, ha visto affermarsi nel tempo risultati interessanti, come evidenziato dal Progetto Monitamb-214-I condotto da parte di Veneto Agricoltura per il monitoraggio delle misure stesse soprattutto sotto l'aspetto dei servizi ecosistemici a questa collegati.

La misura del PSR, attivata a partire dal 2010, includeva i principali cardini della tecnica della semina su sodo, sotto forma di specifici impegni a carico delle aziende richiedenti: unica operazione di semina sul terreno senza aratura, adozione di rotazioni colturali appropriate, copertura continuativa del suolo. Questi tre elementi venivano completati da indicazioni vincolanti su come attuare nello specifico gli impegni, anche al fine di renderli controllabili da parte dell'Organismo pagatore.

Al termine della programmazione 2007-2013 dello Sviluppo Rurale, la Regione del Veneto ha riproposto l'Agricoltura conservativa nell'ambito della programmazione 2014-2020. Gli impegni hanno fondamentalmente confermato gli elementi caratteristici di tale tecnica agronomica, adattando tali obblighi alle evidenze che sono emerse nel tempo, soprattutto in considerazione delle problematiche affrontate direttamente in campo dagli agricoltori.

Nei periodi di programmazione considerati, si è consolidata la partecipazione al sistema dell'Agricoltura conservativa da parte di 83 aziende, per un'estensione di circa 2.400 ettari. L'importanza relativa dei risultati raggiunti con questo tipo di intervento risiede soprattutto nella trasformazione complessiva che queste aziende hanno dovuto porre in essere, affrontando, soprattutto per i primi anni di impegno, problemi di varia natura e a diversi livelli.

Il conseguimento di risultati soddisfacenti per l'azienda e di importanti servizi ecosistemici per l'agro-ecosistema dipende da vari fattori: di tipo dotazionale aziendale (la disponibilità delle seminatrici su sodo, la possibilità di irrigare, ecc.), ambientale (la presenza di suoli sabbiosi o franchi rispetto a suoli limosi, ecc.) e relativi alle conoscenze (si pensi alle competenze da acquisire per affrontare le situazioni di difficoltà). La combinazione ottimale degli elementi citati rappresenta la condizione essenziale al fine di rendere una pratica così avanzata, non tanto una sfida, quanto una vera e propria opportunità per il futuro.

Come tutti i cambiamenti di ampia portata, l'introduzione della semina su sodo ha comportato incertezze, difficoltà e necessità di adattamento. Al contempo dall'esperienza delle aziende coinvolte sono emersi nuovi stimoli che possono diventare trainanti per adeguare al meglio, nella realtà agricola veneta, il "sistema conservativo", migliorando le performance e aumentando l'estensione dei terreni coinvolti.

Uno dei fattori di maggiore interesse per lo studio e l'applicazione ottimale dell'Agricoltura conservativa risulta essere il tempo, inteso in numero di anni necessari per portare la redditività aziendale ad un livello paragonabile alla tecnica ordinaria. Su questo aspetto, le considerazioni non sono univoche, anche perché entrano in gioco analisi economiche di stima immediata (produzione lorda vendibile, costi dei mezzi produttivi) e altri elementi quali i servizi ecosistemici di medio e lungo periodo che sono di più complessa valutazione.

L'aumento della sostanza organica, che rimane fondamentale prerogativa per tutti i miglioramenti strutturali del terreno, è un processo naturale lento; all'inizio del percorso di adozione del sodo, particolarmente nei terreni limosi, gli svantaggi derivanti da una bassa sostanza organica di partenza, non compensati da tecniche energivore come l'aratura, hanno un apprezzabile impatto negativo, anche sulle rese; tuttavia nel lungo periodo, lo stabilirsi di livelli ottimali di carbonio organico, specifici per ciascun terreno, potranno consentire un'analisi costi – benefici ben più favorevole qualora ci siano adeguati investimenti iniziali in termini di significativi apporti di sostanza organica.

In questo contesto, è maturata nel 2012 la proposta di partecipare con le regioni della Pianura Padana al progetto LIFE+ denominato Helpsoil in grado di soddisfare il bisogno di conoscenza dei differenti aspetti che caratterizzano questa pratica. Il partenariato del progetto, conclusosi nel 2017, era composto dalla Regione Lombardia in qualità di capofila, dalla Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, dall'ERSAF, dalla Regione Piemonte, dalla Regione Emilia Romagna, dal CRPA, dalla Regione Veneto e da Veneto Agricoltura. Vi ha inoltre partecipato Kuhn Italia S.p.A. in qualità di cofinanziatore. In questo ambito, la Regione del Veneto ha attivato una specifica collaborazione istituzionale con DAFNAE, dell'Università di Padova, riguardante in particolare l'analisi della gestione del ciclo dell'acqua e del ciclo del carbonio. Sono stati monitorati i consumi idrici ed energetici, per attuare comparazioni con i metodi di irrigazione convenzionali, la sostanza organica e la fertilità biologica dei suoli, effettuando campionamenti nei "campi test" delle aziende dimostrative di Progetto.

La presente pubblicazione sintetizza e divulga le esperienze maturate in questi anni nello sviluppo dei diversi progetti europei e nel monitoraggio delle misure del PSR al fine di renderli disponibili a chi intendesse intraprendere il percorso dell'Agricoltura conservativa nella propria azienda.

SCHEDA 0

TECNICHE ADOTTATE E CARATTERISTICHE AZIENDALI

I dati e le analisi riportate in questo testo sono il frutto di **8 anni di sperimentazioni (2011-2018)** condotte nelle **tre Aziende pilota dimostrative di Veneto Agricoltura** (ValleVecchia, Diana, Sasse Rami) oltre che due aziende private partecipanti al progetto Helpsoil nelle quali sono state adottate le tecniche di Agricoltura conservativa.
L'Agricoltura conservativa (www.fao.org/conservation-agriculture/en/) è un sistema agricolo che promuove il mantenimento della copertura permanente del suolo e il minimo disturbo del suolo (cioè nessuna lavorazione del terreno) e la diversificazione delle specie vegetali.
Obiettivo dell'Agricoltura conservativa è promuovere la produzione agricola ottimizzando l'uso delle risorse e contribuendo a ridurre il degrado del terreno attraverso la gestione integrata del suolo, dell'acqua e delle risorse biologiche esistenti, in associazione con fattori di produzione esterni.

I tre pilasti fondamentali dell'Agricoltura conservativa sono:
- la non inversione degli strati del terreno con lavorazioni che tendano a contenere le alterazioni del suolo ed escludano in ogni caso l'aratura, al fine di preservarne la struttura, la pedofauna e la sostanza organica;
- la copertura permanente del suolo (con colture di copertura, residui e coltri protettive);
- la rotazione delle colture con diversi livelli di diversificazione in grado di garantire numerosi vantaggi agronomici (ad es. aumento dei microrganismi del suolo, contrasto alle erbe infestanti, ai parassiti delle piante).

Nello specifico delle tecniche di gestione del suolo che sono ricomprese nella definizione di Agricoltura conservativa (la minima lavorazione, la semina su sodo e lo strip tillage) il protocollo applicato nelle sperimentazioni analizzate in questa pubblicazione si riferiscono alla **semina su sodo**, integrata da interventi di decompattamento e associata alla copertura continua del suolo mediante semina di cover crop.
Nelle tre aziende di Veneto Agricoltura, l'Agricoltura conservativa è stata confrontata con l'Agricoltura convenzionale consistente nell'aratura seguita dalle successive lavorazioni (estirpatura, erpicatura) e senza colture di copertura.
In ciascuna azienda le due tipologie sono state applicate in **coppie di appezzamenti** adiacenti o molto vicini (ciascuno da 1-1.5 ha) con simili caratteristiche pedologiche (Tab. 0.1).

		Azienda		
Caratteristiche	**unità di misura**	**VALLEVECCHIA**	**DIANA**	**SASSE RAMI**
Sabbia	g/100 g	34.2	8.3	18.4
Limo	g/100 g	42.6	66.1	57.8
Argilla	g/100 g	23.2	25.6	23.8
classe tessitura USDA		franco	franco limoso	franco limoso
Sostanza organica	g/100 g	1.7	1.5	1.4

Tabella 0.1 - Caratteristiche pedologiche dei terreni in prova.

Ciascun appezzamento è stato assoggettato alla stessa rotazione (frumento – (colza) – mais – soia) con partenza non coincidente in modo da avere ogni anno le quattro colture contemporaneamente in ciascuna azienda. Dopo i primi anni di sperimentazione, dalla **rotazione quadriennale** si è passati alla **rotazione triennale** senza colza a seguito delle difficoltà di ottenere, con la semina su sodo, un sufficiente investimento all'emergenza con inevitabili scarse *performance* produttive. Infatti, la ridotta dimensione del seme di colza richiede, per ottenere una buona germinazione e una successiva adeguata densità di piante, l'accurata preparazione del letto di semina, tale da garantire un'omogenea e superficiale profondità di semina, difficilmente ottenibile con la semina su terreno a sodo, irregolare nella maggioranza dei casi in superficie.

In Agricoltura conservativa la **copertura continua del terreno** è stata garantita da colture di copertura (cover crops) autunnali (orzo+veccia/orzo/frumento) ed estive (sorgo multisfalcio) inserite dopo la coltura principale.
La coltivazione dei terreni nelle tre aziende è stata effettuata seguendo lo stesso **protocollo colturale** che prevedeva, per ciascuna coltura, l'impiego delle medesime concimazioni e delle stesse varietà con un aumento della densità di semina negli appezzamenti ad Agricoltura conservativa (mais 8.5 semi/m^2 a fronte di 7.5 nel convenzionale; 48 semi/m^2 per la soia a fronte di 44 semi m^2 nel convenzionale, 500 semi/m^2 nel caso del frumento a fronte di 450 semi/m^2 del convenzionale). Oltre a diversi altri parametri agronomici, in ciascun appezzamento sono state rilevate le produzioni di granella delle colture in rotazione.
Per un approfondimento circa **le caratteristiche delle aziende** pilota di Veneto Agricoltura, sedi della sperimentazione e i **protocolli di coltivazione utilizzati** si veda la pubblicazione del Progetto LIFE+ Helpsoil "L'esperienza delle venti aziende di progetto" in particolare alle pagine 21, 29 e 37 (http://bit.ly/2B8mx7g).
La sperimentazione si è svolta nell'ambito del **Programma di attività di Veneto Agricoltura** ed è stata poi implementata e supportata da diversi progetti, in particolare il **Progetto LIFE+ Helpsoil** (www.lifehelpsoil.eu/) che ha visto coinvolte sotto il coordinamento della Regione Lombardia tutte le regioni della pianura padana, e il **Progetto LIFE+ AGRICARE** (www.lifeagricare.eu/it) che ha approfondito il contributo dato dalla Agricoltura conservativa, integrata dalle tecniche di agricoltura di precisione, alla riduzione dei gas climalteranti e alla protezione del suolo. Infine un contributo particolare è stato dato dal progetto regionale denominato "**Monitamb-214-I**" e finalizzato al monitoraggio degli effetti dell'applicazione delle misure agro ambientali supportate dal PSR[1].
Le analisi riportate nelle schede che compongono questa pubblicazione sono riferite in linea generale all'arco temporale 2011-2018. Alcuni rilievi, proprio perché svolti nell'ambito di specifici progetti, si riferiscono ad un arco temporale diverso, ma pur sempre nell'ambito di una gestione colturale di lungo periodo condotta per otto anni nelle medesime coppie di appezzamenti, per quel che concerne le Aziende pilota e dimostrative di Veneto Agricoltura.
Nell'ambito del Progetto LIFE+ Helpsoil la sperimentazione ha coinvolto in Veneto anche altre due aziende private: Pasti Marco Aurelio e S. Ilario – Miana Serraglia per le cui caratteristiche si vedano le pagine 25 e 33 della sopracitata pubblicazione (http://bit.ly/2B8mx7g).

[1] PSR 2014-2020: (Misura 10.1.1 - Tecniche agronomiche a ridotto impatto ambientale Bando pluriennale 2015 http://bit.ly/2RSmZRn) PSR 2007-2013: Misura 214/i Gestione agrocompatibile delle superfici agricole: Azione 1 "Adozione di tecniche di Agricoltura conservativa" e Azione 2 "Copertura continuativa del suolo".

PARTE PRIMA

AGRICOLTURA CONSERVATIVA E SERVIZI ECOSISTEMICI

SCHEDA 1

LE RESE PRODUTTIVE NELLA ROTAZIONE

La presente scheda analizza le performance produttive ottenute nella rotazione frumento-mais-soia nelle tre Aziende pilota dimostrative di Veneto Agricoltura nelle quali si sono svolte le attività sperimentali di lunga durata di confronto Agricoltura conservativa e Agricoltura convenzionale come descritto nella scheda 0.
Nei grafici seguenti (Fig. 1.1) sono riportate le produzioni all'umidità commerciale per le tre colture della rotazione definitiva, nelle tre aziende, secondo i due metodi di coltivazione applicati. Negli otto anni di indagine le *performance* produttive su sodo si sono sempre mantenute inferiori a quelle ottenute su terreno arato (Figure 1.2 e 1.3).

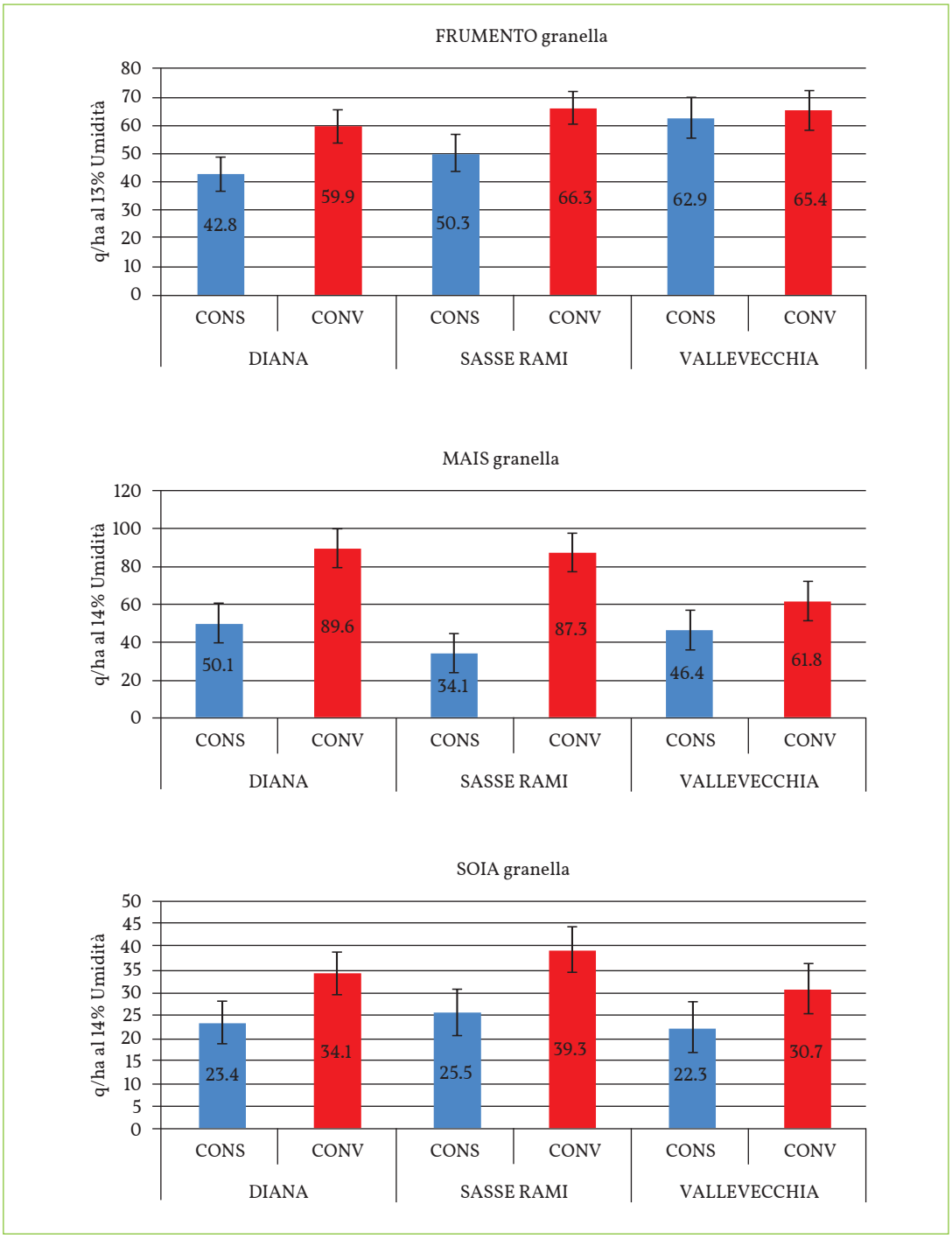
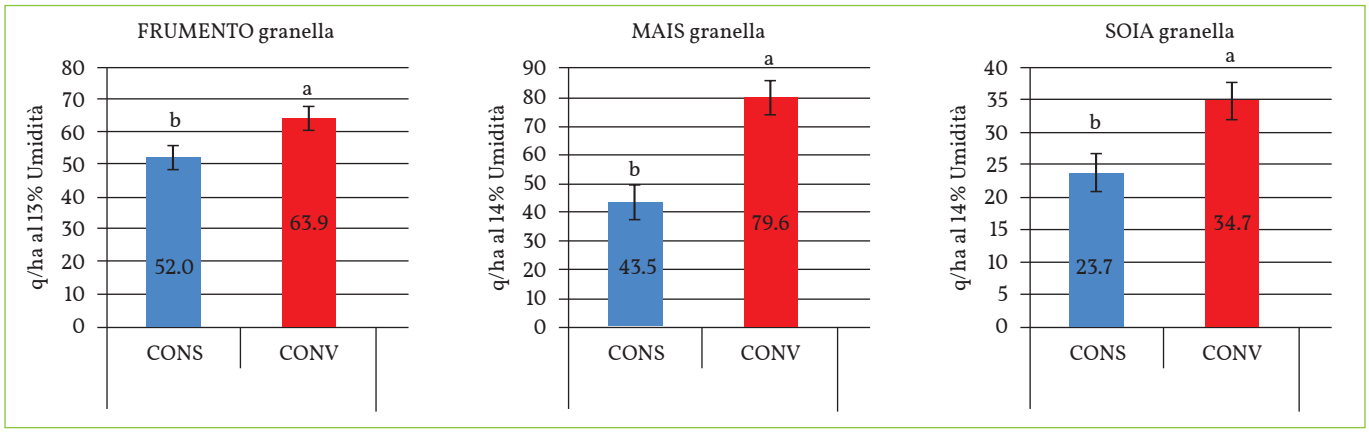


Figura 1.1 - Produzione media (± errore standard) delle tre colture nelle tre aziende di Veneto Agricoltura con i due sistemi di coltivazione negli 8 anni di prova (2011-2018).

Figura 1.2 - Produzione media (± errore standard) delle tre colture con i due sistemi di coltivazione negli 8 anni di prova (2011-2018). A lettere uguali corrispondono valori uguali secondo il test di Tukey (p<=0.05)



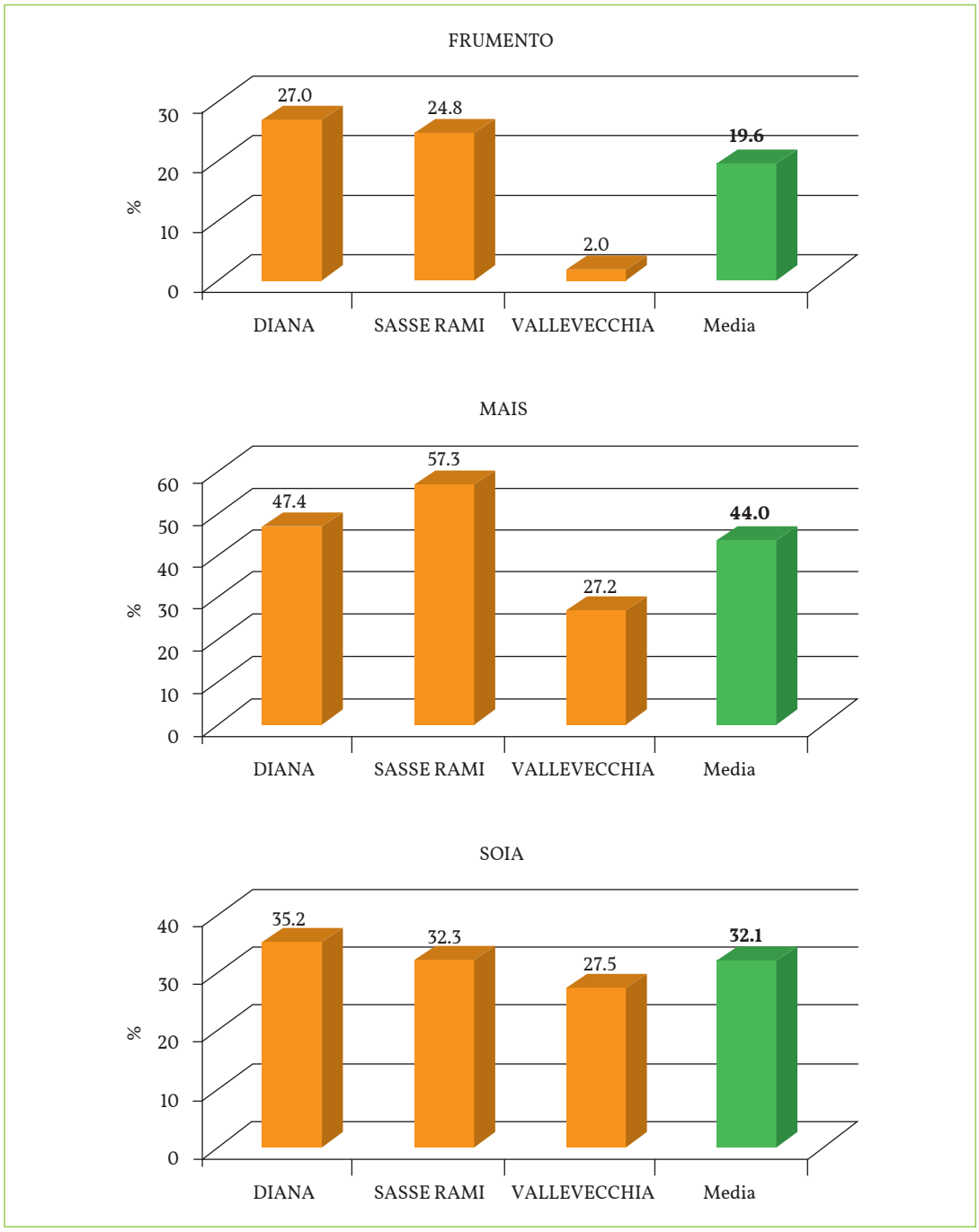


Figura 1.3 - Decurtazione percentuale della resa media delle tre colture della tecnica conservativa rispetto a quella convenzionale negli 8 anni di prova (2011-2018).

Il frumento coltivato su terreni ad Agricoltura conservativa ha prodotto in media il 19.6% in meno rispetto alla coltivazione su terreni precedentemente arati risultando, tra le tre colture, quella meno sensibile agli effetti della semina su sodo (Fig. 1.3). La soia in Agricoltura conservativa ha fatto registrare una produzione mediamente inferiore del 32.1% rispetto al convenzionale. La coltura del mais è risultata quella più sensibile, con decurtazioni a seconda dell'azienda dal 27.2% a oltre il 57% (mediamente del 44%). Nell'azienda ValleVecchia, con terreni aventi una maggiore componente sabbiosa, tendenzialmente di medio impasto, a differenza degli altri a forte componente limosa, gli effetti negativi della gestione conservativa sulla resa in granella sono risultati più contenuti per tutte le colture.
Da tale osservazione si evince che il parametro agronomico che ha maggiormente inciso sui rendimenti produttivi dei terreni ad Agricoltura conservativa è stato probabilmente il compattamento del terreno, specialmente nei terreni con una significativa componente di limo, aggravato ulteriormente dal basso valore della sostanza organica. A questo va aggiunta la più alta densità di infestanti nei terreni a sodo a sua volta favorita dalla minore competitività della coltura poco sviluppata a causa del compattamento.

Foto 1.1 - Mais seminato su sodo scarsamente sviluppato in un terreno con molto limo.

Soprattutto nel mais si è aggiunto, quale fattore negativo sulla produttività, il significativo minore investimento (numero di piante emerse per metro quadro) con un investimento medio della conservativa inferiore del 22% rispetto al convenzionale, malgrado l'aumento della densità di semina (Fig. 1.4). Questo aspetto è peraltro non recuperabile in quanto la pianta di mais non è soggetta ad accestimento o a ramificazione a differenza delle altre due colture.
Nei terreni a sodo, il seme può trovare condizioni fisiche poco idonee alla germinazione e all'emergenza. Da osservazioni di campo il solco di semina può rimanere aperto e la mancata aderenza del seme al terreno non ne permette la germinazione o, anche nel caso che questa avvenga, l'attecchimento non si completa. All'opposto, nelle aree più umide dei terreni ad elevata componente limosa, le modifiche di volume del terreno "plastico" hanno portato talora allo schiacciamento e relativa perdita delle piantine (Foto 1.2). In queste condizioni, inoltre, il seme è maggiormente esposto al rischio di predazione da parte di uccelli e altri fitofagi. Il minore investimento si traduce in una maggiore presenza di aree non coperte dalla coltura, il che permette alle malerbe, già di per sé in maggiore quantità, di svilupparsi, specialmente se non sono adeguatamente controllate con il diserbo, compromettendo così il risultato produttivo finale. Anche nei casi in cui gli investimenti degli appezzamenti in Agricoltura conservativa erano simili a quelli in convenzionale, si è registrata una significativa riduzione di produzione.

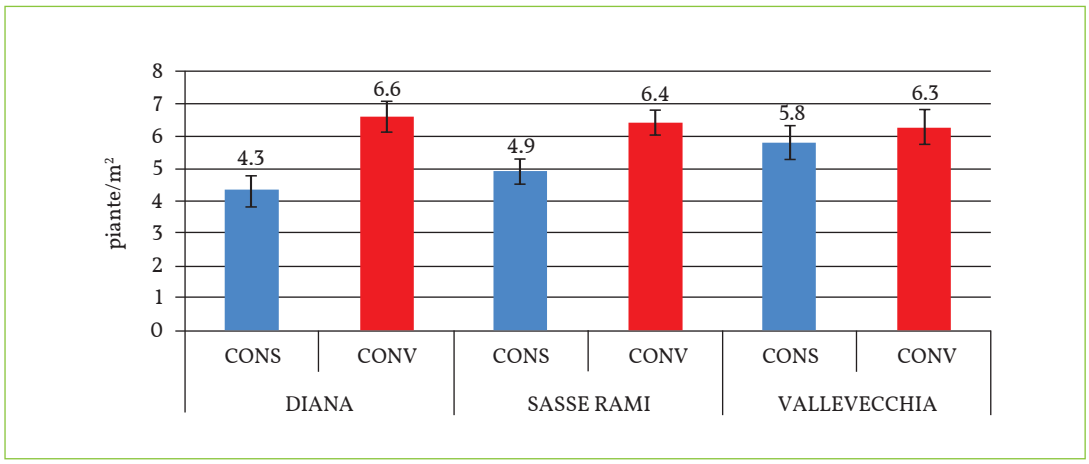


Figura 1.4 - Investimenti su mais nelle tre aziende pilota negli 8 anni di prova (2011-2018) (le barre indicano le medie ± errore standard).

Foto 1.2 - Piantina di mais 'schiacciata' su terreno limoso a sodo.

Per ridurre le problematiche sopra descritte nell'ambito delle tecniche in Agricoltura conservativa adottate (nel caso specifico la semina su sodo) è innanzitutto necessario dotarsi di una seminatrice da sodo adatta che va opportunamente tarata (vedi scheda 15). È importante attendere che il terreno sia nelle migliori condizioni di umidità per limitare il rischio di lasciare solchi aperti. Importante è anche poter ricorrere, se necessario, all'irrigazione in quanto i terreni a sodo come quelli in sperimentazione tendono a essere più compattati e limitano l'approfondimento delle radici con minore capacità di assorbimento dell'acqua da parte della pianta (vedi scheda 5).

Considerazioni finali

Le problematiche emerse, e che incidono sulle performance produttive, sono legate in primis alle condizioni di partenza dei terreni, particolarmente al basso contenuto di sostanza organica che non ne consente una buona strutturazione, specialmente quelli con elevata componente limosa. L'aumento della sostanza organica è un processo naturalmente lento, ma rimane il fondamentale obiettivo dell'Agricoltura conservativa e punto di partenza per tutti gli altri miglioramenti del terreno. All'inizio del percorso di adozione del sodo, particolarmente nei terreni limosi, gli svantaggi derivanti dalla bassa sostanza organica di partenza, non compensati da tecniche energivore come l'aratura, hanno un cospicuo impatto negativo. Tuttavia, nel lungo periodo, lo stabilirsi di livelli ottimali di sostanza organica specifici di ciascun terreno è probabile che possa consentire risultati agronomici migliori, a partire dalle rese, a fronte di minori input di fattori produttivi.

SCHEDA 2

I CONSUMI DI COMBUSTIBILI FOSSILI: IL GASOLIO

I consumi energetici

Una delle maggiori voci di spesa di una impresa agricola è costituita dal gasolio consumato nell'esecuzione delle diverse operazioni colturali. L'impiego delle trattrici e delle macchine operatrici specializzate comporta elevati consumi di combustibile ad ettaro che incidono significativamente sul bilancio economico ed ambientale dell'impresa.
Le agrotecniche di tipo conservativo determinano una riduzione del numero dei passaggi e/o un minor sforzo di trazione e quindi una riduzione significativa dei consumi di gasolio.
La sostituzione della tradizionale aratura con la semina su sodo o la minima lavorazione e l'impiego di macchine combinate, capaci di svolgere più operazioni in un unico passaggio, comportano, secondo il tipo di terreno e la coltura, una riduzione dei consumi di gasolio che può raggiungere e superare il 50%, rispetto alle tecniche convenzionali.

I risultati sperimentali nelle aziende di Veneto Agricoltura

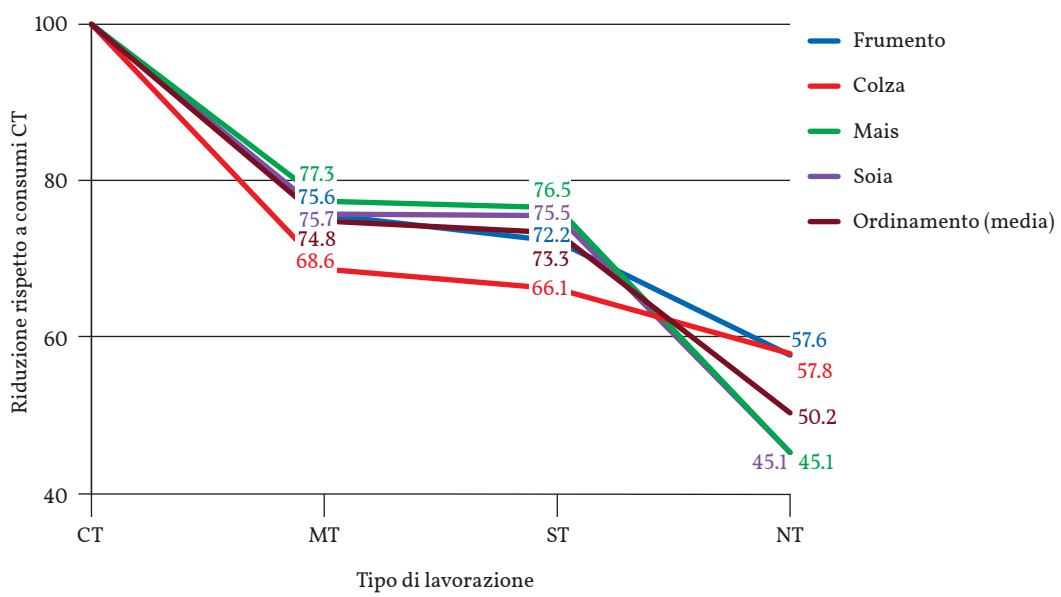
Nell'Azienda pilota dimostrativa di Veneto Agricoltura a ValleVecchia di Caorle (Ve) sono state condotte dal 2015 diverse attività sperimentali nell'ambito del Progetto LIFE+ Agricare (www.lifeagricare.eu). Le tecniche conservative sono state impiegate su quattro differenti colture (Frumento, Colza, Mais, Soia) con tre differenti tecniche: la semina su sodo (NT), la minima lavorazione (MT), la lavorazioni a strisce (ST), confrontate con la tecnica convenzionale (CT) che include l'aratura e la normale sequenza di operazioni di lavorazione del terreno. La gestione conservativa ha mostrato immediati benefici per quanto riguarda il gasolio risparmiato (Tab. 2.1) per tutte le colture con punte di riduzione del consumo superiori al 50%.

Tabella 2.1 - Risparmio % di gasolio in due anni di prove, rispetto al testimone convenzionale per ciascuna coltura e tecnica.

Coltura/Tecnica	MT	ST	NT
Frumento	-24.4	-27.8	-42.4
Colza	-31.4	-33.9	-42.2
Mais	-22.7	-23.5	-54.8
Soia	-24.3	-24.5	-54.9

La tecnica della semina su sodo ha mostrato i risparmi più elevati, seguita dalla lavorazione a strisce e dalla minima lavorazione. Le differenze tra le colture sono in relazione all'agrotecnica specifica ed in particolare alle differenze nei livelli di concimazione e dell'irrigazione.

Figura 2.1 - Consumi energetici diretti (gasolio+lubrificante) per le diverse colture e per l'intero ordinamento, comparazione rispetto alla tecnica colturale tradizionale (CT = 100).



I risultati, in valore assoluto, sono specifici per le prove e le macchine utilizzate nell'azienda sperimentale ValleVecchia ma risultati analoghi possono essere ottenuti da tutti gli agricoltori che introducano le tecniche conservative: abbandonare l'aratro per passare ad organi rotanti in movimento che lavorano superficialmente o di fatto seminano aprendo solo un solco per la posa del seme, riduce lo sforzo di trazione necessario e quindi abbatte il consumo di gasolio oltre naturalmente a diminuire i tempi macchina. La spesa per la singola coltura è fortemente ridotta ma se valutiamo l'intero ordinamento colturale dobbiamo considerare una spesa aggiuntiva per le colture di copertura, elemento imprescindibile dell'Agricoltura conservativa.

La spesa energetica per le colture di copertura (cover crops)

La spesa di energia fossile per le cover crops è stata limitata all'uso delle trattrici per le operazioni di preparazione del terreno e la semina ed è stata pari a 2300 MJ, con una incidenza percentuale pari al 17% nel caso delle prove MT ed ST e del 25% per NT.
Per una visione più completa dei consumi energetici associati ad una determinata coltura o ordinamento colturale è necessario valutare il fabbisogno energetico lordo.

Il fabbisogno energetico lordo

Gasolio e lubrificanti sono i due elementi, di origine fossile, direttamente consumati per le operazioni colturali ma vi sono altre rilevanti spese energetiche da considerare nella valutazione di una coltura: sono le cosiddette spese indirette o "nascoste". Fertilizzanti, sementi, prodotti per la difesa (insetticidi, diserbanti) sono dei mezzi produttivi che hanno richiesto un dispendio di energia per essere prodotti, confezionati ed approvvigionati all'azienda agricola; tale energia, contenuta virtualmente, viene consumata completamente nel momento in cui li distribuiamo in campo. Se contabilizziamo anche l'energia "nascosta" nei diversi mezzi tecnici impiegati nel realizzare la coltivazione il bilancio energetico della coltura cambia significativamente.
Il fabbisogno energetico lordo delle colture sperimentate a ValleVecchia è risultato variabile secondo la coltura e le agrotecniche impiegate. Il Mais è risultato avere un fabbisogno energetico di 28.880 MJ per ettaro, il Frumento di 21.830 MJ, la colza di 14.260 MJ e la Soia di 12.570 MJ; numeri che evidenziano la diversa intensità energetica della coltura e nel caso della soia quanto sia rilevante l'assenza della concimazione azotata. I grafici in figura 2 mostrano come il peso percentuale dell'energia nascosta nei consumi indiretti sia molto rilevante per il frumento e la colza mentre la situazione si riequilibria leggermente nel mais e si ribalta totalmente nella soia.

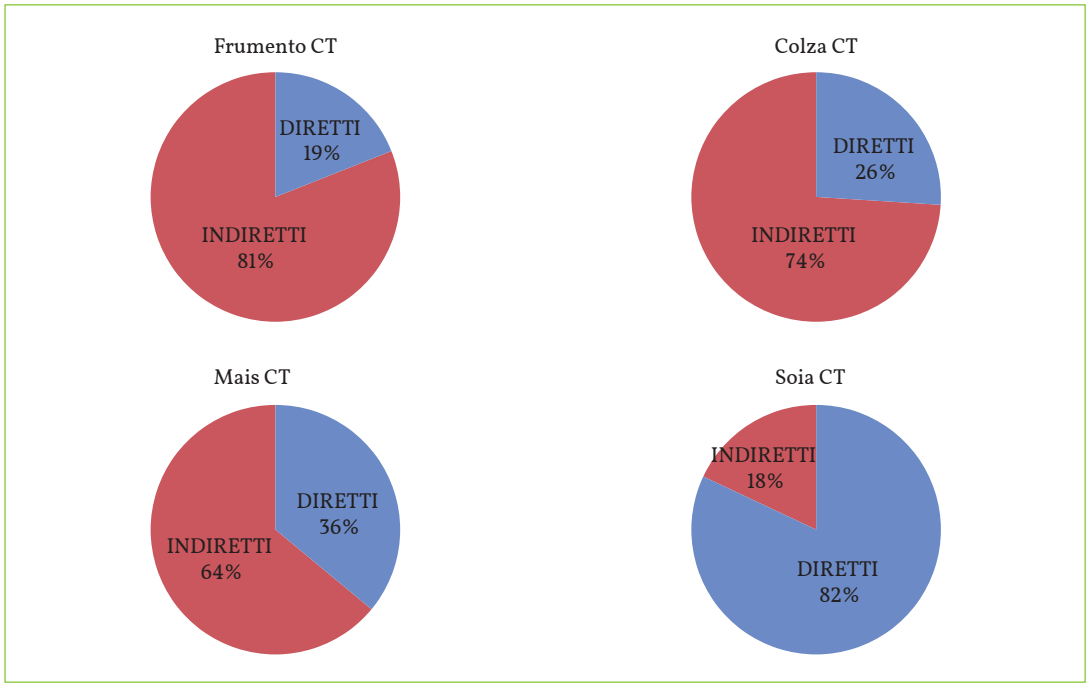


Figura 2.2 - Peso percentuale dei consumi diretti ed indiretti di energia di ciascuna coltura con la tecnica tradizionale.

Nel momento in cui si abbandona l'aratura per sostituirla con le tecniche conservative diminuiscono i consumi diretti di energia (essenzialmente gasolio) ma aumentano leggermente i consumi indiretti soprattutto a causa della spesa energetica connessa al diserbo (Fig 2.3). Nelle prove di ValleVecchia l'impiego dei diserbanti che, di fatto, sostituiscono parzialmente l'aratura nella sua funzione di controllo delle malerbe, comporta una maggiore spesa energetica di circa 2-3000 MJ ad ettaro che in parte vanifica i benefici del gasolio risparmiato.
Quindi, valutando sia la maggiore spesa per il diserbo che quella per le colture di copertura l'Agricoltura conservativa comporta risparmi energetici tangibili ma non elevati.

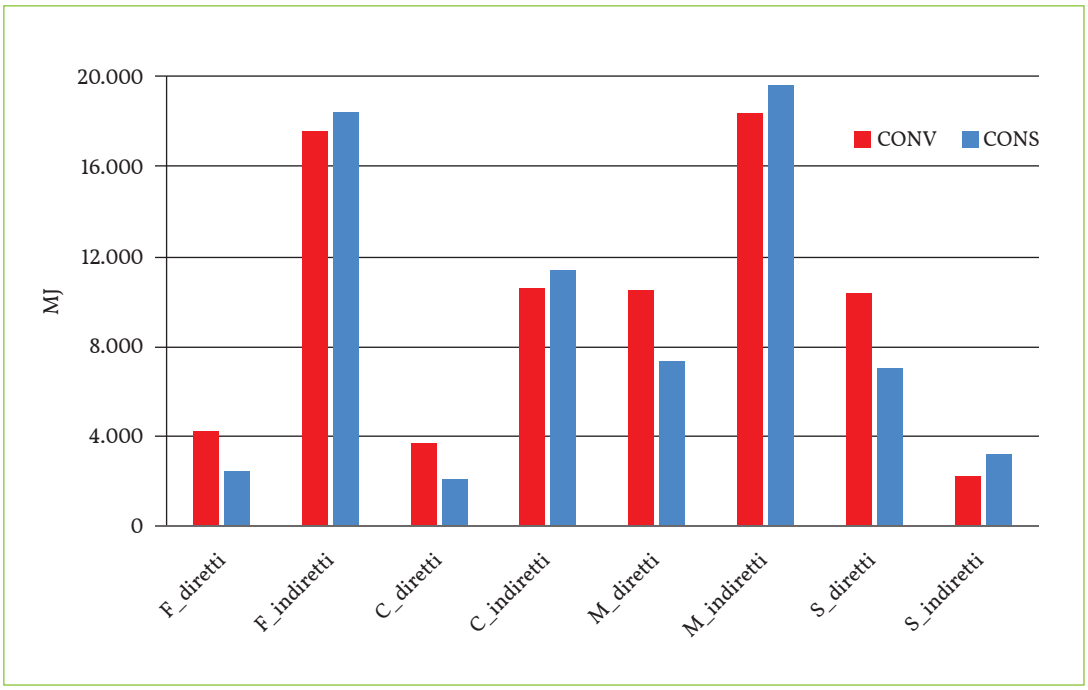


Figura 2.3 - Valori dei consumi diretti ed indiretti (media dei due anni) di energia di ciascuna coltura F = Frumento, C = Colza, M = Mais, S = Soia della tecnica tradizionale (CONV) confrontata con la non lavorazione (CONS).

Nelle prove di ValleVecchia l'Agricoltura conservativa è stata anche testata in modo integrato applicando tecniche di agricoltura di precisione e questo ha comportato un ulteriore risparmio energetico che, nella media dei due anni delle prove, è stato pari all'11%. L'ottimizzazione dei percorsi e delle manovre delle macchine impiegate, grazie alla guida assistita, consente di diminuire il tempo macchina e le distanze percorse e quindi porta ad un risparmio ulteriore di gasolio.
I risultati ottenuti possono essere meglio compresi e valutati analizzando oltre al fabbisogno energetico lordo il saldo energetico netto (NET Net Energy Ratio) che mette in relazione la spesa energetica con i risultati produttivi. La spesa energetica per unità di prodotto ottenuta (MJ/t) o ancora meglio per l'energia ottenuta (MJ/MJ) prendendo a riferimento il PCI (Potere Calorifico Inferiore) della granella e della biomassa prodotta dalla coltura. Questo indice ci consente di osservare se l'Agricoltura conservativa è effettivamente più efficiente dal punto di vista energetico rispetto alle tecniche tradizionali in quanto integra anche i risultati produttivi.
Nei due anni di prove, nelle condizioni pedoclimatiche di ValleVecchia, l'efficienza energetica delle tecniche conservative è stata inferiore alla tecnica convenzionale anche se di poco e questo è dovuto ai risultati produttivi che si sono rilevati mediamente inferiori.
Le informazioni e le esperienze raccolte a ValleVecchia ci inducono però a pensare che l'applicazione delle tecniche conservative nel tempo sia per la maggiore esperienza dell'agricoltore che per il miglioramento delle tecniche e gli effetti cumulati della conservazione della sostanza organica possa portare ad annullare o ridurre il gap produttivo e migliorare di conseguenza il saldo energetico netto.
L'integrazione delle tecniche di agricoltura di precisione con i risparmi di gasolio e l'ottimizzazione dell'uso degli input, qualora venga applicata la distribuzione variabile degli input, migliorano i risultati e migliorano l'efficienza energetica rispetto alle tecniche convenzionali.

BIBLIOGRAFIA

AA.VV., 2010: Come si valuta l'efficienza delle colture da biomassa. AGRICOLTURA. pag. 95-97

AA.VV., 2014 LINEE GUIDA per l'applicazione e la diffusione dell'Agricoltura conservativa. Progetto LIFE+ HelpSoil (LIFE 12 ENV/IT/000578)

Bonari E., Mazzoncini M., Peruzzi A., Silvestri N., 1992: Valutazioni energetiche di sistemi produttivi a diverso livello di intensificazione colturale. Informatore agrario 1/92 suppl., 11-25

Borin M., Menini C., Sartori M., 1997: Effects of tillage systems on Energy and Carbon balance in north eastern Italy. Soil and Tillage research, 40 209-226

Casali E., 2016: L'Agricoltura conservativa: le tecniche in Rivista di Agraria.org. http://www.rivistadiagraria.org/articoli/anno-2016/lagricoltura-conservativa-le-tecniche/

Pisante M., (a cura di) 2007: Agricoltura blu. La via italiana dell'Agricoltura conservativa. Edagricole, Bologna pp 187-257

Triolo L., Mariani A., Tomarchio L., 1984: L'uso dell'energia nella produzione agricola vegetale in italia: Bilanci energetici e considerazioni metodologiche. ENEA RT/FARE/84/12

SCHEDA 3

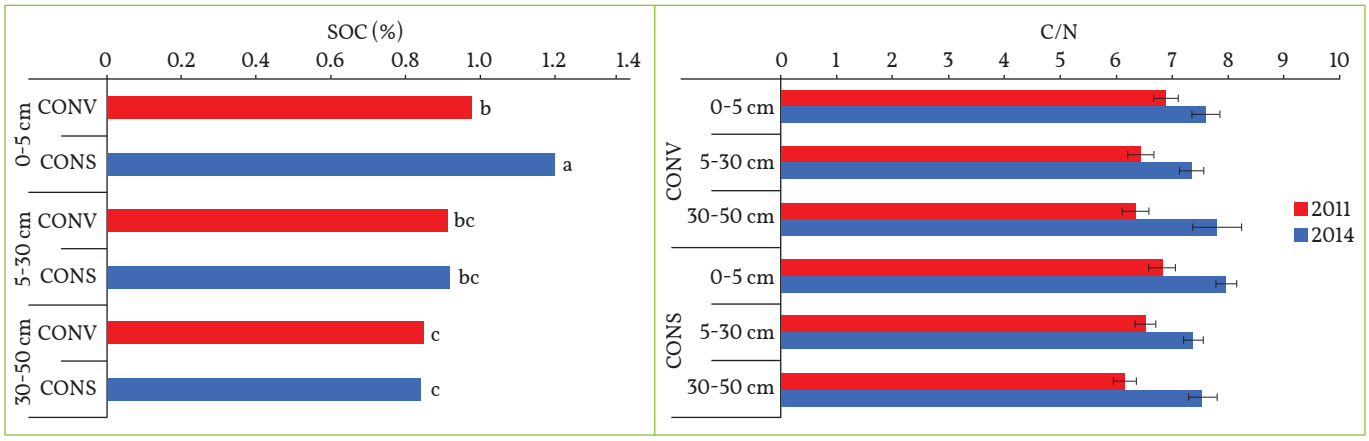
L'EVOLUZIONE DEL CONTENUTO DI CARBONIO ORGANICO NEL SUOLO

Il carbonio organico del suolo (SOC – Soil Organic Carbon) costituisce per il 58% la sostanza organica presente nei suoli ed ha valenza sia agronomica sia ambientale. Da un lato, infatti, è il principale indicatore di qualità/fertilità dei suoli, dall'altra rappresenta la seconda riserva globale di C.
L'Agricoltura conservativa è un sistema colturale in grado di incrementare lo stock di carbonio organico del suolo, mediamente di circa 0.57 ± 0.14 t di C per ettaro, all'anno, nei primi 30 cm di suolo.
L'effetto è da ricondursi principalmente al minimo disturbo del suolo e dei suoi aggregati, al maggiore apporto di C organico con i residui colturali e alla diversificazione delle colture (rotazione e colture intercalari).
Studi recenti hanno dimostrato, tuttavia, che il vantaggio rispetto ai sistemi arativi si annulla quando lo stock è calcolato considerando anche la SOC degli strati più profondi; l'Agricoltura conservativa modifica, per contro, la distribuzione della SOC nel profilo, accumulandola in superficie e riducendola in profondità.
Indipendentemente dalle performance quantitative, l'Agricoltura conservativa ha un effetto positivo sulla qualità della sostanza organica, incrementando il contenuto di humus e l'attività della biomassa microbica del suolo.

I risultati sperimentali nelle aziende di Veneto Agricoltura

L'Agricoltura conservativa ha innalzato la concentrazione media di SOC (%) nel profilo 0-50 cm (0.99% in Conservativa rispetto 0.91% in Convenzionale), principalmente per l'accumulo di SOC nello strato superficiale: 0-5 cm, 1.20% rispetto a 0.98% in Convenzionale (Fig. 3.1).
La concentrazione a Sasse Rami e a ValleVecchia è risultata, inoltre, positivamente correlata con il contenuto di argilla, evidenziando la presenza di fenomeni di protezione fisica con la formazione di complessi organo-argillosi.
I valori medi di C/N (Fig. 3.1) sono passati in media da 6.5 nel 2011 a 7.6 nel 2014, senza variazioni significative indotte dalle pratiche agronomiche e dallo strato campionato.

Figura 3.1 - A sinistra: concentrazione di SOC (%) nei diversi strati. A destra: rapporto C/N nei diversi strati. Dato medio del 2011 e 2014, e dei tre siti sperimentali. CONV = convenzionale; CONS = conservativo.



Nel periodo 2010-2014, l'Agricoltura conservativa ha modificato la distribuzione dello stock di SOC lungo il profilo, incrementandolo di 0.85 e 0.57 t C ad ettaro negli strati 0-5 cm e 0-30 cm, e diminuendolo di 0.69 t C ad ettaro nello strato 0-50 cm. Rispetto al trattamento conven-

zionale, l'incremento è risultato di 0.36 t C per ettaro, all'anno, in superficie e 0.22 t di C per ettaro, all'anno, nei primi 30 cm. Non sono state osservate, per contro, differenze significative nel profilo 0-50 cm.

I fattori che hanno contribuito a modificare la distribuzione della SOC sono stati:

a) l'assenza di lavorazioni in Agricoltura conservativa, con conseguente accumulo dei residui in superficie;
b) l'inversione dello strato con l'aratura in Convenzionale con conseguente interramento dei residui in profondità;
c) l'accrescimento degli apparati radicali e l'input superficiale di C con i residui colturali non interrati;
d) la tessitura, con un effetto positivo dell'argilla e negativo della sabbia.

I risultati elencati si riferiscono ad un arco temporale di breve periodo (3 anni). Tuttavia, secondo il modello DNDC, la SOC nei suoli medio-limosi della pianura veneta risentirebbe di dinamiche di lungo periodo, superiori ai 20 anni, periodo minimo per osservare una differenziazione significativa tra sistemi conservativi e sistemi convenzionali (Fig. 3.2).

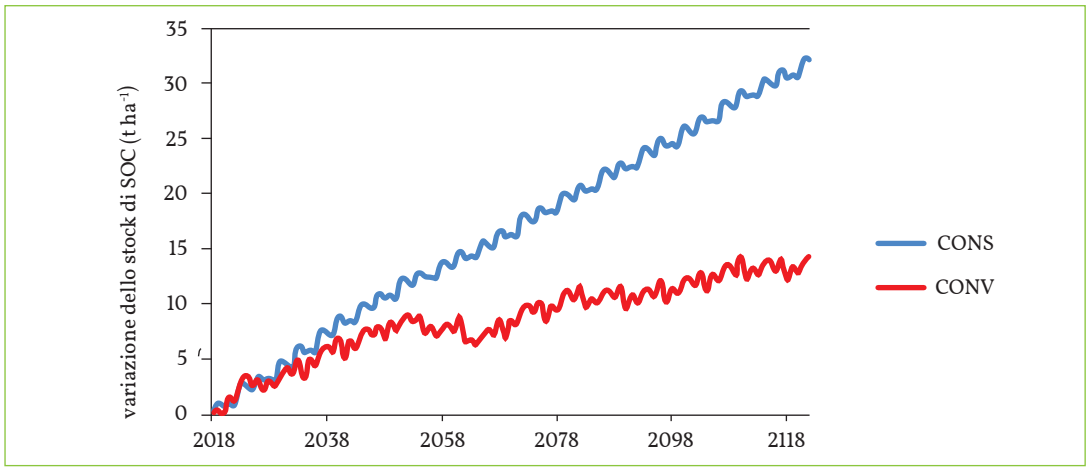


Figura 3.2 - Andamento della variazione dello stock di SOC simulato con il modello DNDC negli anni 2018-2118 a Sasse Rami. Profilo 0-50 cm.

Nei tre anni di sperimentazione, l'Agricoltura conservativa ha modificato comunque il rapporto tra le frazioni umiche, riducendo la componente più labile (frazioni umiche a basso peso molecolare) a favore di quella a medio peso molecolare (Fig. 3.3). L'attività microbica non ha manifestato, invece, un chiaro trend in funzione della pratica agronomica, e i contenuti di C e N microbico si sono assestati, rispettivamente, attorno a 170 mg per kg e 10 mg per kg.

	0-5 cm	0-30 cm	0-50 cm
CONV	-0.23	0.08	1.18
CONS	0.85	0.57	-0.69

Tabella 3.1 - Variazione dello stock di SOC (t/ha) dal 2011 al 2014 lungo il profilo.

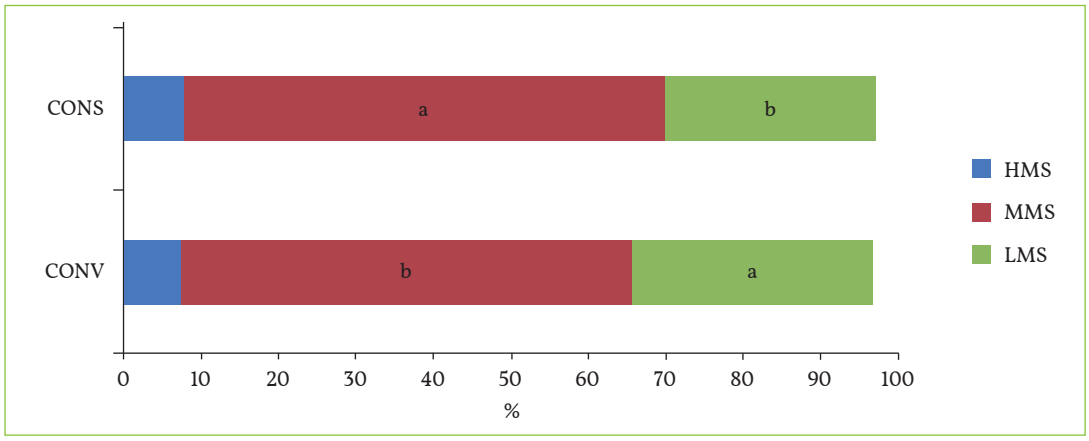


Figura 3.3 - Distribuzione delle frazioni umiche tra i trattamenti.
HMS = sostanze umiche ad alto peso molecolare;
MMS = sostanze umiche a medio peso molecolare;
LMS = sostanze umiche a basso peso molecolare;
CONV = convenzionale;
CONS = conservativo.

L'Agricoltura conservativa in Veneto a seguito dell'applicazione del PSR

L'impatto dell'Agricoltura conservativa sullo stock di SOC dei suoli veneti è condizionato dall'interazione dell'agrotecnica con la componente pedoclimatica. La Misura 214/i Azione 1 (Agricoltura conservativa) applicata per la prima volta nel PSR 2007-2013, avrebbe incrementato secondo il modello DayCent rispetto al suo tempo zero lo stock di SOC dell'ordine di 1.5 t per ettaro per anno nei primi 20 cm, con valori più elevati nei suoli fini rispetto a quelli sabbiosi (Fig. 3.4). La mappa mostra chiaramente come la misura sia stata applicata prevalentemente nella bassa pianura veneta.

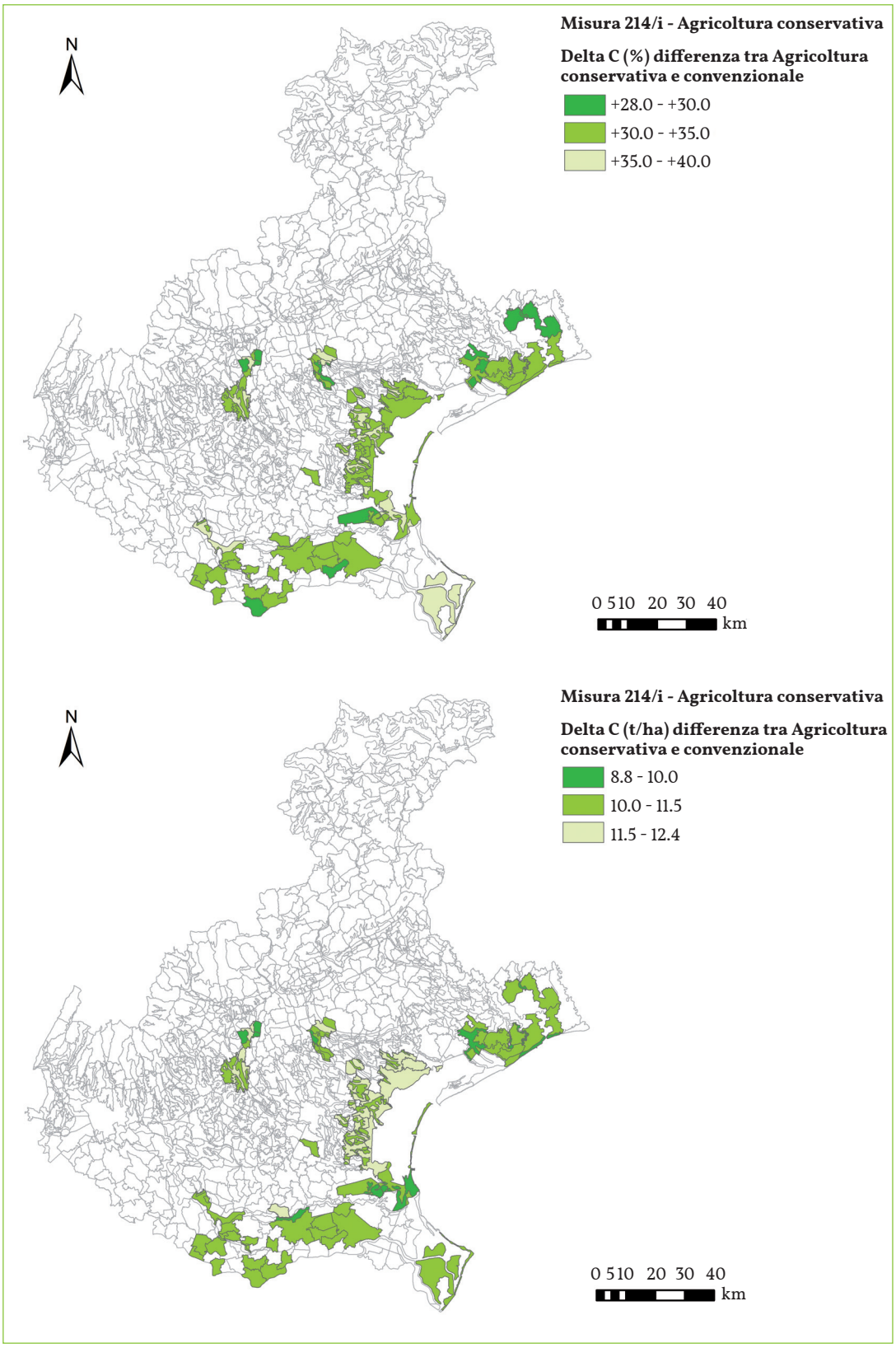


Figura 3.4 - Differenza di contenuto di carbonio nei primi 20 cm di suolo nell'anno 2013 (t/ha - sotto; % - sopra) tra sistemi colturali in cui è stata applicata la Misura 214/i Azione 1 (Agricoltura conservativa) e sistemi convenzionali, durante il primo PSR (anni 2007-2013). Simulazioni con il modello DayCent.

BIBLIOGRAFIA

Camarotto, Dal Ferro, N., Piccoli, I., Polese,R., Furlan, L., Chiarini, F., Morari, F., 2018. Conservation agriculture and cover crop practices to regulate water, carbon and nitrogen cycles in the low-lying Venetian plain, Catena, 167, pp. 236-249.

Dal Ferro, N., Cocco, E., Lazzaro, B., Berti, A., Morari, F., 2016. Assessing the role of agri-environmental measures to enhance the environment in the Veneto Region, Italy, with a model-based approach. Agriculture, Ecosystems and Environment, 232, pp. 312-325.

Piccoli, I., Chiarini, F., Carletti, P., Furlan, L., Lazzaro, B., Nardi, S., Berti, A., Sartori, L., Dalconi, M.C., Morari, F. 2016. Disentangling the effects of conservation agriculture practices on the vertical distribution of soil organic carbon. Evidence of poor carbon sequestration in North- Eastern Italy. Agriculture, Ecosystems and Environment, 230, 68-78.

SCHEDA 4

LE EMISSIONI DI GAS SERRA IN ATMOSFERA

Il comparto agricolo contribuisce per il 7% alle emissioni in atmosfera di gas serra (GHGs, greenhouse gas - Gas effetto serra) rappresentando la seconda fonte italiana dopo il settore energetico (fonte: ISPRA, 2010). Anidride carbonica (CO_2), metano (CH_4) e protossido d'azoto (N_2O) sono i gas serra che vengono regolati principalmente dalla gestione agronomica dei suoli sebbene siano anche fortemente condizionati dalle condizioni locali (suolo, meteo, ecc.). La capacità di mitigare l'effetto sui cambiamenti climatici dipende dal bilancio complessivo di questi tre gas e dal loro potenziale di riscaldamento globale che è, rispetto alla CO_2, di 300 volte superiore per il protossido di azoto e 30 volte superiore per il metano.

Anidride carbonica (CO_2) e metano (CH_4)

Fenomeni di breve e lungo periodo influenzano l'emissione di CO_2. Nel breve periodo, è predominante l'azione delle lavorazioni sull'attività microbica, mentre nel lungo periodo prevalgono gli effetti generali sulla qualità fisica, chimica e biologica del suolo indotti dai sistemi colturali. L'aratura provoca picchi di CO_2 nei primi giorni successivi alla sua esecuzione conseguenti allo stimolo dell'attività microbiologica per la rottura degli aggregati e alle condizioni maggiormente ossidative del suolo. Complessivamente, le emissioni nei sistemi convenzionali possono superare anche del 40% quelle dei sistemi di Agricoltura conservativa.
L'effetto sull'emissione del CH_4 non è stato sufficientemente indagato; secondo alcuni autori, l'Agricoltura conservativa, influenza positivamente o negativamente il rilascio del gas in funzione dello stato di aerobiosi/anaerobiosi del suolo.

Protossido di azoto (N_2O)

In generale, il maggiore contenuto idrico e il ridotto livello di aerobiosi dei sistemi di Agricoltura conservativa causano un aumento delle emissioni di N_2O rispetto ai sistemi arativi, specie su suoli idraulicamente poco conduttivi, a seguito del verificarsi di intense precipitazioni. Il fenomeno è evidente, soprattutto durante il periodo di transizione da sistema convenzionale a conservativo, quando la struttura del suolo non ha ancora raggiunto una configurazione fisica ottimale. Al contrario, in sistemi stabilizzati o in suoli ben areati, l'impatto sulle emissioni risulta trascurabile, se non addirittura inferiore ai suoli arati.

Proprietà del suolo e trasporto dei gas

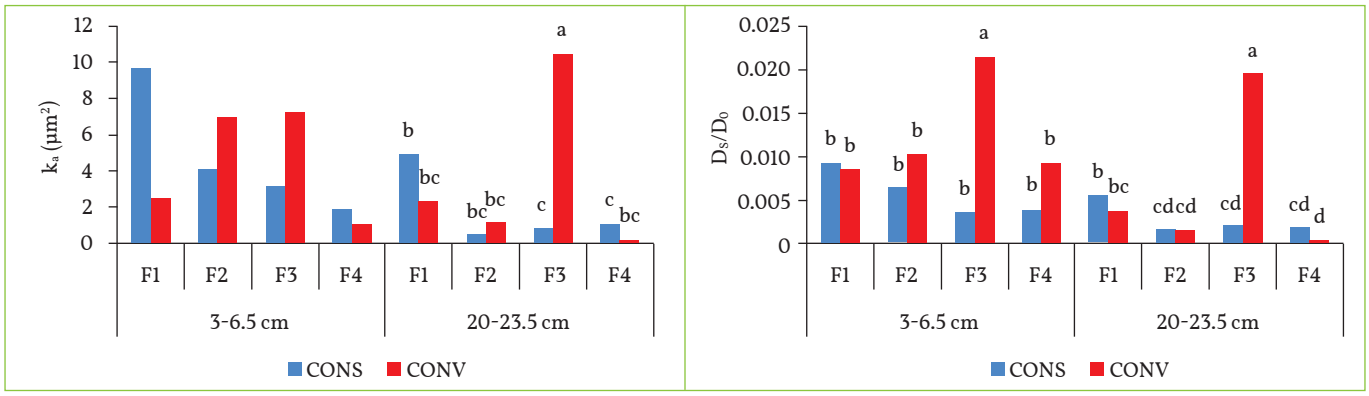
Le condizioni di anaerobiosi in Agricoltura conservativa dipendono oltre che da fattori esterni (es. precipitazioni, falda superficiale) anche dalle caratteristiche strutturali del suolo. La formazione di grandi pori, orientati verticalmente, poco tortuosi, sarebbe associata ad un elevato trasporto e scambio dei gas con l'atmosfera e, quindi, ad un minor grado di anaerobiosi. Lo scambio in profondità viene invece favorito dalla porosità totale, indipendentemente dalla dimensioni dei pori, e dal grado di interconnessione di questi ultimi. Situazioni di compattamento del suolo riducono il trasporto dei gas dal suolo all'atmosfera e viceversa, incrementando il tasso di anaerobiosi.

I risultati sperimentali nelle aziende di Veneto Agricoltura

Capacità di trasporto dei gas

L'Agricoltura conservativa non ha modificato la capacità del suolo di trasportare i gas negli strati 3-6.5 cm e 20-23.5 cm (Fig. 4.1) la quale, complessivamente, è risultata molto bassa. Tale risultato suggerisce che, indipendentemente dalla pratica agronomica, i suoli della bassa pianura veneta presentano bassi livelli di aerazione. Solamente nell'azienda Miana Serraglia, l'Agricoltura conservativa ha ridotto la capacità di trasporto dei gas in conseguenza del compattamento sotto superficiale, associato ad una riduzione del diametro medio dei pori e ad una maggiore tortuosità.

Figura 4.1 - Convezione dell'aria (sinistra) e diffusione dei gas (destra) a ValleVecchia (F1), Diana (F2), Miana Serraglia (F3) e Sasse Rami (F4). Risultati ottenuti dopo 5 anni dalla conversione ad Agricoltura conservativa negli strati 3-6.5 cm (L1) e 20-23.5 cm (L2). Maggiore è il valore di queste proprietà e maggiore è la capacità del suolo di trasportare i gas.



Bilancio dei Gas effetto serra simulato dal modello DNDC

Nell'azienda Sasse Rami, il rilascio dei GHGs (greenhouse gas - Gas effetto serra) è stato simulato con il modello DNDC sia nel breve (2 anni) che lungo periodo (100 anni). Nel breve periodo, l'Agricoltura conservativa ha favorito una riduzione dei flussi di protossido (Tab. 4.1), da 5.07 kg N-N_2O/ha a 3.1 kg N-N_2O/ha (media 2016 e 2017), mentre il bilancio della CO_2 è risultato negativo, suggerendo l'avvenuto accumulo di C nei suoli sotto forma di sostanza organica (sequestro di C). Contrariamente a quanto atteso, l'accumulo è risultato superiore nel sistema convenzionale. Le emissioni di CH_4 sono simili tra i due sistemi, mediamente -0.84 kg C/ha e -0.86 kg C/ha, a dimostrazione della prevalenza di fenomeni degradativi del CH_4 da parte dei microrganismi. Complessivamente, secondo il bilancio dei GHGs, nel breve periodo l'Agricoltura conservativa avrebbe un'azione mitigatrice (-116 kg C-$CO_{2\ eq}$/ha), al contrario del sistema convenzionale, con emissione netta di 388 kg C-$CO_{2\ eq}$/ha, penalizzato dai maggiori rilasci di protossido di azoto.
La situazione tende ad invertirsi nel lungo periodo, dove prevale l'effetto dei maggiori flussi di N_2O in Agricoltura conservativa (mediamente di 2 kg N-N_2O kg ad ettaro), indipendentemente dallo scenario climatico simulato (A1B, A2, B1). Questo comportamento è solo in parte controbilanciato dalla maggiore capacità di sequestrare carbonio in Agricoltura conservativa, circa 300 kg C-CO_2 kg per ettaro contro i 165 kg C-CO_2 kg per ettaro dei sistemi convenzionali. Le emissioni di metano mantengono, invece, valori negativi attorno all'unità.
Complessivamente, le simulazioni di lungo periodo evidenziano un potenziale aumento delle emissioni di entrambi i sistemi colturali, causato degli elevati flussi di protossido (Tab. 4.2). Questi dati sono particolarmente interessanti poiché permettono di evidenziare dinamiche differenti in funzione della scala temporale. Ciononostante, è necessario ricordare che i risultati derivano da un unico sito e da simulazioni modellistiche, le quali necessitano di essere validate nel lungo periodo.

Trattamento	Anno	N_2O (kg N ha^{-1})	CH_4 (kg C ha^{-1})	CO_2[a] (kg C ha^{-1})
CONS	2016	1.96 (±0.03)	-0.78 (±0.004)	-2118.7(±5.6)
	2017	4.24 (±0.04)	-0.90 (±0.005)	75.3 (±4.9)
CONV	2016	4.10 (±0.07)	-0.70 (±0.004)	-1309.0 (±4.8)
	2017	6.04 (±0.06)	-0.81 (±0.005)	-951.2 (±7.8)

[a] CO_2 netto: differenza tra efflussi e influssi di C. CONS = Agricoltura conservativa, CONV = Agricoltura convenzionale

Tabella 4.1 - Emissione di GHGs negli anni 2016-2017 nell'azienda Sasse Rami. Dati simulati dal modello DNDC.

Scenario climatico	Trattamento	CO_2 (kg C ha^{-1} yr^{-1})	N_2O (kg N ha^{-1} yr^{-1})	CH_4 (kg C ha^{-1} yr^{-1})	GWP[b] (kg eq.CO_2 ha^{-1} yr^{-1})
A1B	CONS	-314.9 (±84.8)	6.9 (±0.3)	-1.1 (±0.02)	2134.2 (±454.8)
	CONV	-160.2 (±107.3)	4.5 (±0.2)	-0.9 (±0.01)	1553.0 (±488.9)
A2	CONS	-300.0 (±81.6)	7.0 (±0.4)	-1.1 (±0.02)	2236.7 (±491.1)
	CONV	-158.2 (±114.9)	4.7 (±0.2)	-1.0 (±0.01)	1654.0 (±516.8)
B1	CONS	-309.1 (±87.5)	7.3 (±0.4)	-1.1 (±0.02)	2347.4 (±512.7)
	CONV	172.9 (±112.3)	4.7 (±0.2)	-0.9 (±0.01)	1602.5 (±507.2)

[b] GWP = global warming potential (potenziale di riscaldamento globale)

Tabella 4.2 - Emissione di GHGs simulate nel lungo periodo a Sasse Rami (2018-2122). CONS = Agricoltura conservativa, CONV = Agricoltura convenzionale.

L'Agricoltura conservativa in Veneto a seguito dell'applicazione del PSR

L'impatto sulle emissioni di CO_2 della Misura 214/i Az. 1 negli anni 2007-2013 è peggiorato rispetto ai sistemi convenzionali a causa sia del maggiore quantitativo di residui colturali non asportati e non interrati al suolo, sia della prolungata attività biologica del suolo indotta dalle cover crop (Fig. 4.2). Complessivamente, però, il bilancio globale (output-input) è negativo, con incrementi di CO_2 nel suolo sotto forma di SOC.
(vedi pag. 18, scheda 3).

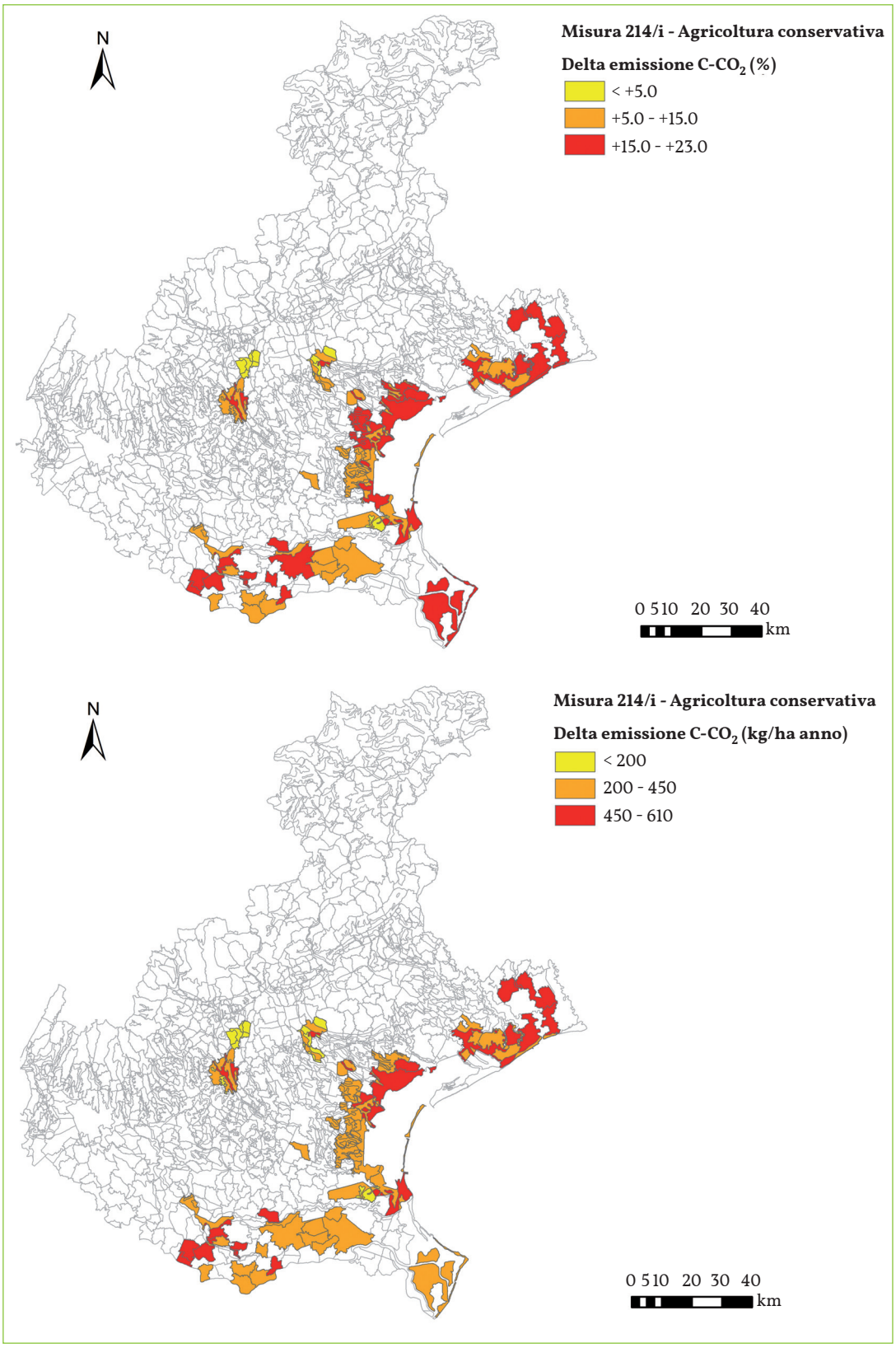


Figura 4.2 - Differenza di emissioni di C-CO_2 (kg/ha anno - sotto; % - sopra) tra sistemi colturali in cui è stata applicata la Misura 214/i Az. 1 e sistemi convenzionali.

Migliorativa è risultata invece l'azione sulle emissioni di protossido di azoto, con abbattimenti variabili in funzione dell'interazione clima-suolo, ma comunque superiori a 0.5 kg N-$N_2$0 rispetto ai sistemi convenzionali. Ciò è dovuto sia all'assorbimento di azoto ad opera delle cover crop che al mantenimento di una superficie vegetale durante tutto il corso dell'anno (Fig. 4.3). Minime, infine, sono le differenze di emissioni di metano simulate dal modello, corrispondenti a valori sempre inferiori a 0.5 kg per ettaro per anno (Fig. 4.4).

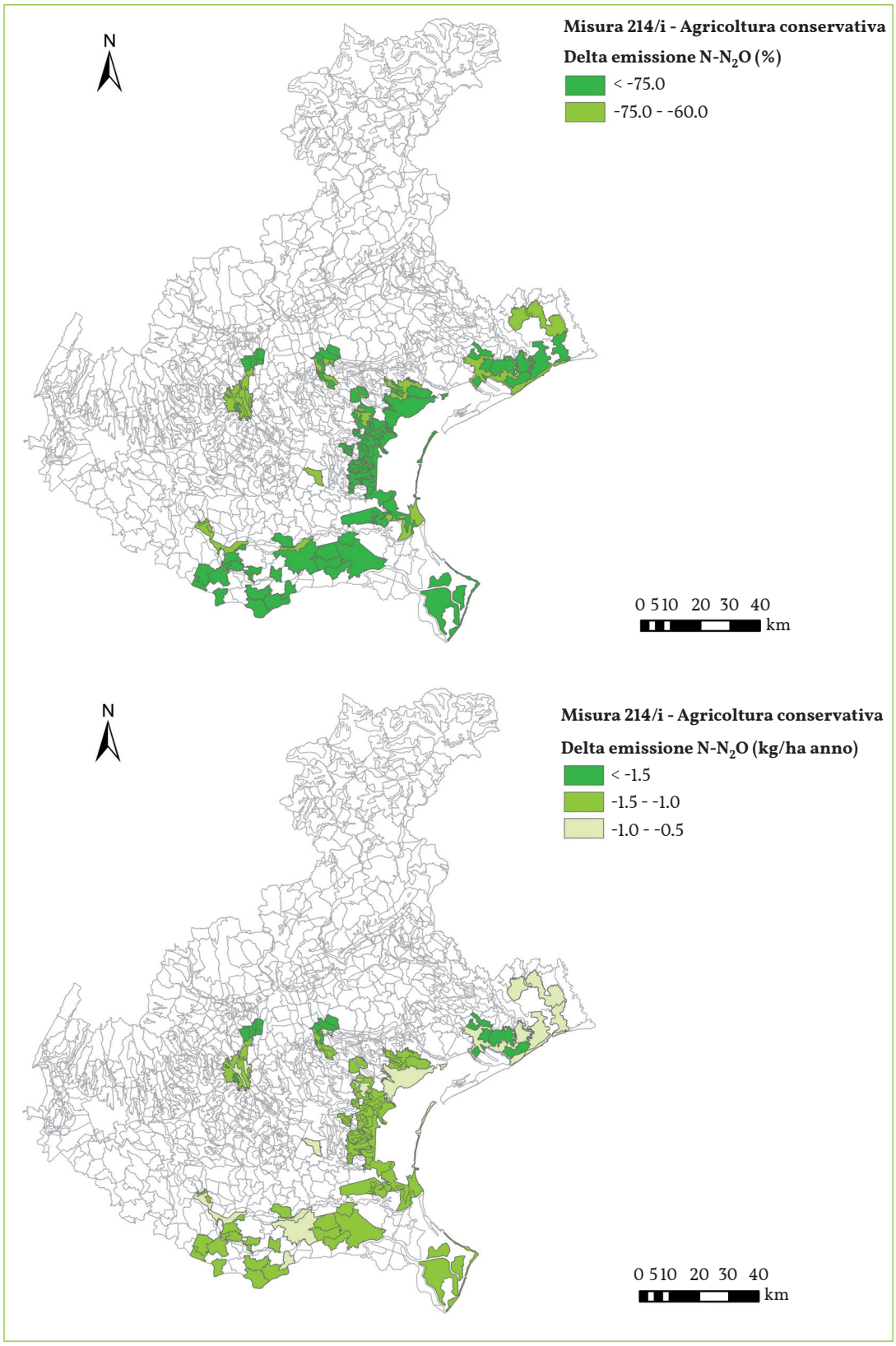
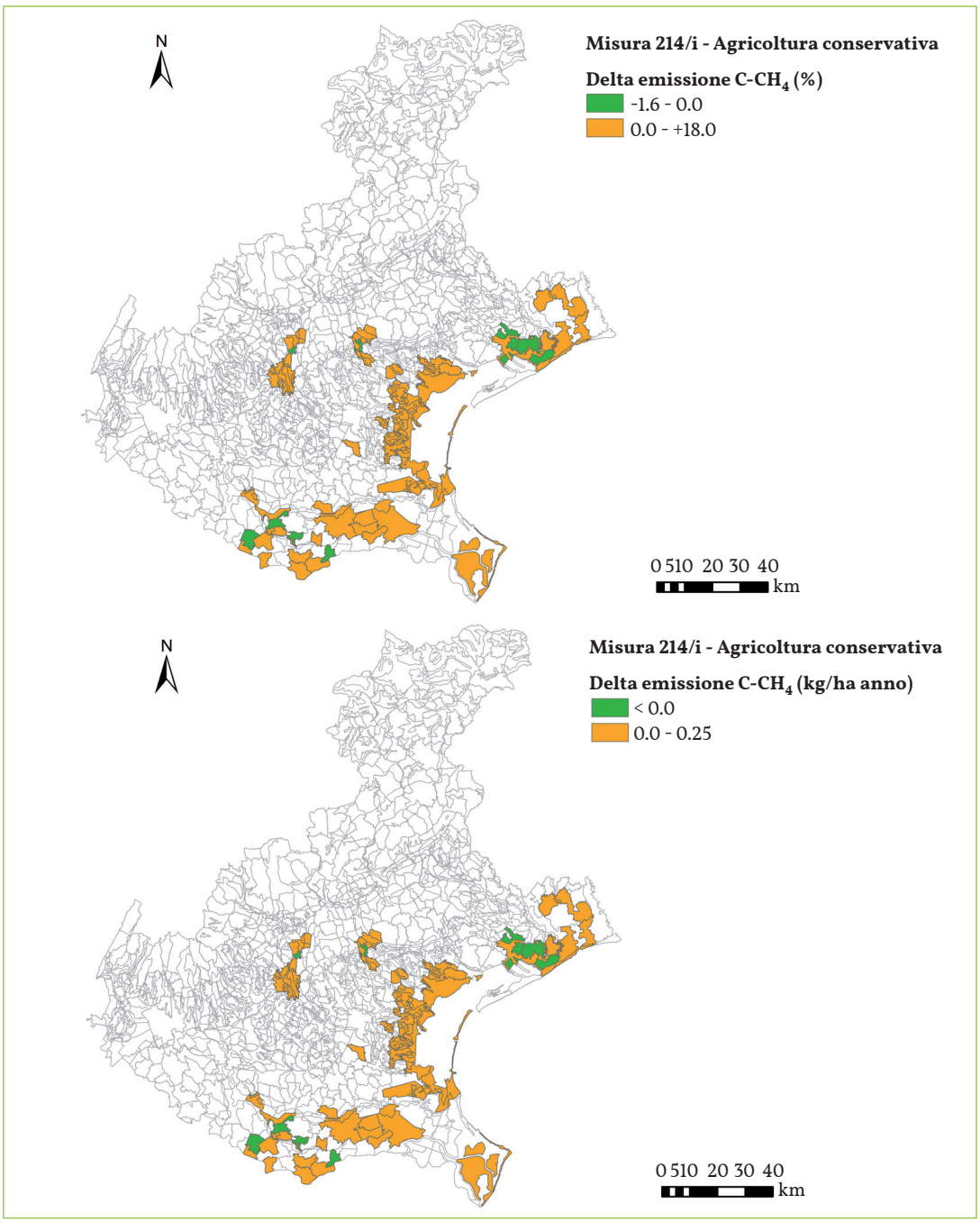


Figura 4.3 - Differenza di emissioni di N-N_2O (kg/ha anno - sotto; % - sopra) tra sistemi colturali in cui è stata applicata la Misura 214/i Az. 1 e sistemi convenzionali.

Figura 4.4 - Differenza di emissioni di C-CH_4 (kg/ha anno - sotto; % - sopra) tra sistemi colturali in cui è stata applicata la Misura 214/i Az. 1 e sistemi convenzionali.



Complessivamente, il bilancio globale dei gas-serra in campo è risultato negativo, confermando l'azione di mitigazione nel breve periodo dell'Agricoltura conservativa rispetto ai sistemi convenzionali.

BIBLIOGRAFIA

Camarotto, Dal Ferro, N., Piccoli, I., Polese,R., Furlan, L., Chiarini, F., Morari, F., 2018. Conservation agriculture and cover crop practices to regulate water, carbon and nitrogen cycles in the low-lying Venetian plain, Catena, 167, pp. 236-249.

Dal Ferro, N., Cocco, E., Lazzaro, B., Berti, A., Morari, F., 2016. Assessing the role of agri-environmental measures to enhance the environment in the Veneto Region, Italy, with a model-based approach. Agriculture, Ecosystems and Environment, 232, pp. 312-325.

Piccoli, I., Schjønning, P., Lamandé, M., Furlan, L., Morari, F. 2017. Challenges of conservation agriculture practices on silty soils. Effects on soil pore and gas transport characteristics in North-eastern Italy. Soil and Tillage Research, 172, pp. 12-21.

SCHEDA 5

IL COMPORTAMENTO DELL'ACQUA NEL SUOLO: CARATTERISTICHE IDRAULICHE E BILANCIO IDRICO

Caratteristiche idrauliche e dinamiche di infiltrazione

La curva di ritenzione idrica e la conducibilità idrica rappresentano la capacità del suolo di trattenere (ritenzione) e lasciarsi attraversare (conducibilità) dall'acqua. Tali proprietà sono alla base dei cicli biogeochimici del suolo e condizionano, pertanto, gli effetti dell'Agricoltura conservativa sull'ambiente.

In generale, l'Agricoltura conservativa incrementa l'infiltrazione e la conducibilità idraulica del suolo poiché promuove lo sviluppo verticale dei macropori (es. biopori formati dai lombrichi).

La protezione dei residui e il maggiore contenuto di carbonio organico accrescono, inoltre, la stabilità degli aggregati e, conseguentemente, la conducibilità idrica. Non sempre, tuttavia, i risultati sono consistenti e, in molti casi, alla formazione di strati compattati in Agricoltura conservativa è associata una minore infiltrazione ed un maggiore ruscellamento.

L'Agricoltura conservativa incrementa anche l'acqua disponibile per le colture, sia a causa della maggiore infiltrazione sia per la minore evaporazione dalla superficie, dovuta all'effetto pacciamante dei residui.

La ritenzione idrica è favorita, inoltre, dal maggiore contenuto di sostanza organica, ma anche in questo caso i risultati non sono sempre concordanti tra loro.

I risultati sperimentali nelle aziende di Veneto Agricoltura

Proprietà idrauliche

In generale, le caratteristiche di ritenzione non si sono molto differenziate tra i sistemi conservativi e i sistemi convenzionali, ad eccezione di una maggiore variabilità osservata in quest'ultimi, verosimilmente per l'effetto dinamico delle lavorazioni sulla struttura del suolo.

Nell'azienda Diana (Tab. 5.1), ad esempio, i valori alla saturazione degli strati superficiali oscillano da 0.42-0.51 cm^3/cm^3 in convenzionale a 0.43-0.52 cm^3/cm^3 in conservativo, con una media dello 0.47 cm^3/cm^3. La capacità di campo e il punto di avvizzimento sono rispettivamente 0.40 e 0.22 cm^3/cm^3, con valori di acqua disponibile più variabili in convenzionale (0.12-0.20 cm^3/cm^3) rispetto al conservativo (0.17-0.21 cm^3/cm^3).

Tabella 5.1 - Azienda Diana: valori di contenuto idrico volumetrico (Theta) e di conducibilità idraulica (K ins; cm/g) a diversi potenziali (tensione) nei sistemi Convenzionale (CONV) e Conservativo (CONS).

Azienda Diana	Tesi Convenzionale						Tesi Conservativa					
	CONV_1		CONV_2		CONV_3		CONS_1		CONS_2		CONS_3	
Potenziale	Theta	K ins	Theta	K ins	Theta	K ins	Theta	K ins	Theta	K ins	Theta	K ins
cm	cm^3/cm^3	cm/g	cm^3/cm^3	cm/g	cm^3/cm^3	cm/g	cm^3/cm^3	cm/g	cm^3/cm^3	cm/g	cm^3/cm^3	cm/g
0	0.46	0.40	0.51	55.00	0.42	4.5E-03	0.43	0.10	0.48	0.18	0.52	42.00
20	0.46	0.07	0.46	0.23	0.42	2.3E-03	0.43	0.02	0.48	0.03	0.50	1.12
40	0.45	0.05	0.44	0.08	0.42	1.9E-03	0.43	0.01	0.47	0.02	0.48	0.44
60	0.45	0.04	0.42	0.04	0.42	1.7E-03	0.42	0.01	0.47	0.02	0.47	0.22
100	0.44	0.02	0.40	0.02	0.42	1.4E-03	0.42	0.01	0.46	0.01	0.45	0.08
300	0.40	5.0E-03	0.36	2.7E-03	0.41	7.4E-04	0.39	1.6E-03	0.43	3.1E-03	0.40	7.2E-03
500	0.38	2.1E-03	0.34	1.1E-03	0.41	4.8E-04	0.37	6.7E-04	0.40	1.5E-03	0.37	2.1E-03
1000	0.34	5.4E-04	0.31	3.1E-04	0.39	2.2E-04	0.34	1.7E-04	0.36	5.0E-04	0.34	3.6E-04
2000	0.30	1.3E-04	0.29	9.1E-05	0.36	7.2E-05	0.30	3.7E-05	0.32	1.5E-04	0.30	6.1E-05
3000	0.28	5.2E-05	0.28	4.4E-05	0.34	3.3E-05	0.28	1.4E-05	0.29	7.7E-05	0.29	2.2E-05
5000	0.25	1.7E-05	0.26	1.8E-05	0.31	1.1E-05	0.25	4.3E-06	0.26	3.1E-05	0.27	5.8E-06
10000	0.22	3.6E-06	0.24	5.1E-06	0.26	2.0E-06	0.22	8.0E-07	0.23	9.1E-06	0.24	9.6E-07
15000	0.20	1.5E-06	0.23	2.4E-06	0.24	7.3E-07	0.20	3.0E-07	0.21	4.4E-06	0.23	3.4E-07

A ValleVecchia (Tab. 5.2) è più evidente la differenza tra i sistemi per un probabile effetto di compattamento nei sistemi conservativi: 0.40 cm^3/cm^3 di saturazione in conservativo e 0.47 cm^3/cm^3 in convenzionale. La capacità di campo, all'opposto, è più elevata in conservativa

(media 0.37 cm^3/cm^3) che in convenzionale (media 0.34 cm^3/cm^3) così come l'acqua disponibile per le colture (0.20-0.21 cm^3/cm^3 rispetto 0.17-0.18 cm^3/cm^3).
La ritenzione varia anche in funzione della profondità (Figure 5.1 e 5.2), anche se non si evidenziano tendenze particolari legate ai trattamenti.

Tabella 5.2 - Azienda ValleVecchia: valori di contenuto idrico volumetrico (Theta) e di conducibilità idraulica (K ins; cm/g) a diversi potenziali (tensione) nei sistemi Convenzionale (CONV) e Conservativo (CONS).

Azienda ValleVecchia	Tesi Convenzionale						Tesi Conservativa					
	CONV_1		CONV_2		CONV_3		CONS_1		CONS_2		CONS_3	
Potenziale	Theta	K ins	Theta	K ins	Theta	K ins	Theta	K ins	Theta	K ins	Theta	K ins
cm	cm^3/cm^3	cm/g	cm^3/cm^3	cm/g	cm^3/cm^3	cm/g	cm^3/cm^3	cm/g	cm^3/cm^3	cm/g	cm^3/cm^3	cm/g
0	0.44	6.50	0.47	3.50	0.40	1.05	0.40	0.04	0.40	0.11	0.40	0.06
20	0.45	0.52	0.45	0.27	0.40	0.21	0.40	0.01	0.40	0.04	0.40	0.03
40	0.44	0.27	0.44	0.14	0.39	0.13	0.40	0.01	0.40	0.03	0.40	0.02
60	0.43	0.17	0.43	0.09	0.39	0.09	0.40	0.01	0.40	0.02	0.40	0.02
100	0.41	8.3E-02	0.41	0.05	0.38	0.05	0.39	0.01	0.39	0.02	0.39	0.01
300	0.35	1.4E-02	0.35	0.01	0.34	6.3E-03	0.37	3.0E-03	0.37	0.01	0.38	5.6E-03
500	0.32	5.8E-03	0.32	4.9E-03	0.31	1.8E-03	0.35	1.9E-03	0.35	4.4E-03	0.36	3.2E-03
1000	0.29	1.6E-03	0.29	1.7E-03	0.27	2.7E-04	0.32	9.0E-04	0.31	1.9E-03	0.33	1.3E-03
2000	0.25	4.5E-04	0.25	5.6E-04	0.24	3.3E-05	0.28	4.1E-04	0.26	7.7E-04	0.28	4.8E-04
3000	0.23	2.1E-04	0.23	2.9E-04	0.22	9.4E-06	0.26	2.6E-04	0.24	4.4E-04	0.26	2.6E-04
5000	0.21	7.9E-05	0.21	1.3E-04	0.19	1.9E-06	0.23	1.4E-04	0.21	2.2E-04	0.23	1.1E-04
10000	0.19	2.1E-05	0.19	4.2E-05	0.16	2.1E-07	0.19	6.2E-05	0.17	8.2E-05	0.19	3.5E-05
15000	0.17	9.9E-06	0.17	2.2E-05	0.15	5.6E-08	0.17	3.9E-05	0.16	4.6E-05	0.17	1.8E-05

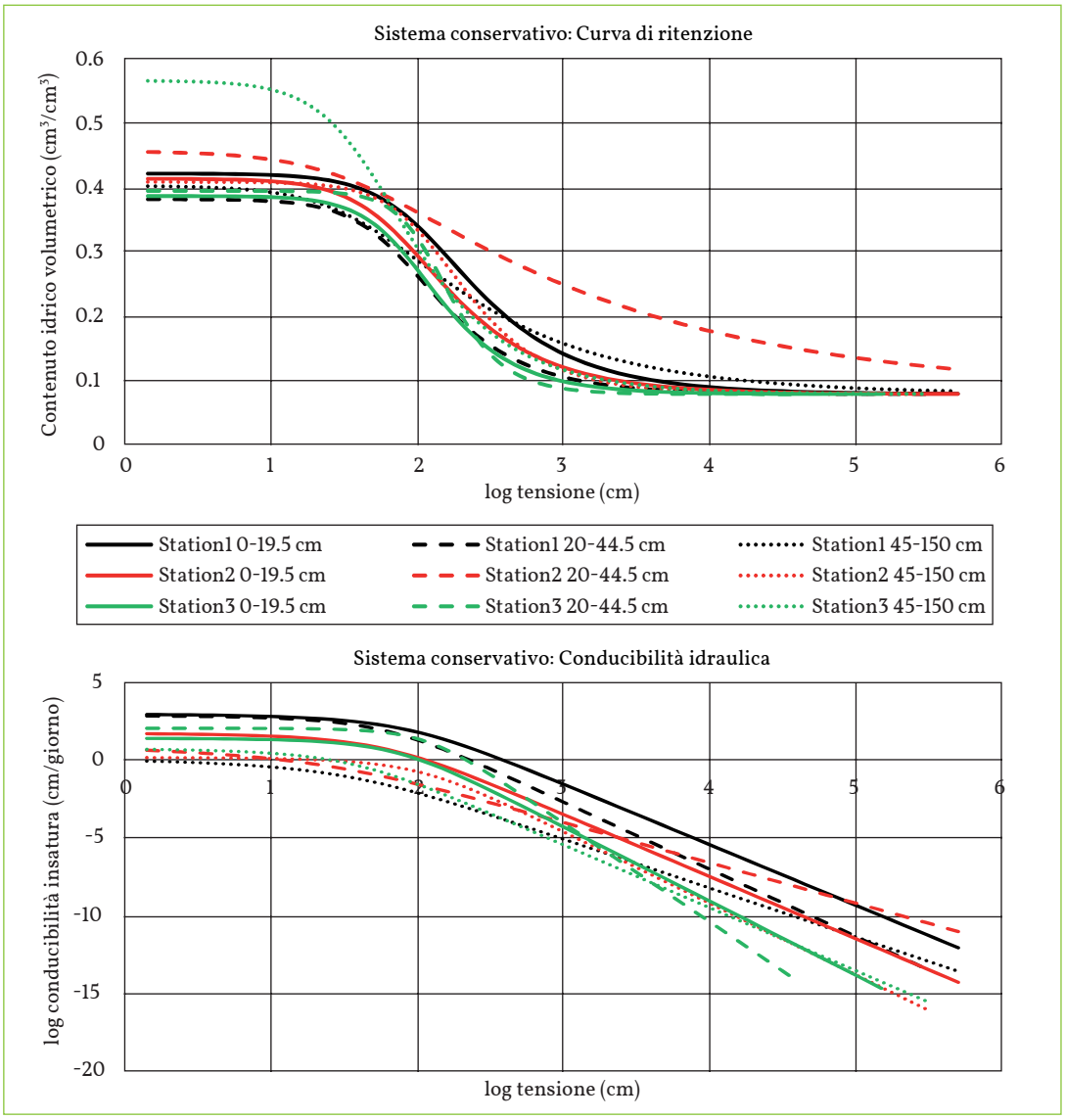


Figura 5.1 - Curva di ritenzione idrica e conducibilità idraulica a tre profondità nel sistema conservativo a Sasse Rami.

La conducibilità idraulica, sia nel mezzo saturo sia in quello insaturo, è molto variabile, aspetto quest'ultimo che impedisce di tracciare un quadro chiaro degli effetti indotti sulle proprietà idrauliche in Agricoltura conservativa. A Diana e a Sasse Rami, la conducibilità idraulica nel saturo è più elevata in conservativa rispetto al convenzionale, probabilmente per la presenza di macropori negli strati più superficiali, mentre a ValleVecchia la situazione si inverte con valori più bassi in conservativa (0.13 cm/g rispetto a 2.3 cm/g).
Nel mezzo insaturo, la conducibilità diminuisce di diversi ordini di grandezza con il progressivo disseccamento del suolo, ma non emergono differenze marcate tra le tesi, considerando anche l'ampia variabilità spaziale (Fig. 5.1 e 5.2). In generale si osserva una diminuzione dei valori con la profondità.

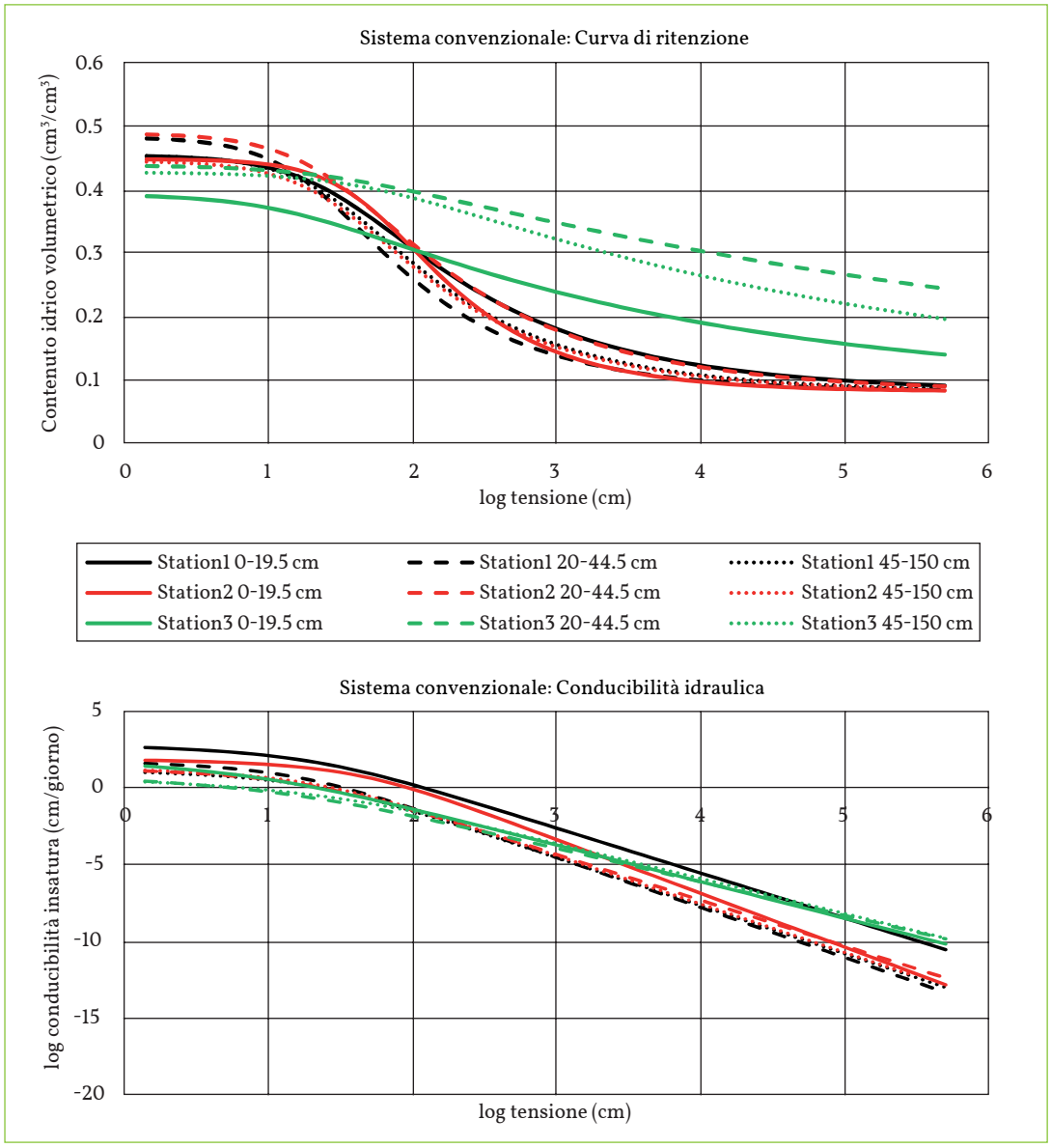


Figura 5.2 - Curva di ritenzione idrica e conducibilità idraulica a tre profondità nel sistema convenzionale a Sasse Rami.

Dinamiche di infiltrazione

L'interazione tra le proprietà idrauliche e la gestione della copertura del suolo sul bilancio idrico è stata simulata nell'azienda Sasse Rami con il modello idraulico Hydrus. Nello specifico, è stata considerata la coltura del frumento dall'ottobre 2017 all'aprile 2018.
Nonostante l'infiltrazione nel sistema conservativo sia più elevata (49 mm vs 15.5 mm), la percolazione al di sotto della zona radicale è inferiore, pari a 19.5 mm, per effetto del fenomeno opposto di risalita capillare (19 mm), sostenuto anche dalla evapotraspirazione della covercrop (12.5 mm). Verosimilmente, la dinamica dell'acqua nel sistema conservativo è stata con-

dizionata più dalla presenza della coltura di copertura (vedi scheda 7) che dalle caratteristiche idrauliche, specie in fase di crescita avanzata. L'effetto della macroporosità non sembra invece evidente, soprattutto considerando un periodo così limitato; nel sistema convenzionale si possono, per contro, osservare delle dinamiche di deflusso preferenziale nel suolo appena lavorato.
Il monitoraggio in campo dello stato idrico (Fig. 5.3) permette, infine, di osservare l'effetto pacciamante dei residui durante la stagione primaverile-estiva, con contenuti di umidità più elevati negli strati superficiali.

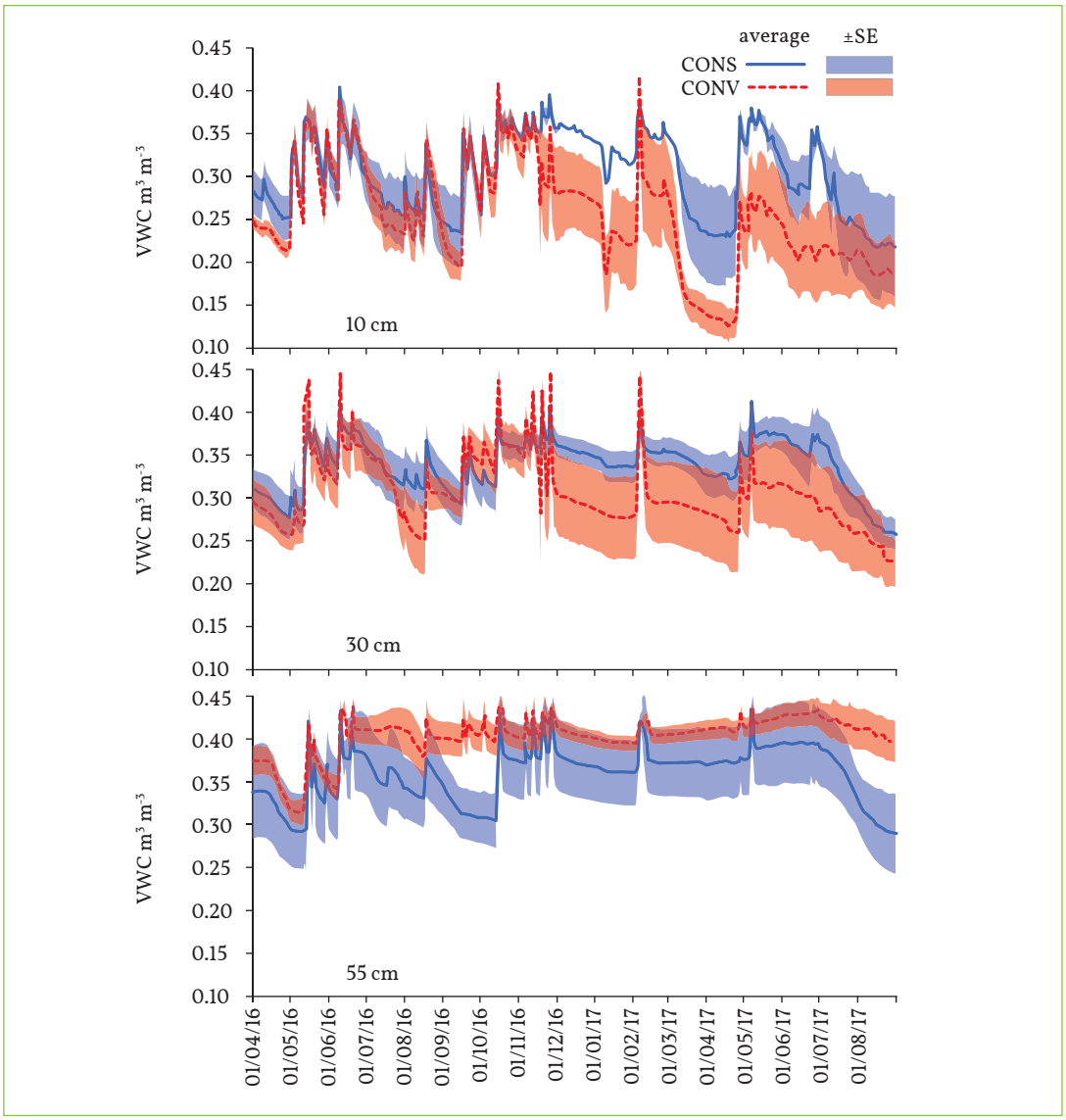


Figura 5.3 - Contenuto idrico osservato lungo il profilo a Sasse Rami nei sistemi conservativo (CONS) e convenzionale (CONV).

BIBLIOGRAFIA

Camarotto, Dal Ferro, N., Piccoli, I., Polese, R., Furlan, L., Chiarini, F., Morari, F., 2018. Conservation agriculture and cover crop practices to regulate water, carbon and nitrogen cycles in the low-lying Venetian plain, Catena, 167, pp. 236-249.

SCHEDA 6

EFFETTI SULLE CARATTERISTICHE FISICHE DEL SUOLO: COMPATTAMENTO E POROSITÀ

Gli effetti dell'Agricoltura conservativa sulla struttura del suolo dipendono dall'arco temporale considerato:

- nel breve periodo (settimane/mesi), si può osservare compattazione e frammentazione degli aggregati;
- nel medio periodo (mesi/anni), l'elevata attività dei macroinvertebrati (es. lombrichi) può originare una rete di macropori orientati prevalentemente in senso verticale;
- nel lungo periodo (anni/decadi), il raggiunto equilibrio della dinamica del carbonio organico del suolo (SOC – Soil Organic Carbon) consente di stabilizzare la struttura del suolo.

L'Agricoltura conservativa agisce anche sulla quantità e sulla distribuzione dei pori, riducendo la porosità totale e favorendo uno spostamento della distribuzione verso la componente meso e micro-porosa, a discapito di quella macroporosa. Quest'ultima è formata da macropori, in numero inferiore, ma con dimensioni e grado di interconnessione più elevati rispetto ai sistemi convenzionali.

I risultati sperimentali nelle aziende del Veneto

Densità apparente, resistenza alla penetrazione e tomografia elettrica di resistività

In generale, dopo tre anni, nei sistemi conservativi non sono emerse condizioni peggiorative della struttura del suolo. La densità apparente è aumentata, anche se complessivamente in maniera poco marcata: 1.45 g/cm^3 in Conservativa rispetto a 1.43 g/cm^3 in Convenzionale. Solo nell'azienda Miana Serraglia, nello strato 10-40 cm si sono registrati valori particolarmente elevati in Conservativa, 1.56 g/cm^3 rispetto ai 1.39 g/cm^3 in Convenzionale. Per contro, nel sistema convenzionale, al di sotto dei 40 cm, sono stati raggiunti picchi superiori a 1.7 g/cm^3, associabili alle presenza di una suola di lavorazione.

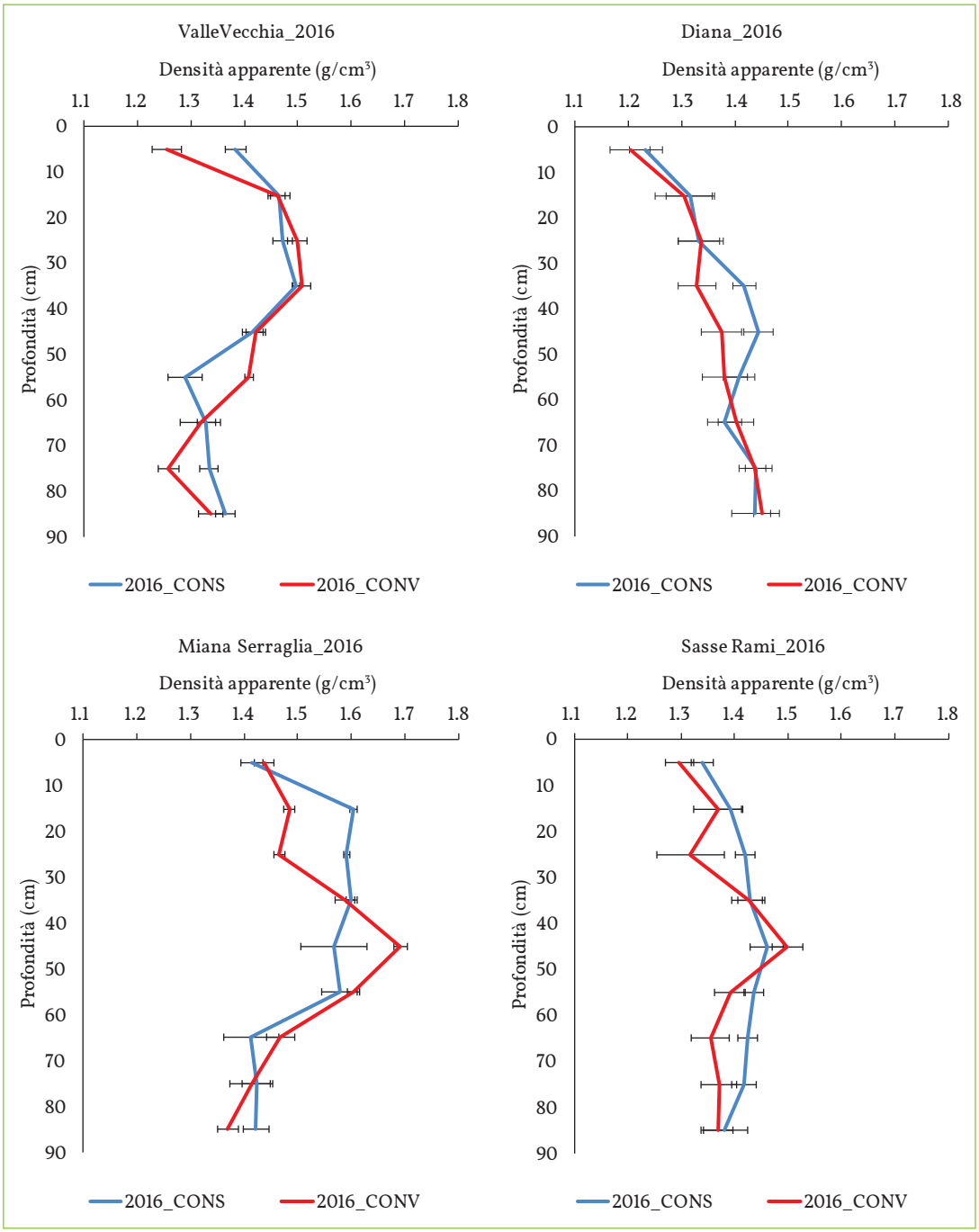
Nelle altre aziende, l'Agricoltura conservativa non ha incrementato significativamente la densità apparente, registrando risultati di 1.46 g/cm^3 rispetto a 1.47 g/cm^3 della convenzionale a ValleVecchia, 1.41 g/cm^3 rispetto a 1.42 g/cm^3 a Diana, 1.44 g/cm^3 rispetto a 1.43 g/cm^3 a Sasse Rami.

La distribuzione in profondità della densità apparente è stata condizionata anche dal tipo di suolo e dalla sua tessitura (Fig. 6.1), con valori più elevati negli strati sabbiosi rispetto a quelli argillosi.

L'interazione tra densità apparente e contenuto idrico ha condizionato la resistenza alla penetrazione del suolo che è risultata più elevata in Agricoltura conservativa durante le stagioni estive con scarse precipitazioni (es. anno 2015) e negli strati sottosuperficiali (10-20 cm). Con contenuti idrici più elevati, specie nelle stagioni più piovose (es. primavera 2016), lo sforzo di penetrazione è diminuito, annullando le differenze tra i trattamenti (Fig. 6.2).

Nell'azienda Miana Serraglia, con suoli più sabbiosi, l'analisi della resistenza alla penetrazione riflette quella della densità apparente, particolarmente in corrispondenza della suola di lavorazione del Convenzionale e dello strato superficiale del Conservativo.

Figura 6.1 - Profili di densità apparente a 6 anni dall'adozione della misura nelle aziende ValleVecchia, Diana, Miana Serraglia e Sasse Rami.



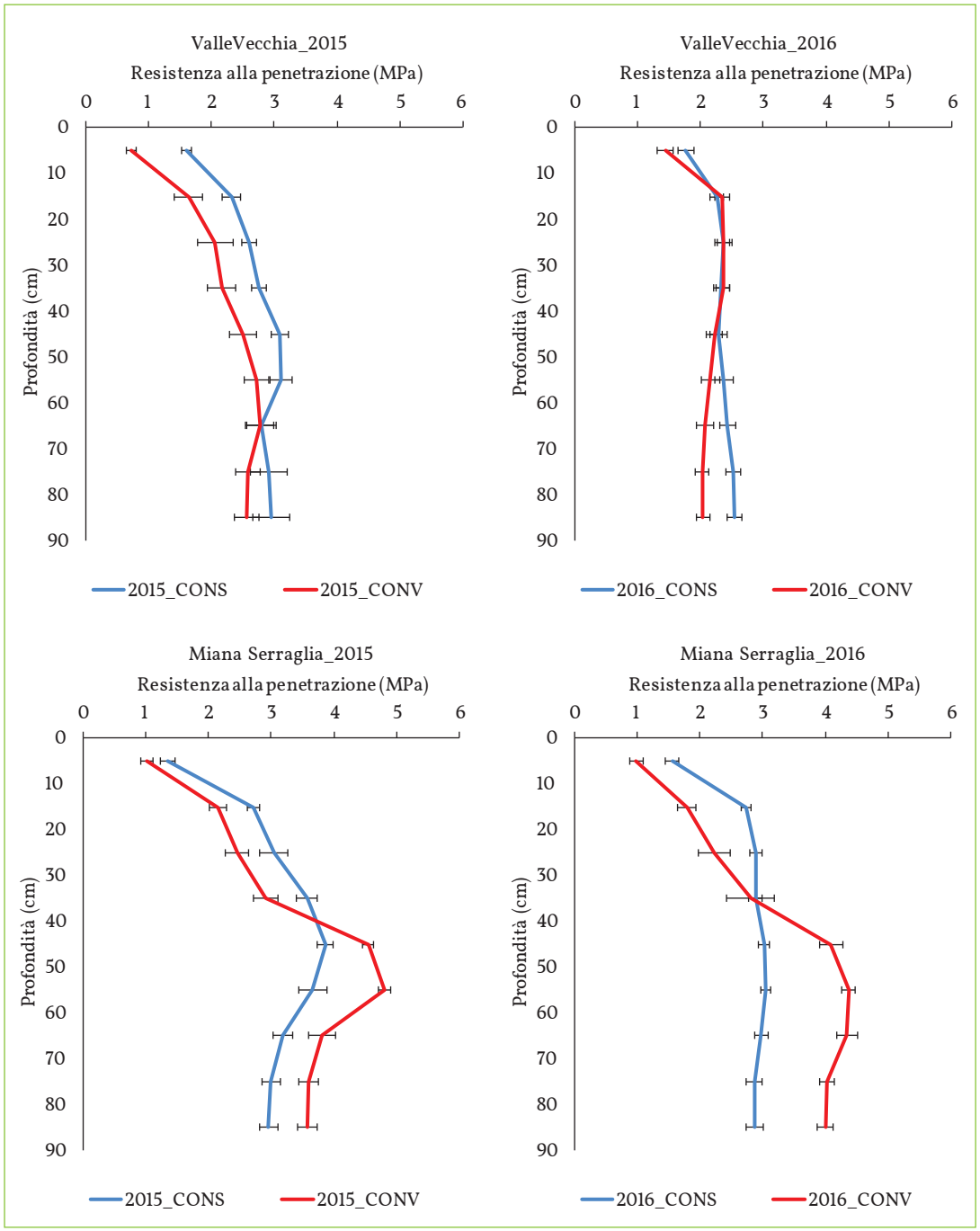


Figura 6.2 - Profili di resistenza alla penetrazione a ValleVecchia (alto) e Miana Serraglia (basso), nell'estate 2015 (basso contenuto idrico, sinistra) e in primavera 2016 (alto contenuto idrico, destra).

Le condizioni particolari dei suoli di Miana Serraglia sono state visualizzate anche mediante tomografia elettrica di resistività (TER). La suola di lavorazione determinatasi con il trattamento convenzionale segna un picco resistivo, con valori variabili attorno a 138 Ωm nel 2014 (Fig. 6.3), 252 Ωm nel 2015 a 200 Ωm nel 2016.
Nelle altre aziende, invece, come già evidenziato dagli altri parametri fisici, non si sono osservate differenze dovute ai due trattamenti (Fig. 6.3), ad eccezione dell'influenza della copertura continua (*mulching*) sull'entità della crepacciatura del suolo.

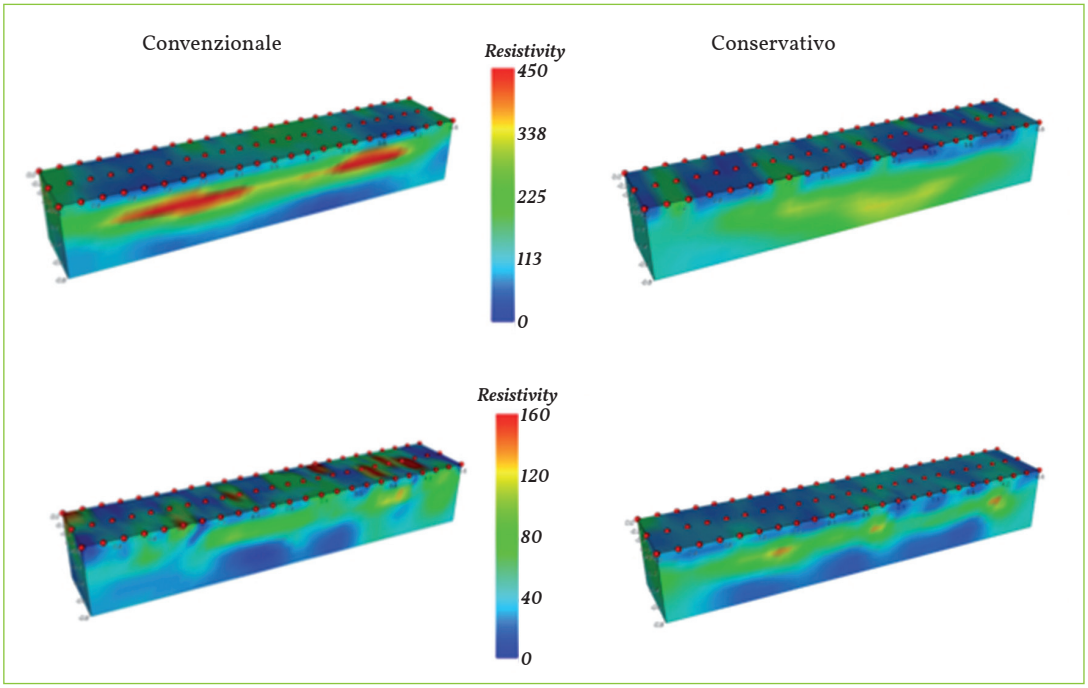


Figura 6.3 - Tomografie elettriche di resistività effettuate nel 2014 nell'azienda Miana Serraglia (in alto) e Diana (in basso).

Architettura dei pori

Le misure di porosità totale condotte con tecniche analitiche differenti (porosimetro a mercurio, microtomografia a raggi-X e metodo del cilindretto) confermano l'andamento dei dati di massa volumica apparente. La porosità è simile tra i due trattamenti, mediamente del 32.8% in Convenzionale e 33.1% in Conservativo (metodo del cilindretto), con una progressiva diminuzione dei valori in profondità.
L'Agricoltura conservativa ha alterato, invece, la distribuzione dei pori, favorendo la classe di ultramicropori (pori che favoriscono la stabilizzazione fisica della sostanza organica) a discapito di quella dei mesopori, pori che incrementano la ritenzione idrica nel range utilizzabile dalle colture.
Indipendentemente dal trattamento, l'elevato contenuto di limo dei suoli della pianura veneta condiziona la porosità, la quale risulta composta per un 90% da pori con dimensioni inferiori a 100 µm (micropori). Tale caratteristica influisce negativamente sul drenaggio idrico e sugli scambi gassosi, favorendo la comparsa di condizioni di ristagno idrico e anossia.

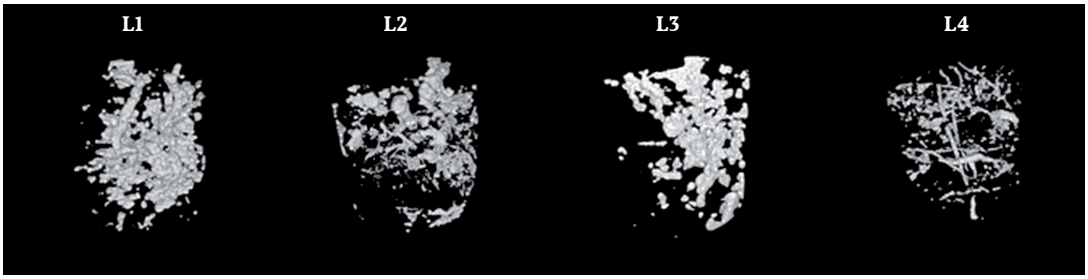
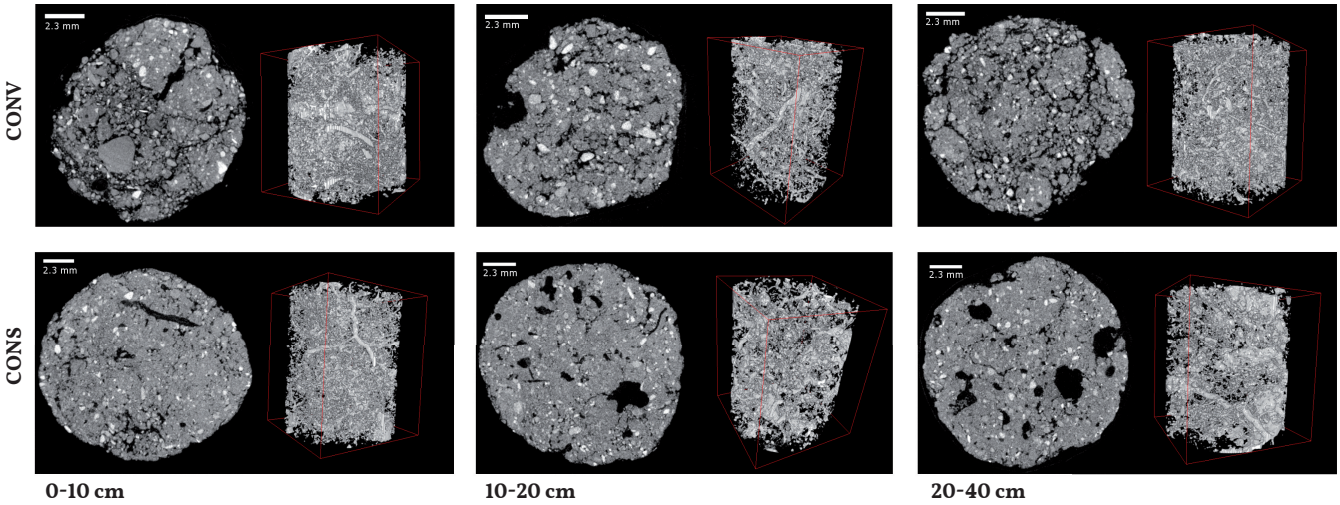


Figura 6.4 - Diminuzione della porosità totale con l'aumentare della profondità d'indagine. L1: 3-5.5 cm; L2: 12-14.5 cm; L3: 20-22.5 cm; L4: 45-47.5 cm.

L'Agricoltura conservativa ha condizionato anche l'orientamento dei pori nello spazio, promuovendo una maggiore verticalizzazione per un probabile effetto dell'attività della macro fauna tellurica. Verosimilmente, la stessa macrofauna ha favorito la formazione di pori circolari sia a ValleVecchia che precedentemente (anno 2016) a Miana Serraglia. I sistemi convenzionali sono stati associati, per contro, ad una più elevata crepacciatura e frammentazione della struttura (Fig. 6.5).
In conclusione, si evince un modesto effetto dell'Agricoltura conservativa sulle proprietà fisiche del terreno e di conseguenza una lenta reazione all'introduzione delle pratiche conservative. L'Agricoltura conservativa ha comunque positivamente influenzato la ultramicroporosità suggerendo che si è avviato un ciclo virtuoso tra sostanza organica e struttura del suolo.

Figura 6.5 - Sezioni 2D e ricostruzioni 3D della porosità effettuata mediante tomografia a raggi-X a tre profondità nell'azienda Miana Serraglia nel 2016. Sopra CONV = Convenzionale, sotto CONS = Conservativa.



BIBLIOGRAFIA

Dal Ferro, N., Sartori, L., Simonetti, G., Berti, A. & Morari, F. 2014. Soil macro- and microstructure as affected by different tillage systems and their effects on maize root growth. Soil and Tillage Research, 140, 55–65.

Piccoli, I., Camarotto, C., Lazzaro, B., Furlan, L. & Morari, F. 2017. Conservation agriculture had a poor impact on the soil porosity of veneto low-lying plain silty soils after a 5-year transition period. Land Degradation and Development, 28 (7), 2039-2050.

SCHEDA 7

LA DISTRIBUZIONE E LE PROPRIETÀ DELLE RADICI NEL TERRENO

Gli apparati radicali, oltre a svolgere una serie di importanti funzioni agronomiche, rappresentano una fonte di carbonio organico del suolo (SOC – Soil Organic Carbon) nei sistemi agrari. Ciò risulta di particolare importanza nei sistemi di coltivazione conservativi che non prevedono l'aratura e quindi l'inversione dello strato e cioè laddove gli unici apporti di Carbonio in profondità sono per l'appunto di origine endogena: micro- e macro-fauna edafica e radici.
L'effetto della Agricoltura conservativa sulla architettura e profondità radicale dipende principalmente dal grado di compattamento del terreno, dal suo contenuto idrico e dalla sua temperatura. All'aumentare del compattamento e della resistenza alla penetrazione, gli apparati radicali accentuano la loro stratificazione, sviluppandosi in superficie. Meno consistenti sono invece gli effetti sul diametro che, secondo alcuni, aumenterebbe mentre, secondo altri, diminuirebbe per ridurre la resistenza dell'apice radicale durante lo sviluppo. La maggiore stratificazione radicale può essere accentuata anche dal contenuto idrico superficiale e dalla temperatura subottimale del suolo nei sistemi conservativi. Solitamente la resistenza alla penetrazione (vedi scheda 6) viene utilizzata come indicatore di potenziale sviluppo radicale, con valori ottimali al di sotto di 1.5 MegaPascal (MPa) e fortemente limitanti al di sopra di 2 MPa. Studi recenti, hanno suggerito come l'effetto negativo dei sistemi conservativi possa essere parzialmente mitigato dalla presenza di grandi pori di origine biologica, i quali fungerebbero da canali preferenziali per lo sviluppo radicale. Per tale ragione il limite massimo di sviluppo può essere innalzato da 2 MPa a 4.6-5.1 MPa.

I risultati sperimentali nelle aziende del Veneto

L'applicazione dell'Agricoltura conservativa nei terreni medio-limosi veneti ha favorito lo sviluppo degli apparati radicali nei primi 10 cm di suolo, in particolare per il mais e la soia, con un incremento in alcuni casi anche del 100% della densità radicale (Fig. 7.1). Il frumento, per contro, sembra aver risentito meno degli effetti della non lavorazione, con differenze trascurabili, se non addirittura opposte, come nel caso dell'Azienda Miana Serraglia (Fig. 7.1).
Negli strati più profondi le differenze tra i due sistemi colturali tendono ad annullarsi, con l'eccezione del frumento a Miana Serraglia il quale mostra densità radicali più elevate nel sistema conservativo, almeno fino a 40 cm di profondità.
Il maggior sviluppo radicale in superficie può essere imputabile a differenti fattori, quali il compattamento sotto-superficiale, il maggior contenuto idrico degli strati superficiali, la temperatura del suolo, la maggiore disponibilità di nutrienti per la presenza di residui colturali in superficie. Per contro, la presenza di strati estremamente compatti (>4 MPa), come la suola di lavorazione a Miana Serraglia, sembra non abbia inficiato lo sviluppo degli apparati radicali in profondità, a conferma dell'ipotesi che le radici si adattano a condizioni sfavorevoli sfruttando precedenti vie preferenziali (es. macropori) per bypassare gli strati più compatti.

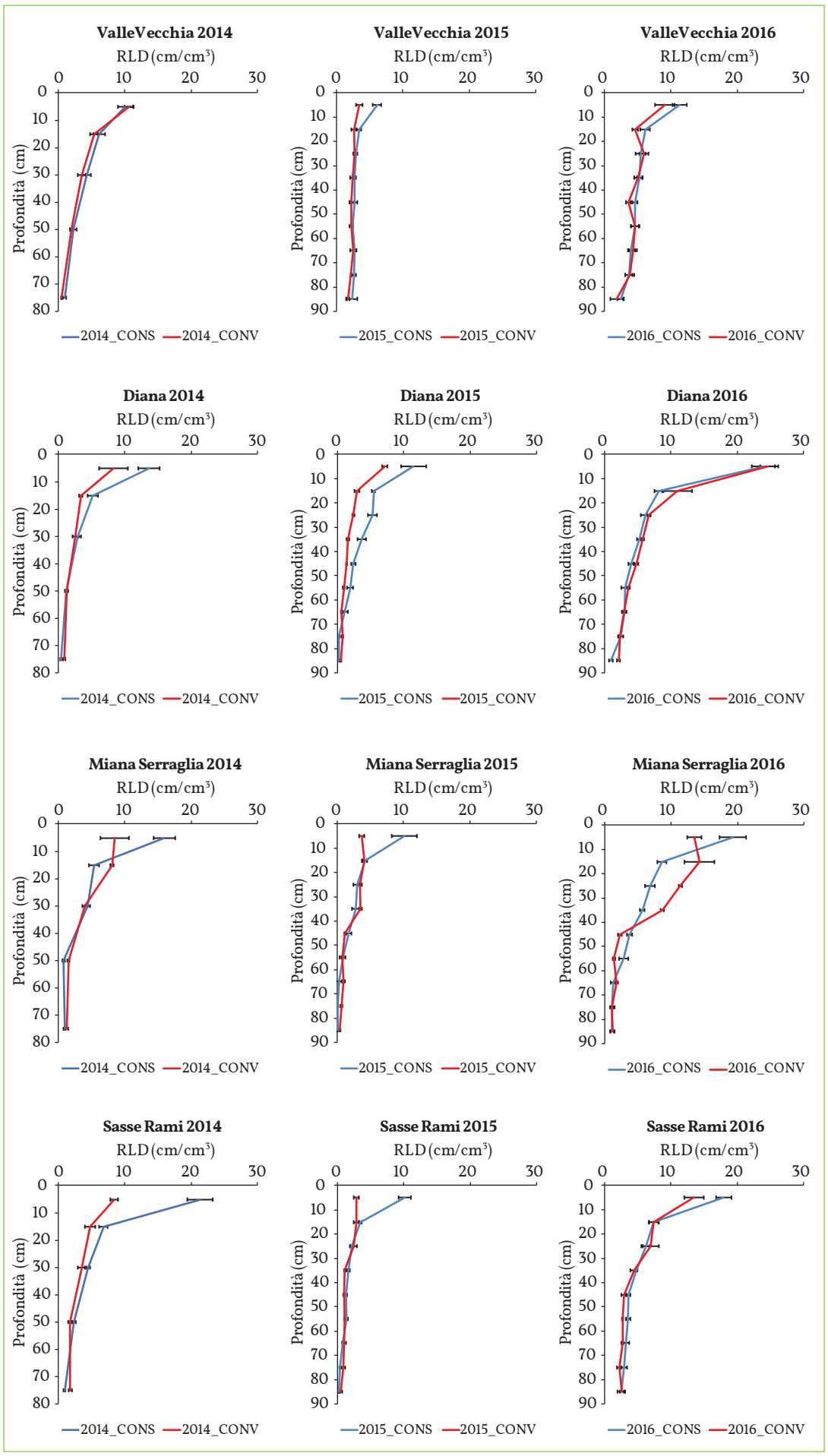
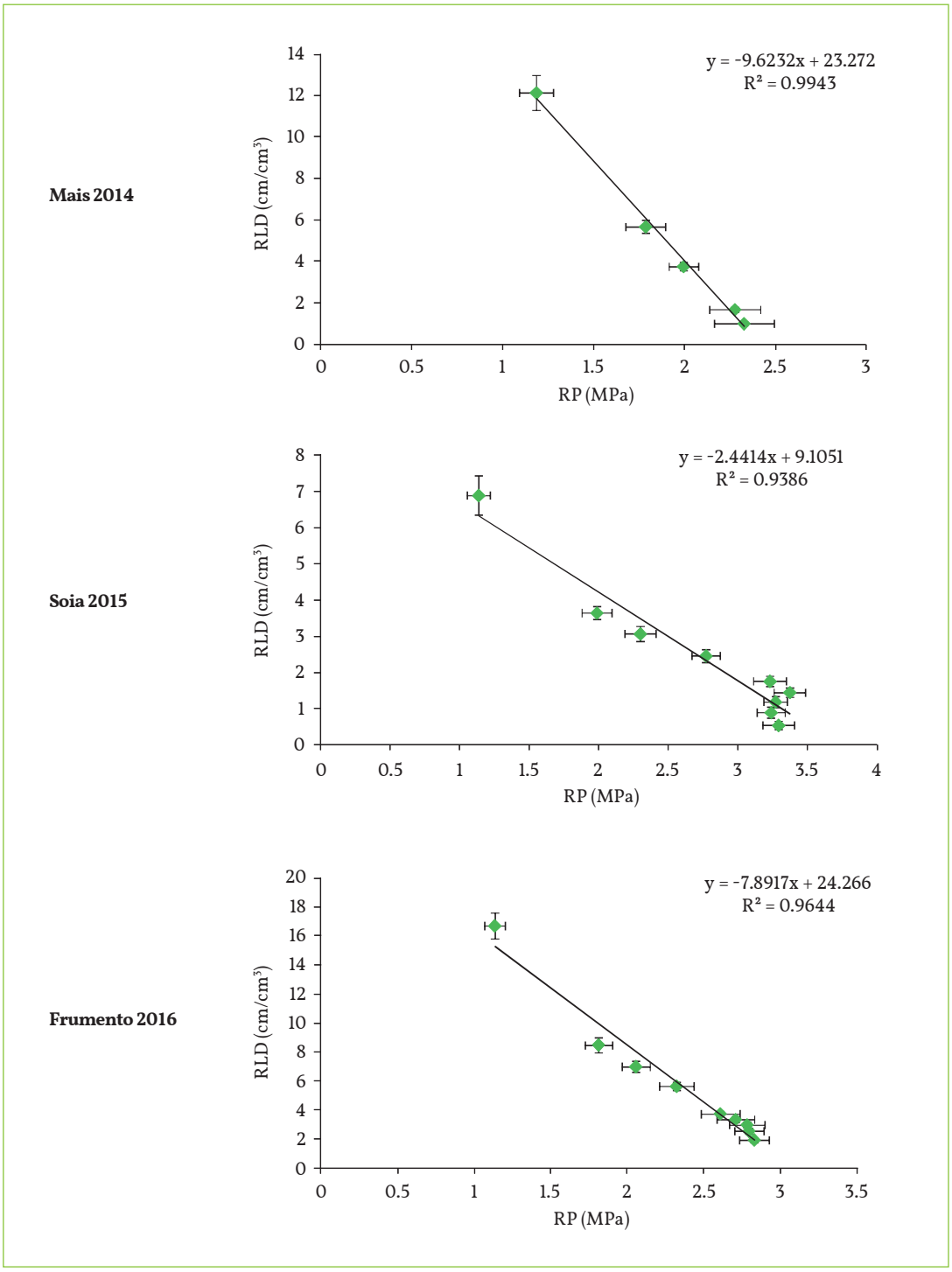


Figura 7.1 - Distribuzione della densità di lunghezza radicale (RDL) per il mais (2014), soia (2015) e frumento (2016) nelle aziende ValleVecchia, Diana, Miana Serraglia e Sasse Rami.

La resistenza del suolo ha influenzato, indipendentemente dal tipo di trattamento, la densità radicale delle colture considerate, con una relazione negativa tra i due parametri. Elevate resistenze, infatti, sono associate a bassi valori di densità radicale, con un limite minimo per lo sviluppo degli apparati radicali di 2.4, 3.4 e 2.8 MPa, rispettivamente per mais, soia e frumento (Fig. 7.2).

Figura 7.2 - Correlazione tra resistenza alla penetrazione (RP) e densità radicale (RLD) media per strato. Sopra viene riportato il mais coltivato nel 2014, al centro la soia del 2015 e sotto il frumento 2016.



Il diametro medio delle radici è risultato influenzato dal tipo di coltura, secondo l'ordine mais>soia>frumento, mentre l'effetto dei due trattamenti è risultato non significativo, con andamenti simili tra i trattamenti (Fig. 7.3). Solo a Miana Serraglia l'effetto non è univoco, in quanto nel mais su conservativo i diametri sono maggiori al di sotto dei 40 cm, mentre nel frumento in convenzionale si osserva un leggero ingrossamento in corrispondenza della suola di lavorazione.

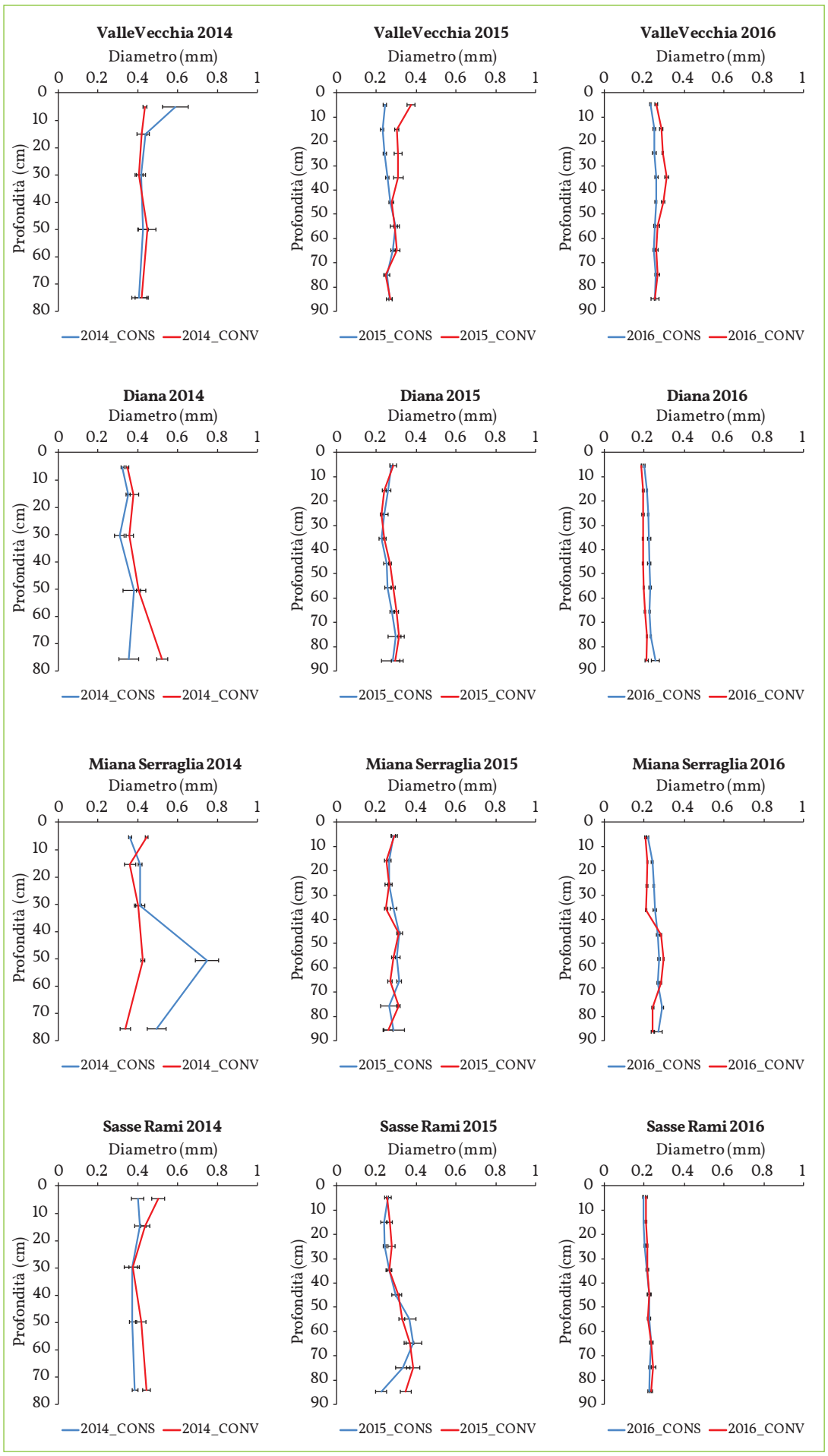


Figura 7.3 - Distribuzione del diametro medio radicale per il mais (2014), soia (2015) e frumento (2016) nelle aziende ValleVecchia, Diana, Miana Serraglia e Sasse Rami.

L'architettura e la profondità degli apparati radicali hanno avuto delle ricadute importanti anche sulla dinamica dell'acqua nel suolo. La presenza delle cover negli appezzamenti ad Agricoltura conservativa ha determinato un aumento dell'evapotraspirazione e di conseguenza un riduzione del contenuto idrico dello strato radicale del suolo. Ciò è evidente anche dall'analisi delle Tomografie di resistività elettrica (ERT) nell'Azienda SasseRami, dove la gestione conservativa è associata a valori di resistività più elevati in superficie (Fig. 7.4).

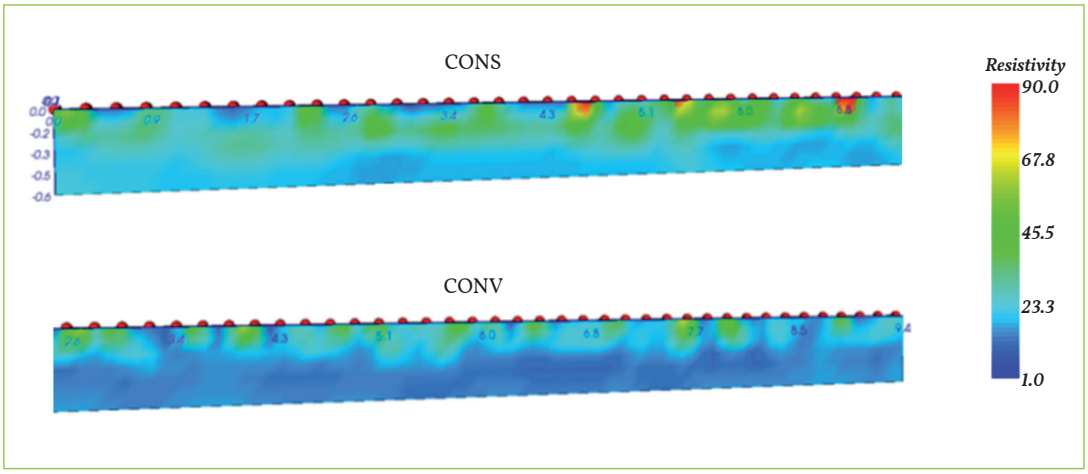


Figura 7.4 - Tomografie elettriche di resistività (ERT) nell'Aprile 2018 a Sasse Rami, in presenza di coltura intercalare (sopra) e suolo nudo (sotto).

BIBLIOGRAFIA

Dal Ferro, N., Sartori, L., Simonetti, G., Berti, A., Morari, F., 2014. Soil macro- and microstructure as affected by different tillage systems and their effects on maize root growth. Soil & Tillage Research. 140, pp. 55–65.

Piccoli I., Dal Ferro N., Lazzaro B., Furlan L., Macolino S., Berti A., Morari F. Multi-electrode 3D resistivity survey on soil structure in conservation agriculture. 2015. 7th International Congress of the European Society for Soil Conservation. Mosca (RUS), 18-22 Maggio 2015.

SCHEDA 8

IMPATTO SULLA QUALITÀ DELLE ACQUE

L'Agricoltura conservativa influenza in modo rilevante i cicli biogeochimici dell'azoto e del fosforo con importanti ricadute sull'inquinamento delle acque superficiali e di quelle profonde. L'Agricoltura conservativa ha, inoltre, un effetto diretto sui meccanismi di trasporto dei due fitonutrienti, condizionando il bilancio idrico e, quindi, l'entità della percolazione (flusso verticale) e del deflusso superficiale e sotto-superficiale.

Azoto

Vi sono informazioni contrastanti sull'effetto dell'Agricoltura conservativa sulla lisciviazione dell'azoto. Questa variabilità dipende dal tipo di suolo, dal clima, dall'uso della cover crop durante il periodo invernale, ecc.

Secondo alcuni autori, l'entità del processo sarebbe incrementata dai fenomeni di deflusso prefenziale attraverso i macropori, mentre, secondo altri, l'elevata efficienza di uso dell'azoto e la bassa concentrazione di N minerale nel suolo, ridurrebbe la lisciviazione nei sistemi non lavorati.

La maggiore efficienza d'uso dell'azoto in Agricoltura conservativa non sarebbe stata osservata, invece, in alcuni contesti caratterizzati da clima freddo e suolo sabbioso, in quanto le lavorazioni tradizionali avrebbero favorito lo sviluppo radicale e, di conseguenza, l'assorbimento dell'azoto.

Fosforo

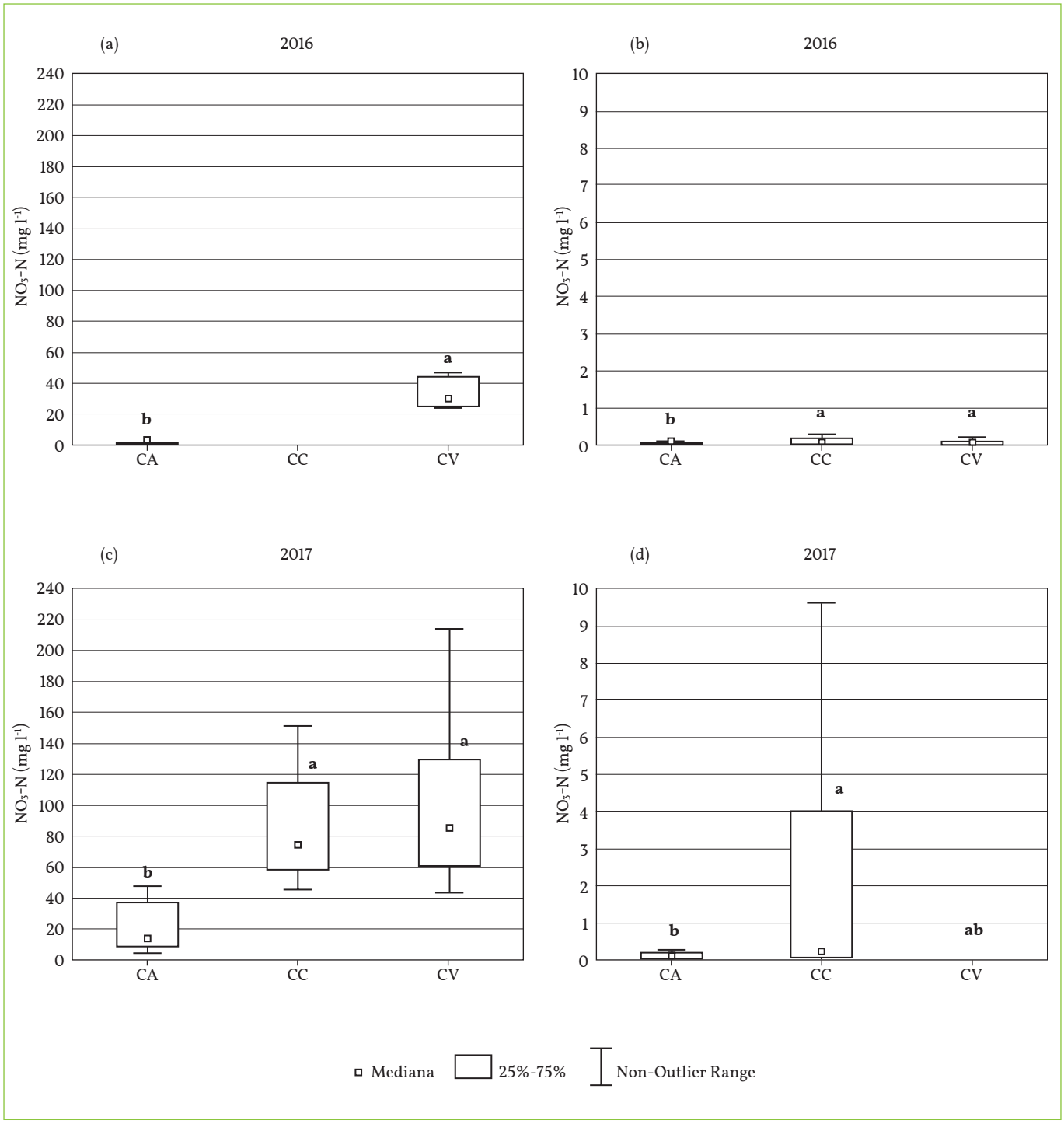
L'Agricoltura conservativa ha un indubbio effetto sulla mitigazione delle perdite di P nelle acque superficiali, in quanto, riducendo l'entità del fenomeno erosivo, abbatterebbe anche il trasporto del P associato ai sedimenti. Riduzioni superiori al 30% rispetto a quelle dei sistemi convenzionali sono state osservate da diversi autori e in diversi contesti. Per contro, la stratificazione superficiale del P in soluzione, prodotto dalla mineralizzazione dei residui e dalla distribuzione superficiale dei fertilizzanti fosfatici, favorirebbe il trasporto superficiale del P solubile, con incrementi anche del 350%. Complessivamente, tuttavia, il bilancio è a favore dei sistemi conservativi, in quanto il trasporto associato ai sedimenti è la via principale di allontanamento del P dai sistemi coltivati.

I risultati sperimentali nelle aziende di Veneto Agricoltura

Le rilevazioni condotte a Sasse Rami negli anni 2016-2017, hanno evidenziato come l'Agricoltura conservativa ha impattato positivamente sulla qualità delle acque di percolazione e su quelle della falda ipodermica (Fig. 8.1). Nel 2016, la mediana della concentrazione di azoto nitrico è risultata inferiore a 5 mg per litro nelle acque di percolazione dagli appezzamenti in conservativa, mentre ha superato abbondantemente i 20 mg per litro nei sistemi tradizionali. Anche nel 2017 si sono osservate differenze consistenti tra i sistemi di coltivazione, meno di 20 mg per litro in Agricoltura conservativa e più di 80 mg per litro nel sistema convenzionale.

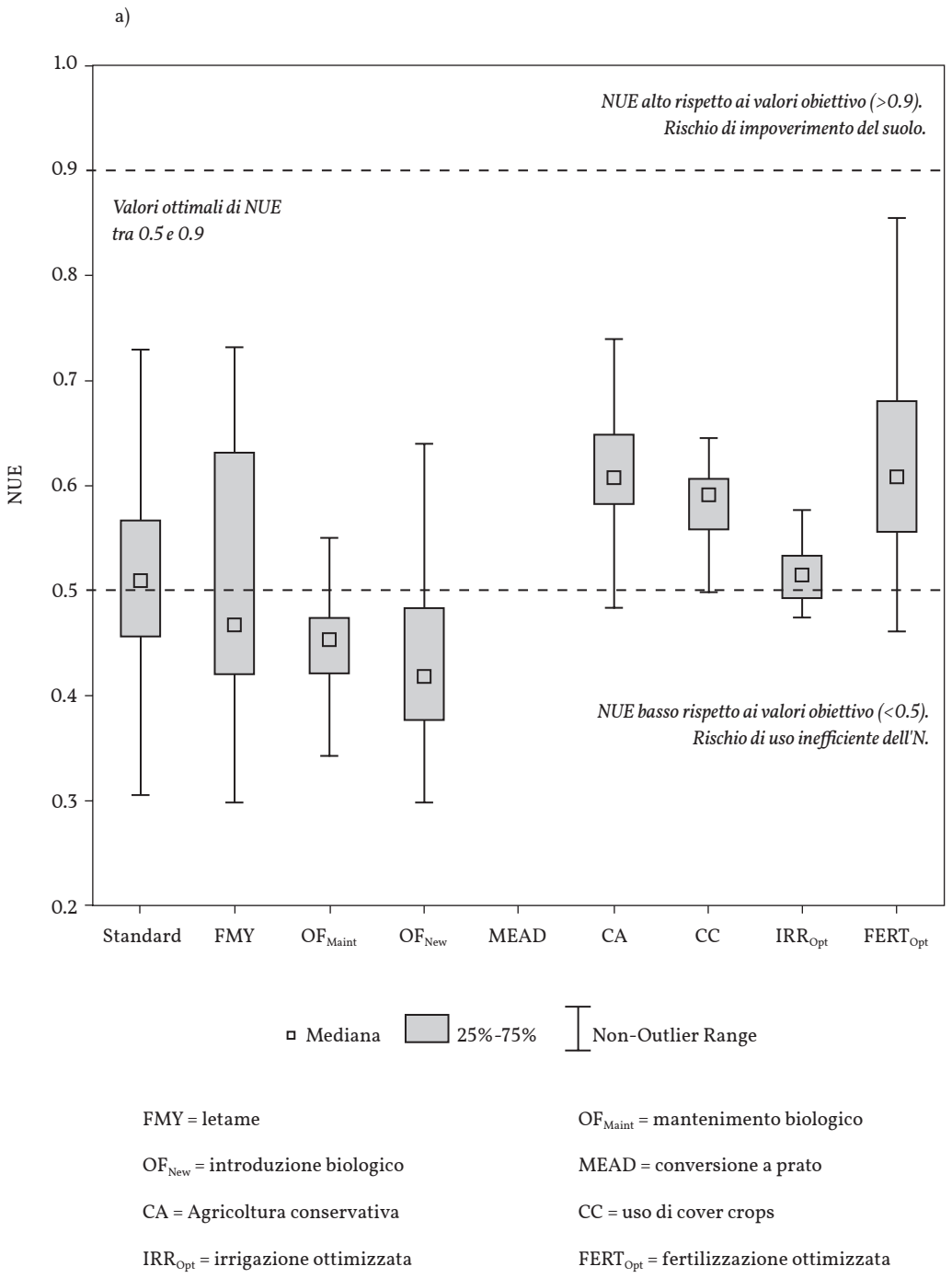
Tali differenze si sono mantenute anche nei valori di lisciviazione medi annui, risultati pari a 3.5 kg per ettaro in Conservativa e 58 kg per ettaro nel sistema convenzionale. Complessivamente, la minore lisciviazione ha influenzato positivamente anche la qualità della falda ipodermica, anche se le differenze sono risultate di entità minore (Fig. 8.1 destra).

Figura 8.1 - Concentrazione dell'azoto nitrico (mg/l) nelle acque di percolazione (a-c) e falda (b-d) negli anni 2016-2017, nei sistemi conservativo (CA), convenzionale con cover crop (CC) e convenzionale (CV).



L'Agricoltura conservativa in Veneto a seguito dell'applicazione del PSR

L'Agricoltura conservativa è tra i sistemi colturali applicati negli anni 2007-2013 in Veneto ad avere potenzialmente raggiunto la maggiore efficienza di uso dell'azoto (NUE = $N_{asportato}/N_{input}$), con valori mediani simulati attorno a 0.6, ma con punte >0.7 (Fig. 8.2);



FMY = letame

OF_{Maint} = mantenimento biologico

OF_{New} = introduzione biologico

MEAD = conversione a prato

CA = Agricoltura conservativa

CC = uso di cover crops

IRR_{Opt} = irrigazione ottimizzata

$FERT_{Opt}$ = fertilizzazione ottimizzata

Figura 8.2 - Efficienza d'uso dell'azoto (NUE) di alcune misure agro-ambientali simulata nel PSR 2007-2013 (standard = convenzionale; CA = Agricoltura conservativa)

Alla maggiore efficienza d'uso è corrisposta anche una minore lisciviazione simulata, con decrementi di oltre 16 kg per ettaro e per anno, corrispondenti ad abbattimenti superiori al 95% (Fig. 8.3).
Le dinamiche del fosforo confermano quanto osservato in letteratura, ovvero il maggiore rischio di trasporto in soluzione in Agricoltura conservativa e l'abbattimento del trasporto con i sedimenti. L'applicazione della conservativa in alcune zone della bassa pianura veneta

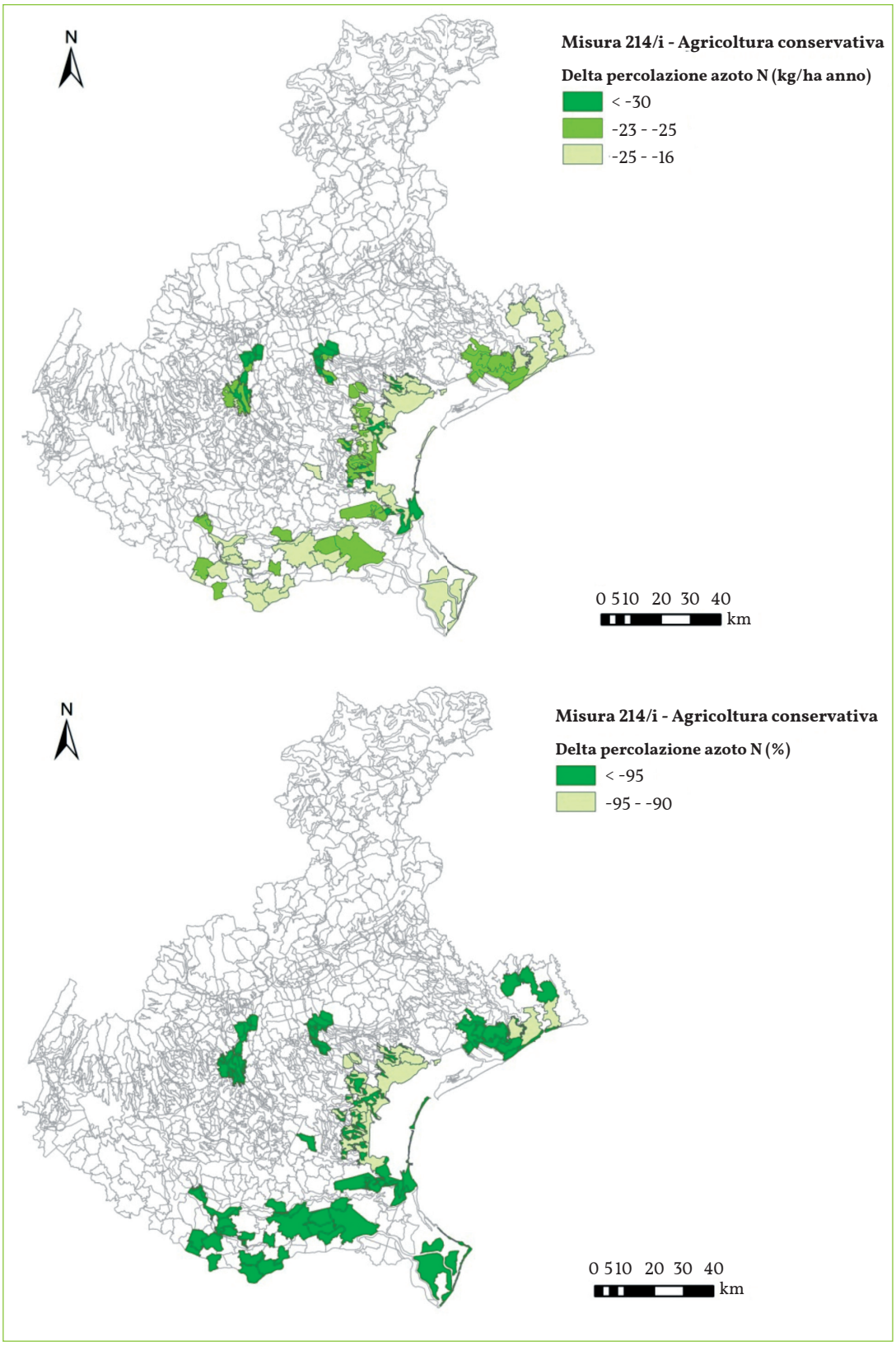


Figura 8.3 - Differenza della lisciviazione dell'azoto (kg/ha anno - sopra; % - sotto) tra sistemi colturali in cui è stata applicata l'Agricoltura conservativa (Misura 214/i Azione 1, PSR Regione Veneto 2007-2013) e sistemi convenzionali.

ha, infatti, aumentato la concentrazione del P organico in soluzione nel suolo e, conseguentemente, la sua lisciviazione in falda (Fig. 8.4). L'entità di tali perdite è comunque modesta, meno di 0.01 kg per ettaro e per anno, soprattutto, se confrontata con le perdite del P particellare. Quest'ultime, infatti, si sono ridotte di oltre a 1 kg per ettaro e per anno, con abbattimenti superiori all'80% (Figura 8.5).

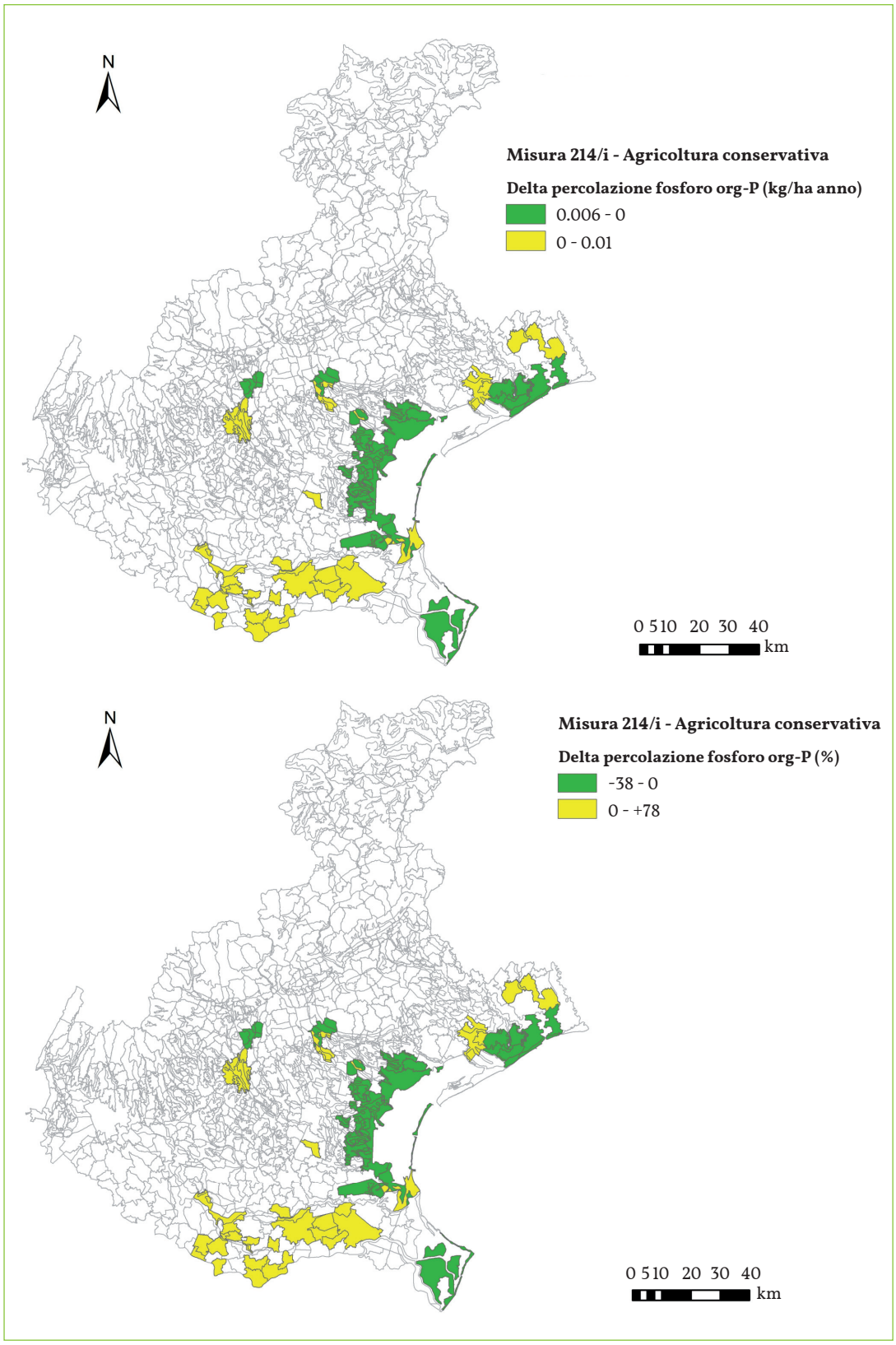
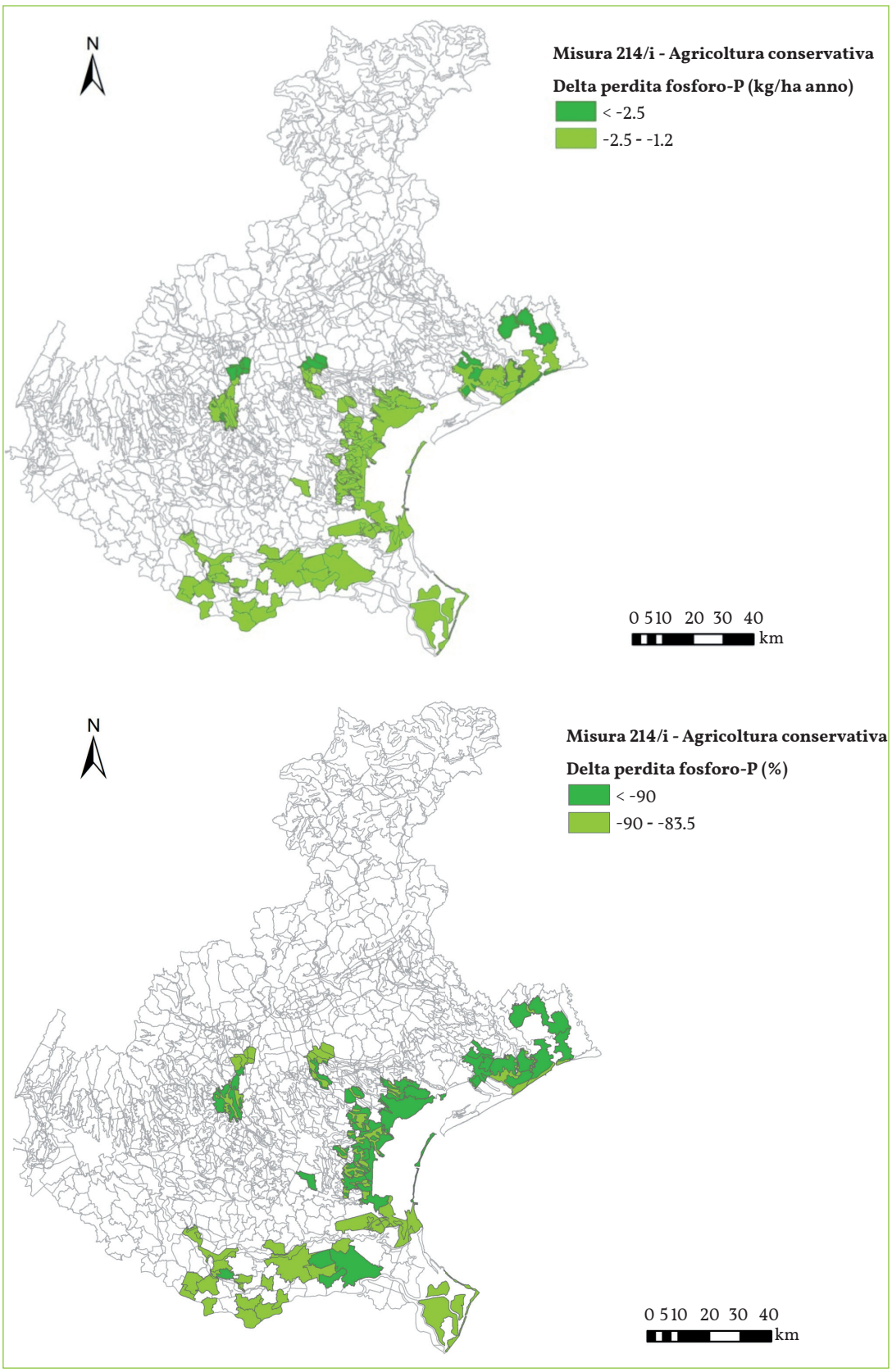


Figura 8.4 - Differenza della lisciviazione del P organico (kg/ha anno - sopra; % - sotto) tra sistemi colturali in cui è stata applicata l'Agricoltura conservativa (Misura 214/i Azione 1, PSR Regione Veneto 2007-2013) e sistemi convenzionali.

Figura 8.5 - Differenza del P allontanato con i sedimenti (kg/ha anno - sopra; % - sotto) tra sistemi colturali in cui è stata applicata la Misura 214/i Az. 1 e sistemi convenzionali.



BIBLIOGRAFIA

Camarotto, Dal Ferro, N., Piccoli, I., Polese,R., Furlan, L., Chiarini, F., Morari, F., 2018. Conservation agriculture and cover crop practices to regulate water, carbon and nitrogen cycles in the low-lying Venetian plain, Catena, 167, pp. 236-249.

Dal Ferro, N., Cocco, E., Lazzaro, B., Berti, A., Morari, F., 2016. Assessing the role of agri-environmental measures to enhance the environment in the Veneto Region, Italy, with a model-based approach. Agriculture, Ecosystems and Environment, 232, pp. 312-325.

Dal Ferro, N., Cocco, E., Lazzaro, B., Berti, A., Morari, F., 2018. How to enhance crop production and nitrogen fluxes? A result-oriented scheme to evaluate best agri-environmental measures in Veneto Region, Italy. Archives Of Agronomy And Soil Science, vol 64. Issue 11.

SCHEDA 9

LA DIFESA INTEGRATA DAI FITOFAGI: INSETTI, GASTEROPODI, UCCELLI

In linea teorica, la riduzione delle lavorazioni in Agricoltura conservativa ha sulle popolazioni di organismi nocivi un impatto minore rispetto all'aratura. Quindi, in un primo momento, ci si potrebbe attendere un aumento di attacchi di fitofagi e malattie, perlomeno fino all'instaurarsi di nuovi equilibri. Tra le avversità potenzialmente più temibili in questo contesto si annoverano i gasteropodi (limacce, lumache) e gli insetti del terreno (particolarmente gli elateridi).

Gasteropodi: limacce e lumache

Nel corso del periodo di sperimentazione sono stati raccolti sistematicamente dati:
1) sui metodi di monitoraggio e sulle possibili soglie di intervento;
2) sull'incidenza e gravità dei danni da gasteropodi.

Lo studio della tecnica migliore per monitorare la presenza di gasteropodi è iniziata nel 2014, interessando gli appezzamenti a mais coinvolti nel Progetto LIFE+ HELPSOIL nelle tre Aziende pilota dimostrative di Veneto Agricoltura (Diana - Treviso, SasseRami - Rovigo, ValleVecchia - Venezia). Le trappole a confronto sono state:
1. coppo (tegola) rovesciato,
2. sottovaso da 18 cm fuori terra,
3. sottovaso da 18 cm interrato fino al bordo,
4. trappola pit-fall o per caduta.

Le trappole sono state innescate con diverse concentrazioni di attrattivo (birra):
a. attrattivo puro (trappola riempita con birra pura al 100%);
b. attrattivo diluito con acqua (trappola riempita con il 50% di birra ed il 50% di acqua) (Foto 9.1).

Foto 9.1 - Trappole per gasteropodi impiegate nelle prove: sottovaso da 18 cm interrato fino al bordo (sinistra), pit-fall (destra).

Durante tutto il periodo di monitoraggio (2014-2016) e in tutte le trappole si sono riscontrate catture basse se non nulle (qualche sporadica cattura solo nelle trappole pit-fall). Questi dati si sono rilevati pur essendo le trappole posizionate sul terreno libero dalla coltura (mais in precessione) e ricoperto solo di residui colturali ed erbe spontanee, e anche in condizioni di umidità del terreno molto elevata.
I terreni sono stati monitorati anche con le trappole YATLORf per adulti di elateridi e si è notato che tale trappola è in grado di attirare significativamente anche le lumache, perlomeno di alcune specie, probabilmente perché fornisce loro un adeguato ricovero.
In particolare a ValleVecchia, i dati medi delle catture nei campi test a gestione conservativa e in quelli a gestione convenzionale nelle tre colture valutate (frumento, mais, soia) hanno evidenziato (Tab. 9.1) che la gestione conservativa presenta valori mediamente superiori di catture di gasteropodi, ma non vi è una tendenza ad aumentare nei tre anni di monitoraggio. Le chiocciole catturate sono risultate appartenere alla famiglia Helicidae (*Helicella* spp., *Cernuella* spp.).

Foto 9.2 - Trappole YATLORf per elateridi impiegate anche nel monitoraggio dei gasteropodi e piantina di mais danneggiata da lumache.

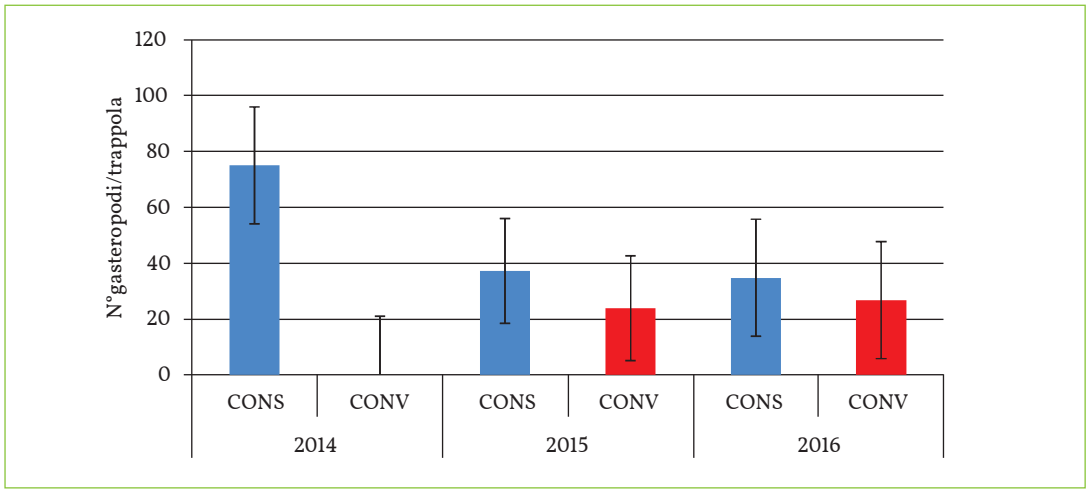


Figura 9.1 - Numero di gasteropodi per trappola nei campi test di ValleVecchia (4 coppie di appezzamenti a sodo e convenzionale dal 2014 al 2016).

Analogamente, l'incidenza di piante con sintomi di erosione da gasteropodi è stata più elevata negli appezzamenti a sodo (27%) rispetto a quelli a gestione tradizionale (0-1%).
In sintesi, per alcuni siti, in Agricoltura conservativa è stato evidenziato un aumento significativo delle popolazioni di gasteropodi e così pure dei sintomi della loro presenza. Tuttavia il numero limitato delle osservazioni, soprattutto per la scarsa incidenza di casi di danno grave, non ha consentito un'analisi scientificamente significativa delle soglie di danno per i gasteropodi. Dal punto di visto pratico si è osservato che l'incidenza di piante con sintomi di danno da lumache è risultata apprezzabile quando le catture nelle trappole YATLORf risultavano superiori a 100 individui/trappola nella stagione precedente o in quella in corso. Il monitoraggio e la prevenzione (ad es. ritardare la semina in caso di elevate popolazioni) appaiono gli strumenti principali della difesa, in quanto il trattamento specifico con esche registrate, qualora vi siano popolazioni elevate, risulta costoso e difficoltoso per la distribuzione in pieno campo.

In conclusione si può affermare che c'è una lieve tendenza all'aumento delle popolazioni di gasteropodi e dei sintomi della loro presenza con l'Agricoltura conservativa, particolarmente nella gestione a sodo (Fig. 9.1), cui è corrisposto un aumento del rischio di danno da gasteropodi. Di fatto, osservazioni trentennali su migliaia di ettari coltivati a mais in Agricoltura convenzionale hanno evidenziato un rischio di danno grave, cioè in grado di incidere sui livelli produttivi, praticamente nullo. Tale rischio comunque resta basso in generale nelle aziende venete (inferiore al 1% della superficie coltivata a mais).

Fitofagi ipogei (Elateridi)

Il monitoraggio della densità delle larve di elateridi del terreno è stato effettuato in tutte le aziende interessate dall'azione specifica del Progetto LIFE+ HELPSOIL, a primavera e/o autunno degli anni iniziale e finale. Per alcuni appezzamenti le osservazioni sono proseguite per tutta la durata del progetto. Le principali specie dannose sono state monitorate anche come adulti usando le trappole YATLORf secondo le modalità di rilevazione consolidate[1].

In generale la densità di larve è risultata bassa, inferiore alle soglie di danno per le specie chiave delle regioni interessate dal progetto Helpsoil. Non particolarmente elevati sono risultati anche i livelli di cattura degli adulti con le trappole a feromoni (Tabelle 9.1, 9.2 e 9.3). I livelli di danno da elateridi e altre avversità (nottue, altri fitofagi ipogei, virus, malattie fungine del seme e delle plantule) sono risultati bassi sia nell'Agricoltura conservativa sia nell'Agricoltura convenzionale e non hanno inciso significativamente negli investimenti finali (vedi anche http://www.lifehelpsoil.eu/life-helpsoil-a-ice-2016-orlando-florida-usa/).

[1] Si veda http://www.venetoagricoltura.org/upload/Trappola%20YATLORf.pdf.

Tabella 9.1 - Monitoraggio del livello delle popolazioni di elateridi (*Agriotes* spp.) negli appezzamenti destinati alla sperimentazione sulla difesa nel 2014.

Azienda	Regione/prov	larve elateridi/ trappola						Adulti *Agriotes brevis*/ trappola		Adulti *Agriotes sordidus*/ trappola	
		Convenzionale			Conservativo						
		media	ds	sp. prevalente	media	ds	sp. prevalente	Conv.	Cons.	Conv.	Cons.
ValleVecchia**	Veneto/VE	0.25	0.62	*A. sordidus*	0.33	0.49	*A. sordidus*	2	5	424	1041
Sasse**	Veneto/RO	0.33	0.49	*A. sordidus*	0.08	0.29	*A. sordidus*	2	15	272	513
Diana**	Veneto/TV	0.17	0.39	*A. sordidus*	1.33	1.50	*A. sordidus*	171	271	849	1097

*rilievo autunnale ** adulti relativi al periodo di maggior volo.

Tabella 9.2 - Monitoraggio del livello delle popolazioni di elateridi (*Agriotes* spp.) negli appezzamenti destinati alla sperimentazione sulla difesa nel 2016.

Azienda	Regione/prov	larve elateridi/ trappola						Adulti *Agriotes brevis*/ trappola		Adulti *Agriotes sordidus*/ trappola	
		Convenzionale			Conservativo						
		media	ds	sp. prevalente	media	ds	sp. prevalente	Conv.	Cons.	Conv.	Cons.
ValleVecchia*	Veneto/VE	0.08	0.29	*A. sordidus*	0.17	0.39	*A. sordidus*	9	0	322	96
Sasse*	Veneto/RO	1.08	1.43	*A. sordidus*	0.71	1.05	*A. sordidus*	16	72	351	451
Diana*	Veneto/TV	0.29	0.55	*A. sordidus*	0.06	0.20	*A. sordidus*	56	185	90	147

*rilievo autunnale ** adulti relativi al periodo di maggior volo.

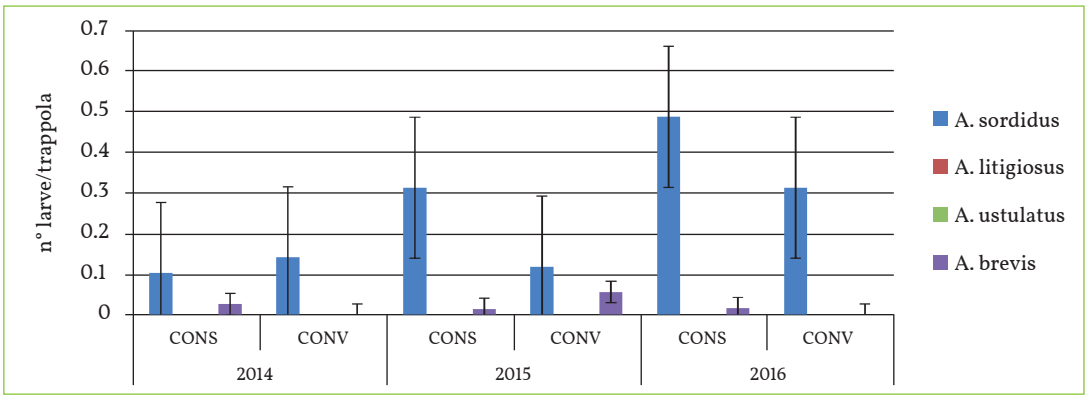


Figura 9.2 - Monitoraggio presenza di larve di elateridi (*Agriotes* spp.) nel triennio 2014-2016 nelle tre Aziende pilota del Veneto.

Adulti elateridi		A. sordidus		A. litigiosus		A. ustulatus		A. brevis	
Anno	Tesi	Media	Err. st	Media	Err. st	Media	Err. st	Media	Err. st
2015	CONV	509.71	151.53	28.26	18.05	3.30	1.46	25.53	2.40
	CONS	582.94	151.53	26.78	18.05	7.51	1.46	20.94	2.40
2016	CONV	387.36	151.53	26.06	18.05	10.09	1.46	32.26	2.40
	CONS	376.78	151.53	31.83	18.05	1.66	1.46	37.69	2.40
Analisi della varianza		F	P	F	P	F	P	F	P
Anno		1.18	0.31	0.01	0.94	0.02	0.90	0.22	0.65
Trattamento		0.04	0.84	0.01	0.91	0.11	0.75	0.00	0.98
Anno x trattamento		0.08	0.79	0.04	0.85	0.084	0.42	0.04	0.84

Tabella 9.3 - Monitoraggio presenza di adulti di elateridi (*Agriotes* spp.) nel biennio 2015-2016 nelle tre Aziende pilota del Veneto.

Tendenze di lungo periodo

Per avere dati ancora più affidabili sull'influenza dell'introduzione dell'Agricoltura conservativa sulle popolazioni dei parassiti del terreno, alcuni appezzamenti sono stati monitorati fin dall'inizio dell'adozione delle misure del PSR, con analogo protocollo, per valutare l'andamento nel tempo delle popolazioni di elateridi. In tal modo si è riusciti ad avere uno studio di tale aspetto per otto anni consecutivi. I risultati hanno chiaramente evidenziato che l'introduzione dell'Agricoltura conservativa, ed in particolare del sodo, non ha determinato un significativo aumento dei fitofagi terricoli e quindi non ha causato la necessità di un aumento dei trattamenti geodisinfestanti. Ricordiamo che i trattamenti con geodisinfestanti sono associati a significativi impatti ambientali e a rischi seri per i pronubi, particolarmente con i neonicotinoidi.
In sintesi, l'Agricoltura conservativa, a differenza delle aspettative teoriche, non ha determinato un aumento dei livelli di popolazione e dei danni da fitofagi ipogei. I livelli di danno da elateridi e altre avversità del terreno sono risultati bassi e gli investimenti del mais non hanno risentito di decurtazioni dovute a tali fattori.

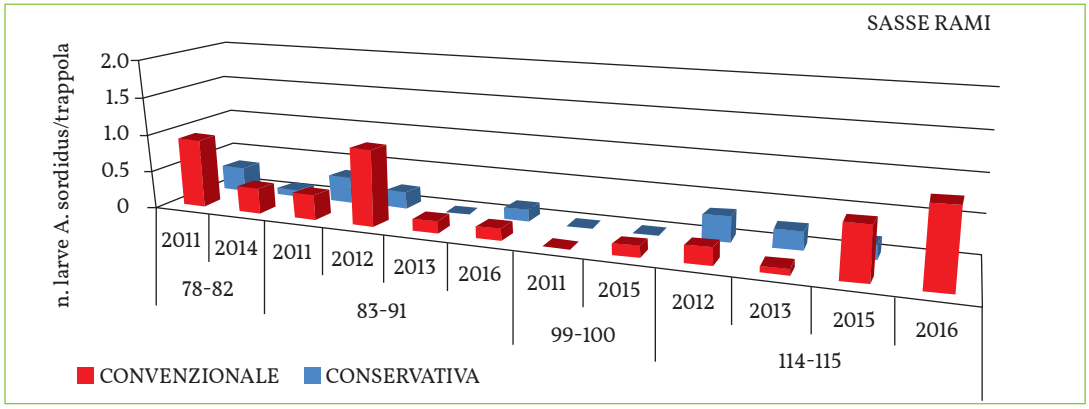


Figura 9.3 - Trend dell'evoluzione delle popolazioni di larve di elateridi (*Agriotes sordidus*) in appezzamenti dell'azienda pilota Sasse Rami monitorati tra il 2011 e il 2016.

Uccelli

L'introduzione dell'Agricoltura conservativa non ha aumentato apprezzabilmente, negli appezzamenti in sperimentazione, il rischio di danno da uccelli, anche se tendenzialmente la presenza di piante di mais danneggiate è aumentata. Il rischio appare gestibile razionalmente con la copertura assicurativa dei fondi mutualistici[2].

Considerazioni finali

Il rischio di danno da qualsiasi tipo di fitofago (insetti, uccelli, gasteropodi) rimane basso anche con l'applicazione dell'Agricoltura conservativa, e in particolare con la semina su sodo: di conseguenza, nella maggior parte dei casi, non servono interventi insetticidi come concianti del seme o microgranulari applicati alla semina.
È possibile comunque mantenere monitorate le popolazioni dei fitofagi con un'affidabile valutazione del rischio di danno. Il monitoraggio effettuato con la trappola YATLORf permette di monitorare tempestivamente oltre alle popolazioni di adulti di elateridi, anche popolazioni di gasteropodi come le chiocciole (*Helix* spp.). Qualora nelle trappole per adulti i valori superino quelli di rischio (300 adulti/trappola per stagione di *A. brevis*, 1.000 adulti/trappola per stagione per le altre specie) prima della semina di una coltura suscettibile agli attacchi come il mais sarà opportuno procedere a stimare la densità delle larve[3].

[2] Per informazioni sui fondi mutualistici vedi www.venetoagricoltura.org/2017/02/newsletter/bollettino-coltureerbacee-n-142017-del-16-febbraio/.
[3] Per approfondite informazioni sulla modalità di monitoraggio, stima della popolazione e indicazioni su eventuali trattamenti, si invita a consultare quanto periodicamente riportato dal "Bollettino Colture Erbacee" disponibile su www.venetoagricoltura.org/bollettino-colture-erbacee/.

SCHEDA 10

LE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS E FRUMENTO

I funghi patogeni e le tossine, loro prodotti di sintesi, possono penalizzare fortemente la salubrità e il valore commerciale delle produzioni. La presenza dei residui in superficie, su cui possono svilupparsi le specie fungine produttrici delle tossine, può acuire in linea teorica tali problemi, particolarmente nell'Agricoltura conservativa a sodo. I valori delle micotossine sono influenzati principalmente dall'andamento meteorologico e da fattori di stress in generale (elevata umidità, escursioni termiche, stress idrici e attacchi di fitofagi). Inoltre, la successione di graminacee, ed in particolar modo le monoculture, non aiutano la prevenzione delle micotossine (fumonisine, aflatossine, tricoteceni, ecc.): specialmente il permanere dei residui colturali sul campo rappresenta una potenziale fonte di inoculo per le infezioni fungine, in particolar modo per le fusariosi. Tuttavia la rotazione delle colture, uno dei principi fondanti dell'Agricoltura conservativa, può contribuire a minimizzare il tempo di persistenza dell'inoculo fungino, e la conseguente formazione di micotossine nei cereali. Inoltre, la stessa diversificazione colturale, che comporta maggiore attività biologica dei terreni in regime conservativo, può rappresentare un importante fattore naturale di controllo delle avversità.

I risultati sperimentali nelle aziende del Veneto

L'indagine ha valutato, nelle condizioni di campo, se effettivamente il suddetto problema sussisteva e, nel caso, con che entità. Le analisi sono state fatte su campioni di granella (effettuati con flusso dinamico nel periodo 2011-2018) seguendo il metodo descritto nella relazione difesa del Progetto LIFE+ HELPSOIL.

La gestione conservativa a sodo non ha determinato differenze significative nei livelli di micotossine della granella di mais, mentre per il frumento i campioni derivanti dagli appezzamenti a sodo hanno evidenziato, sia per il DON-NIV comprensivo di Deossinivalenolo e i suoi derivati e Nivalenolo sia per il Deossinivalenolo singolarmente, valori significativamente superiori ai campioni di granella prelevati dai corrispondenti appezzamenti destinati alla tecnica convenzionale. (Fig. 10.1).

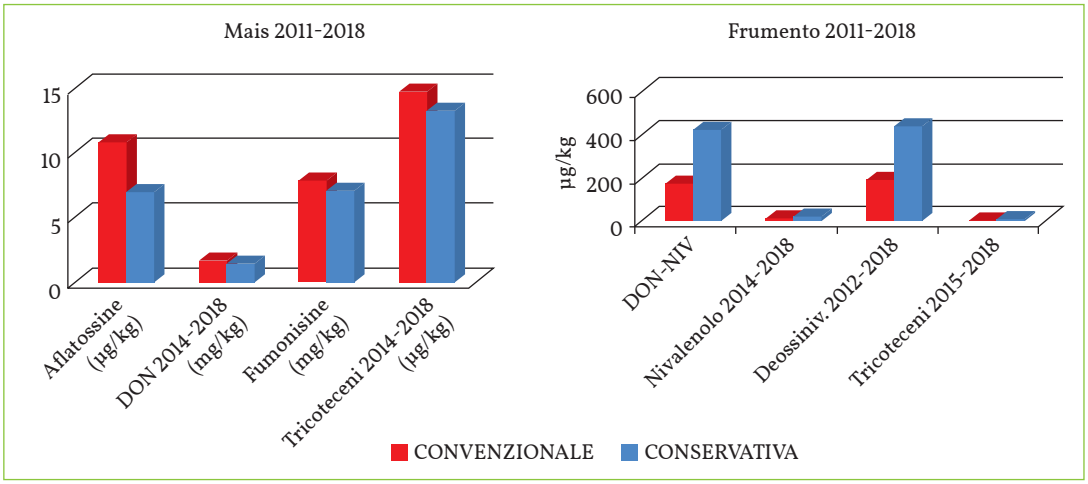


Figura 10.1 - Effetto della gestione del terreno sui contenuti di micotossine della granella di mais e frumento. Confronto tra coppie di appezzamenti in conservativa e in convenzionale (media dei diversi siti dal 2011 al 2018).

Mais

Per quanto riguarda il dettaglio dei dati Fumonisine totali (B1 e B2), Aflatossine, Don e derivati, Nivalenolo e Tricoteceni (T2/HT2) i dati relativi ai campi test coltivati a mais sono riportati nelle tabelle 10.1, 10.2, 10.3 e 10.4.

Confrontando gli appezzamenti a mais ad Agricoltura conservativa e convenzionale non si sono riscontrate differenze significative per il contenuto di Fumonisine (B1+B2), mentre gli anni 2013 e 2014, e seppure in minor misura il 2016, si sono distinti per la maggior presenza delle Fumonisine sulla granella (Tab. 10.1, Fig. 10.2).

Tabella 10.1 - Contenuti di Fumonisine della granella di mais negli anni dal 2011 al 2018, nelle diverse aziende e nel confronto tra CONSERVATIVA-CONVENZIONALE.

ANNO	Fumonisine (B1 + B2) (µg/kg)	Err. std.	Test
2011	1854.46	2804.96	c
2012	6491.89	1435.12	bc
2013	12458.56	1435.12	a
2014	12887.46	1073.94	a
2015	6112.32	1110.55	bc
2016	9813.05	1101.29	ab
2017	1964.35	1274.79	c
2018	2217.20	1435.12	c
Analisi della varianza	N	F	P
	83	11.95	0.00

AZIENDA	Fumonisine (B1 + B2) (µg/kg)	Err. std.	Test
AGR. SANTILARIO	4263.00	2745.33	b
DIANA	5709.86	960.19	b
PASTI	13845.13	1585.02	a
SASSE	9311.95	919.77	ab
VALLEVECCHIA	5572.85	786.42	b
Analisi della varianza	N	F	P
	83	6.83	0.00

TESI	Fumonisine (B1 + B2) (µg/kg)	Err. std.	Test
CONV	7815.99	593.27	a
CONS	7090.96	745.52	a
Analisi della varianza	N	F	P
	83	0.07	0.80

Legenda: N = Numero di casi; F = test F di Fisher; P = Probabilità associata.

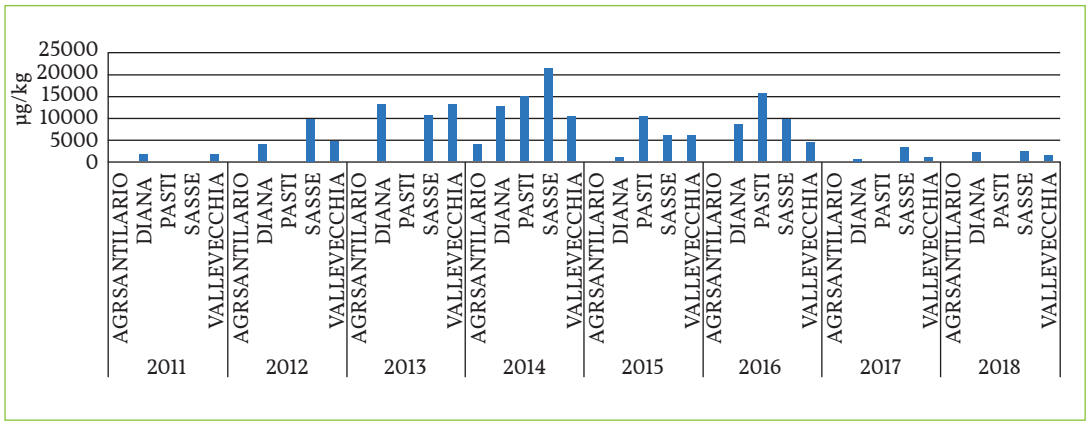


Figura 10.2 - Contenuti di Fumonisine della granella di mais delle diverse aziende venete nel corso degli anni dal 2011 al 2018.

Tabella 10.2 - Contenuti di Aflatossine della granella di mais negli anni dal 2011 al 2018, nelle diverse aziende e nel confronto tra CONSERVATIVA-CONVENZIONALE.

ANNO	Aflatossine (µg/kg)	Err. std.	Test
2011	0.19	21.99	a
2012	37.18	16.21	a
2013	1.82	16.21	a
2014	0.68	12.13	a
2015	3.92	13.27	a
2016	1.37	12.44	a
2017	35.24	14.40	a
2018	0.67	16.21	a
Analisi della varianza	N	F	P
	84	1.09	0.38

AZIENDA	Aflatossine (µg/kg)	Err. std.	Test
AGR. SANTILARIO	2.88	31.01	a
DIANA	1.63	9.20	a
PASTI	0	17.9	a
SASSE	28.83	10.98	a
VALLEVECCHIA	0.28	8.88	a
Analisi della varianza	N	F	P
	84	1.22	0.31

TESI	Aflatossine (µg/kg)	Err. std.	Test
CONV	10.80	6.58	a
CONS	6.97	8.19	a
Analisi della varianza	N	F	P
	84	0.08	0.78

Legenda: N = Numero di casi; F = test F di Fisher; P = Probabilità associata.

Nella tabella 10.2, sono riportati i risultati medi delle analisi delle aflatossine della granella di mais che mostrano l'equivalenza dei valori medi delle tesi e degli anni, mentre si può notare una maggior presenza di Aflatossine nell'Azienda Sasse Rami, in particolare in due anni, il 2012 e il 2017 (Fig. 10.3).

Figura 10.3 - Contenuti di Aflatossine della granella di mais delle diverse aziende venete nel corso degli anni dal 2011 al 2018.

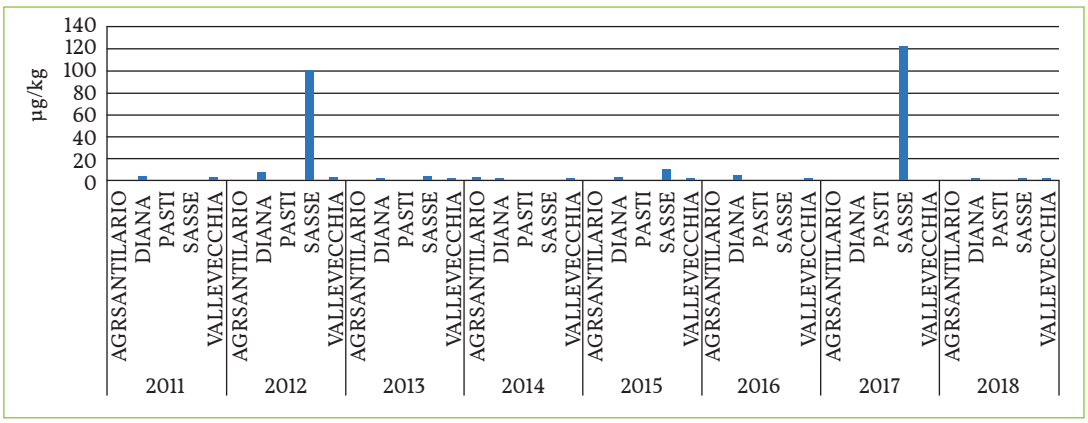


Tabella 10.3 - Contenuti di DON (Deossinivalenolo) e derivati (3- e 15-acetil-Deossinivalenolo) e NIV (Nivalenolo) della granella di mais negli anni dal 2011 al 2018, nelle diverse aziende e nel confronto tra CONSERVATIVA-CONVENZIONALE.

ANNO	DON[1]-NIV[2] (µg/kg)	Err. std.	Test
2014	4360.63	337.48	a
2015	658.09	473.56	b
2016	174.77	415.29	b
2017	23.13	609.92	b
2018	106.98	451.52	b
Analisi della varianza	N	F	P
	44	30.68	0.00

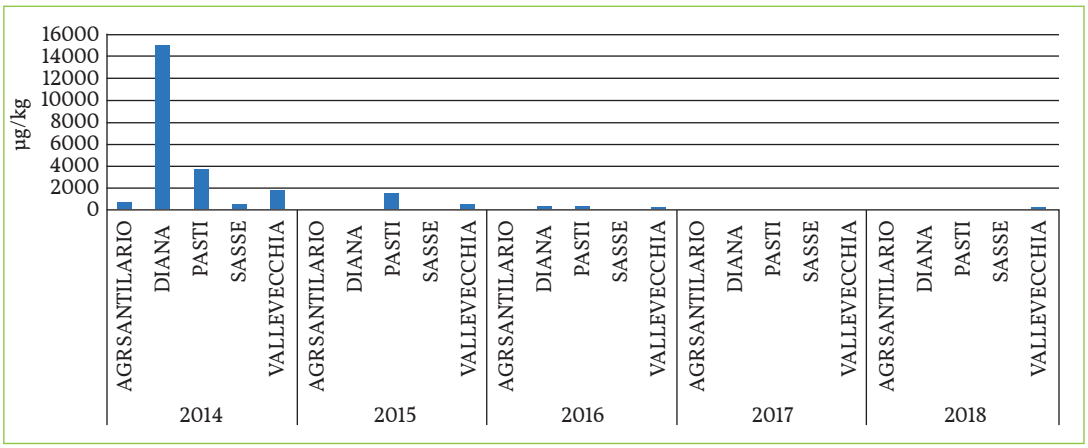
AZIENDA	DON[1]-NIV[2] (µg/kg)	Err. std.	Test
AGR. SANTILARIO	718.84	862.56	b
DIANA	5138.60	395.67	a
PASTI	1803.33	498.00	b
SASSE	137.98	365.95	b
VALLEVECCHIA	646.51	365.78	b
Analisi della varianza	N	F	P
	44	29.37	0.00

TESI	DON[1]-NIV[2] (µg/kg)	Err. std.	Test
CONV	1669.14	264.82	a
CONS	1433.43	289.18	a
Analisi della varianza	N	F	P
	44	0.03	0.86

Legenda: DON[1] = Deossinivalenolo e derivati; NIV[2] = Nivalenolo; N = Numero di casi; F = test F di Fisher; P = Probabilità associata.

Anche per quanto riguarda il DON-NIV (Tab. 10.3), i valori medi erano simili tra appezzamenti ad Agricoltura conservativa e convenzionale con valori mediamente contenuti rispetto alla soglia prevista per il consumo diretto (<1.750 µg/kg).
Differenze evidenti si sono notate tra le aziende; due aziende in particolare hanno presentato valori mediamente più alti rispetto ai limiti previsti per il consumo umano (DON: <1.250 µg/kg), sempre però al di sotto di quanto previsto per utilizzo zootecnico (DON: <8.000 µg/kg). Nelle altre aziende la granella prodotta ha mostrato uno stato sanitario accettabile con l'eccezione dell'azienda Diana nel 2014, (Fig. 10.4).

Figura 10.4 - Contenuti di DON (Deossinivalenolo) e derivati (3- e 15-acetil-Deossinivalenolo) e NIV (Nivalenolo) della granella di mais delle diverse aziende venete nel corso degli anni dal 2014 al 2018.



Per quanto riguarda infine l'analisi sul contenuto di Tricoteceni (T2/HT2) sulla granella di mais, tutti i campioni (conservativa/convenzionale) hanno presentato valori di gran lunga al di sotto dei limiti di legge senza una marcata differenziazione tra la gestione tradizionale e conservativa (Tab. 10.4).

Mediamente il 2014 è stato l'anno che ha presentato valori significativamente più alti di tutti gli altri anni di indagine, dove i valori sono risultati quasi sempre sotto i limiti legislativi, se non nulli come negli anni dal 2016 al 2018.

Tabella 10.4 - Contenuti di Tricoteceni (T2/HT2) della granella di mais negli anni dal 2011 al 2018, nelle diverse aziende e nel confronto tra CONSERVATIVA-CONVENZIONALE.

ANNO	Tricoteceni (T2/HT2) (µg/kg)	Err. std.	Test
2014	44.72	2.46	a
2015	0.34	3.45	b
2016	0	3.02	b
2017	0	4.44	b
2018	0	3.29	b
Analisi della varianza	N	F	P
	44	51.98	0.00

AZIENDA	Tricoteceni (T2/HT2) (µg/kg)	Err. std.	Test
AGR. SANTILARIO	40.83	6.27	a
DIANA	13.94	2.88	a
PASTI	13.55	3.62	a
SASSE	10.99	2.66	a
VALLEVECCHIA	11.40	2.66	a
Analisi della varianza	N	F	P
	44	0.36	0.83

TESI	Tricoteceni (T2/HT2) (µg/kg)	Err. std.	Test
CONV	14.76	1.93	a
CONS	13.22	2.10	a
Analisi della varianza	N	F	P
	44	0.02	0.90

Legenda: N = Numero di casi; F = test F di Fisher; P = Probabilità associata.

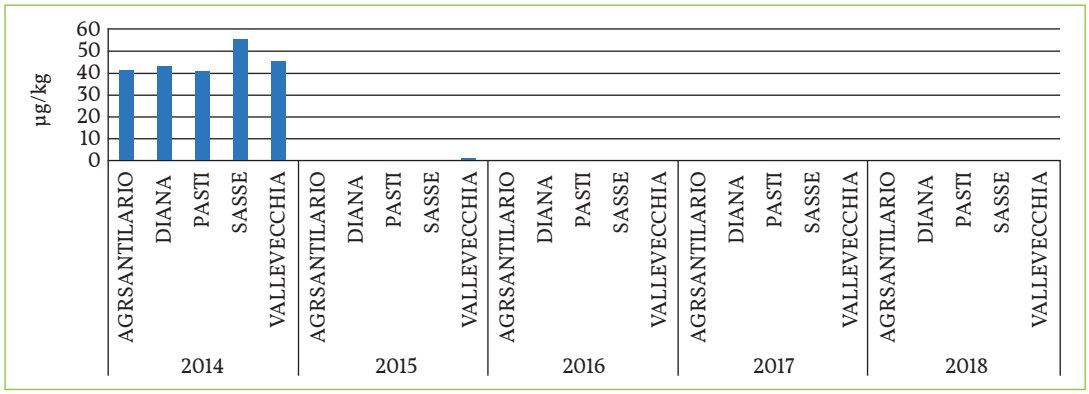


Figura 10.5 - Contenuti di Tricoteceni (T2/HT2) della granella di mais delle diverse aziende venete nel corso degli anni dal 2014 al 2018.

Frumento

I dati di DON (Deossinivalenolo), NIV (Nivalenolo) e Tricoteceni (T2/HT2) relativi ai campi test coltivati a frumento sono riportati nelle tabelle 10.5 e 10.6.

Dall'analisi statistica si evince una notevole differenziazione delle annate di produzione con valori superiori ai limiti previsti per il consumo umano (DON <1.250 µg/kg) preminentemente nell'anno 2013; anche se ai limiti della significatività statistica, i valori della granella del conservativo sono risultati mediamente più alti rispetto al convenzionale (tuttavia i valori di deossinivalenolo risultati superiori ai limiti erano il 10% del totale di analisi, quasi tutti nell'anno 2013 ed equamente distribuiti tra CONV e CONS).

Tabella 10.5 - Contenuti di DON-NIV (Deossinivalenolo + Nivalenolo) della granella di frumento negli anni dal 2011 al 2018, nelle diverse aziende e nel confronto tra CONSERVATIVA-CONVENZIONALE.

ANNO	DON-NIV (µg/kg)	Err. std.	Test
2011	316.52	382.31	b
2012	503.49	298.65	b
2013	1877.88	242.36	a
2014	248.01	242.36	b
2015	435.80	279.21	b
2016	567.94	161.14	b
2017	19.49	298.65	b
2018	99.77	218.18	b
Analisi della varianza	N	F	P
	62	7.934	0.00

AZIENDA	DON-NIV (µg/kg)	Err. std.	Test
AGR. SANTILARIO	274.54	457.54	a
DIANA	224.59	170.15	a
SASSE	395.48	165.83	a
VALLEVECCHIA	823.32	117.53	a
Analisi della varianza	N	F	P
	62	3.451	0.02

TESI	DON-NIV (µg/kg)	Err. std.	Test
CONV	278.54	154.57	a
CONS	580.42	169.91	a
Analisi della varianza	N	F	P
	62	3.677	0.06

Legenda: N = Numero di casi; F = test F di Fisher; P = Probabilità associata.

Tabella 10.6 - Contenuti di Tricoteceni (T2/HT2) della granella di frumento negli anni 2015 e 2016, nelle diverse aziende e nel confronto tra CONSERVATIVA-CONVENZIONALE.

ANNO	Tricoteceni (T2/HT2) (µg/kg)	Err. std.	Test
2015	12.00	2.49	a
2016	4.94	1.61	b
Analisi della varianza	N	F	P
	20	13.92	0.05

AZIENDA	Tricoteceni (T2/HT2) (µg/kg)	Err. std.	Test
AGR. SANTILARIO	0	4.07	b
DIANA	9.27	2.25	ab
SASSE	19.75	2.88	a
VALLEVECCHIA	2.73	2.25	b
Analisi della varianza	N	F	P
	20	12.65	0.01

TESI	Tricoteceni (T2/HT2) (µg/kg)	Err. std.	Test
CONV	5.31	1.79	a
CONS	9.28	2.03	a
Analisi della varianza	N	F	P
	20	2.857	0.12

Legenda: N = Numero di casi; F = test F di Fisher; P = Probabilità associata.

Dai grafici in Fig. 10.6 e Fig. 10.7 si può notare la differenza dei contenuti di DON-NIV e Tricoteceni nelle diverse aziende nel corso degli anni, con un effetto significativo di interazione della Azienda per i Tricoteceni, e dell'anno per entrambi. Per entrambi i casi però non si rilevano differenze significative tra la gestione a sodo e quella convenzionale.

Figura 10.6 - Contenuti di DON-NIV (Deossinivalenolo + Nivalenolo) della granella di FRUMENTO delle diverse aziende venete nel corso degli anni dal 2011 al 2018.

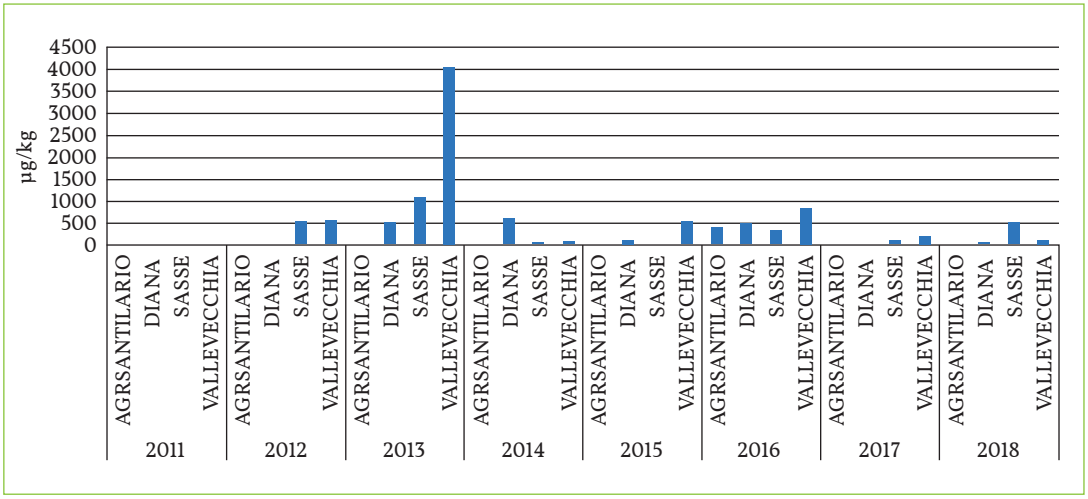
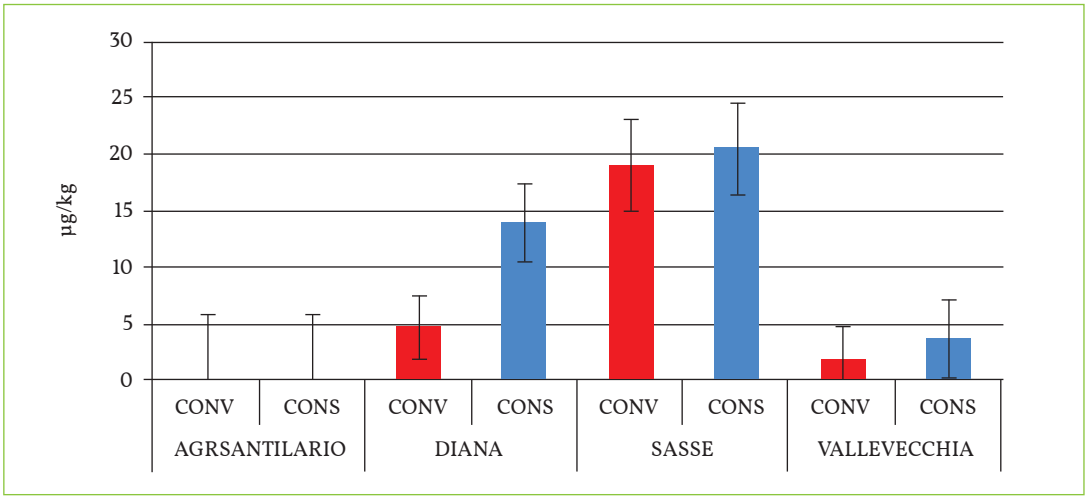


Figura 10.7 - Contenuti di Tricoteceni (T2/HT2) della granella di FRUMENTO delle diverse aziende venete negli anni 2015 e 2016.



Considerazioni finali

In sintesi, la sperimentazione di lungo periodo ha evidenziato che i livelli di micotossine, sia per il mais sia per il frumento, sono principalmente determinati dalle condizioni climatiche della stagione e da quelle pedologico-climatiche dell'azienda o area di produzione. Non vi è stata alcuna tendenza all'aumento dei valori di micotossine della granella sia di mais che di frumento analizzate, causato dalla tecnica conservativa.

I dati a disposizione indicano che per il controllo delle micotossine, le raccomandazioni di continuare a monitorarne la presenza e di applicare le strategie per contenerne lo sviluppo, compreso l'utilizzo di funghi antagonisti quali il Trichoderma, sono potenzialmente valide sia per l'Agricoltura convenzionale sia per quella conservativa.

BIBLIOGRAFIA

Brera C., De Santis B, 2009 - Micotossine: il campione giusto permette analisi precise. L'Informatore Agrario, 32: 15-18.

http://www.lifehelpsoil.eu/download/

SCHEDA 11

EVOLUZIONE E CONTROLLO DELLA FLORA INFESTANTE

L'Agricoltura conservativa comporta importanti benefici ambientali ed economici ma richiede un adeguamento delle tecniche colturali. In particolare la gestione delle infestanti è più complessa in quanto viene meno il controllo meccanico operato dalle lavorazioni del suolo, inoltre i semi delle infestanti non vengono più interrati e si accumulano nello strato superficiale dove è maggiore la probabilità di germinare. Questo comporta un aumento della dipendenza dall'uso di erbicidi, anche per gli interventi di devitalizzazione delle cover crops, determinando quindi un maggiore rischio di evoluzione di resistenza agli erbicidi nelle popolazioni di infestanti presenti, come già osservato in molte aree del mondo. La diffusione di infestanti resistenti agli erbicidi o che manifestano crescenti difficoltà di controllo rappresenta il principale vincolo alla sostenibilità nel tempo dell'Agricoltura conservativa. È quindi cruciale adottare una gestione integrata delle infestanti, basata su strategie razionali di diserbo chimico ma anche sulla gestione accurata delle cover crops, dei residui colturali, sulla scelta di adeguate rotazioni colturali. Questo approccio, una volta raggiunto l'equilibrio del sistema, permetterà di ottenere un controllo ottimale delle infestanti, riducendo la disseminazione e la banca dei semi nel terreno, con ridotto uso di erbicidi.

I risultati sperimentali nelle aziende del Veneto

L'esame floristico delle specie infestanti e il grado di infestazione è stato effettuato secondo il metodo Braun-Blanquet, modificato Barralis. Nel 2014 i monitoraggi presso le aziende sono giunti a produrre delle schede indicanti la composizione floristica infestante, con valori indice di stima di densità media.

Tabella 11.1 - Metodo Braun-Blanquet (mod. Barralis 1976).

Indice Braun-Blanquet mod. Barralis	
+	< 1 piante/m^2
1	0 – 1 piante/m^2
2	1 – 2 piante/m^2
3	3 - 20 piante/m^2
4	21 - 50 piante/m^2
5	>50% piante/m^2

Nel 2015-2016 è continuato il monitoraggio delle erbe infestanti secondo la metodologia acquisita. Dalla scheda rilievo riportata ad ogni controllo aziendale, si è cercato di trarre delle indicazioni attraverso due parametri numerici:

- la percentuale di copertura (% copertura), stimata in modo sintetico ad ogni sopralluogo tecnico;
- l'indicatore di densità (densità), ottenuto dalla procedura di calcolo della media per dati raggruppati in classi e secondo quanto indicato dal metodo Barralis e relativa scala.

I due valori e l'indicazione del numero delle diverse specie rilevate (n = numero di specie) sono quindi stati utilizzati come descrittori per meglio paragonare i campi test con le rispettive tesi in funzione anche delle colture in rotazione (frumento, mais e soia).
Considerando l'incidenza delle infestazioni sulle tre colture nel biennio 2015-2016, di seguito viene proposto un dato aggregato derivante dalla media dei rilievi in tutte le aziende di Veneto Agricoltura: Diana (TV), Sasse Rami (RO), ValleVecchia (VE), per le tre colture: frumento (Figure 11.1, 11.2, 11.3), mais (Figure 11.4, 11.5, 11.6, 11.7, 11.8), soia (Figure 11.9, 11.10, 11.11).

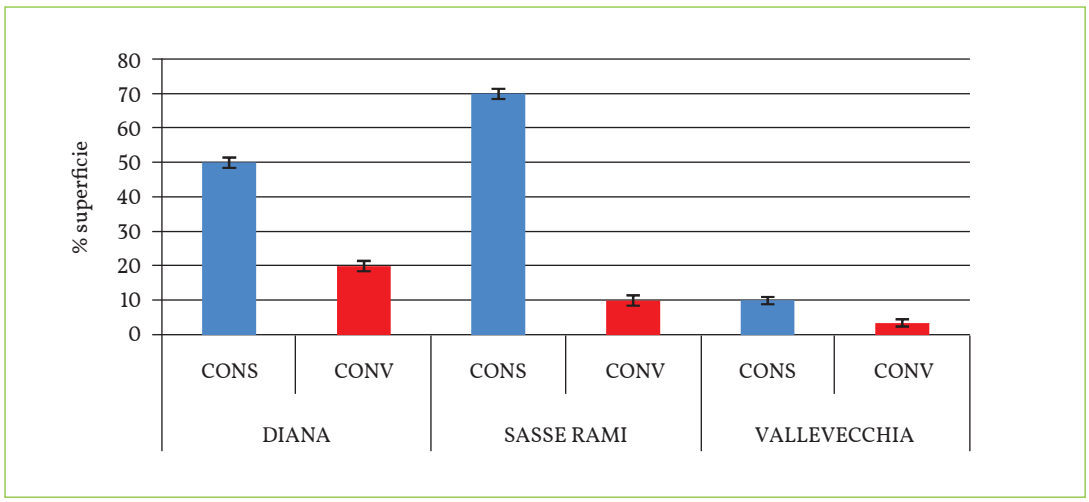


Figura 11.1 - Superficie % media stimata coperta dalle infestanti sul frumento nel biennio 2015-2016 nelle aziende di Veneto Agricoltura.

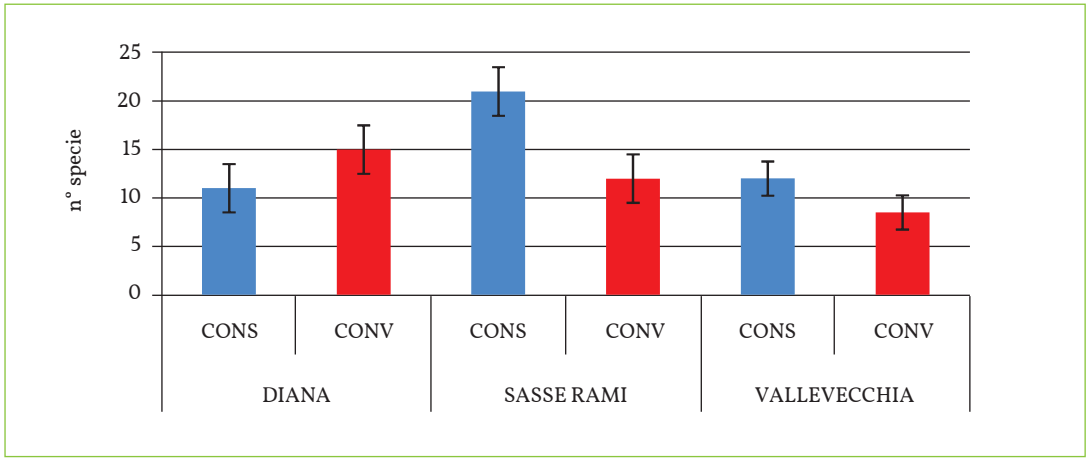


Figura 11.2 - Numero medio di specie infestanti sul frumento nel biennio 2015-2016 nelle aziende di Veneto Agricoltura.

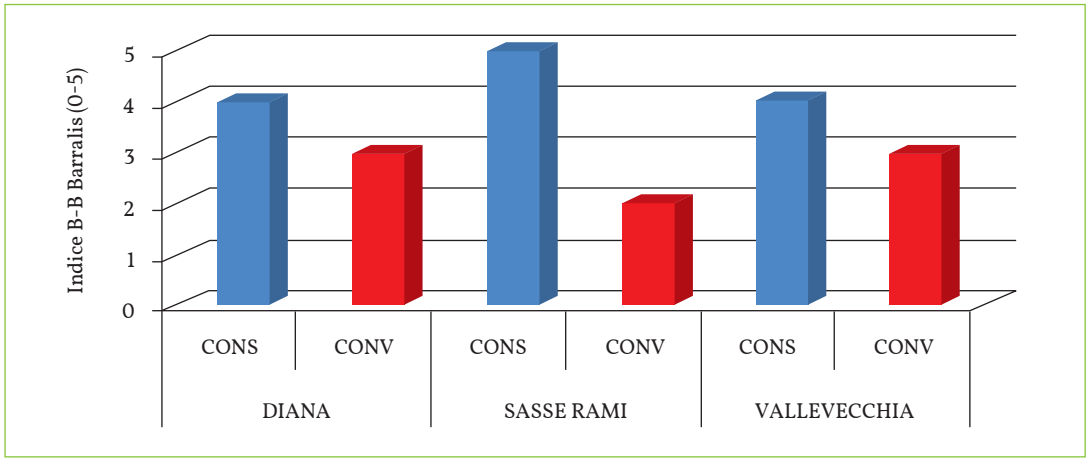


Figura 11.3 - Indice di densità d'infestanti (Braun-Blanquet mod. Barralis) sul frumento nel biennio 2015-2016 nelle aziende di Veneto Agricoltura.

Per il frumento il dato medio sia del numero di specie presenti sia della superficie percentuale coperta dalle infestanti risulta non dissimile statisticamente nelle due forme di gestione, anche se i dati risultano tendenzialmente superiori nel conservativo in entrambi i casi. Per l'indice di densità d'infestanti (B-B Barralis) la gestione conservativa risulta significativamente più alta nel rispetto alla gestione convenzionale (rispettivamente 5 = densità >50 pp/m^2 e 3 = densità compresa tra 3 e 20 pp/m^2).

Figura 11.4 - Superficie % media stimata coperta dalle infestanti sul mais nel biennio 2015-2016 nelle aziende di Veneto Agricoltura.

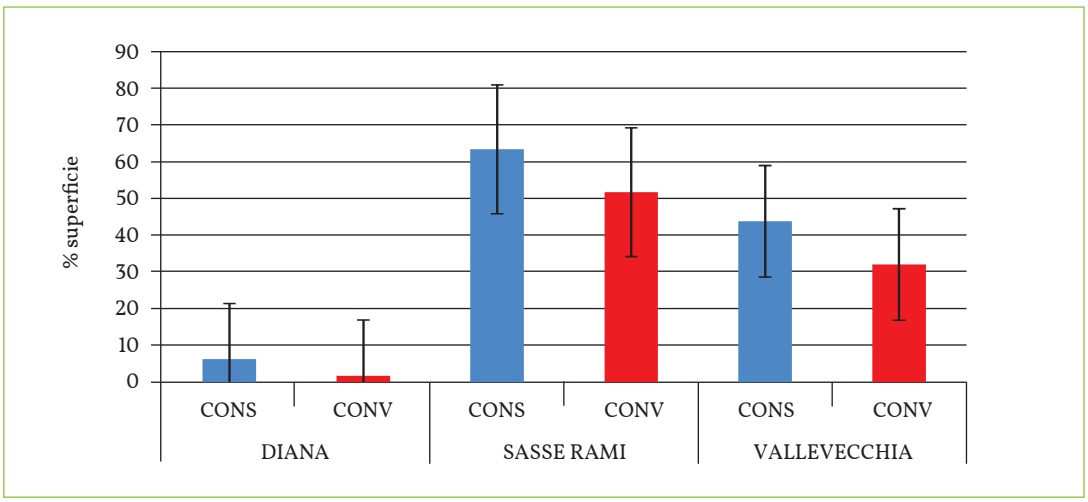


Figura 11.5 - Numero medio di specie infestanti sul mais nel biennio 2015-2016 nelle aziende di Veneto Agricoltura.

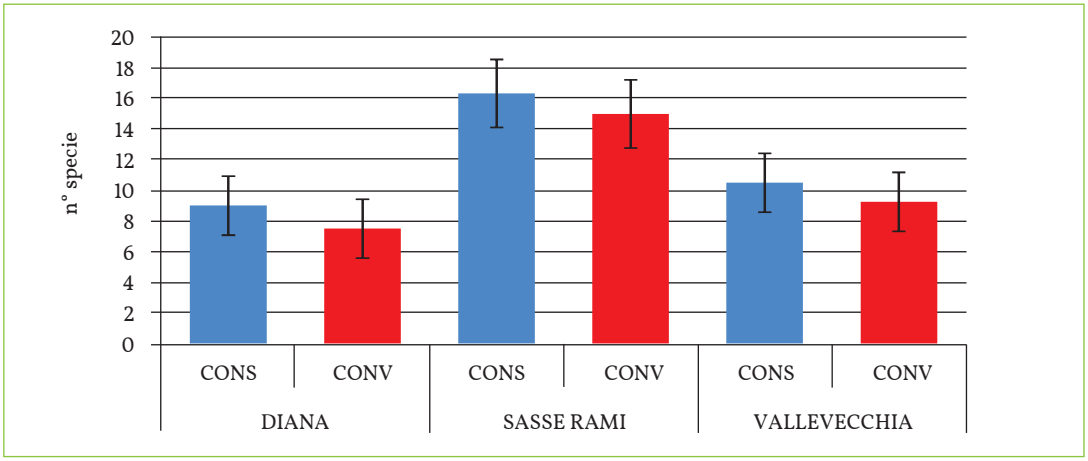
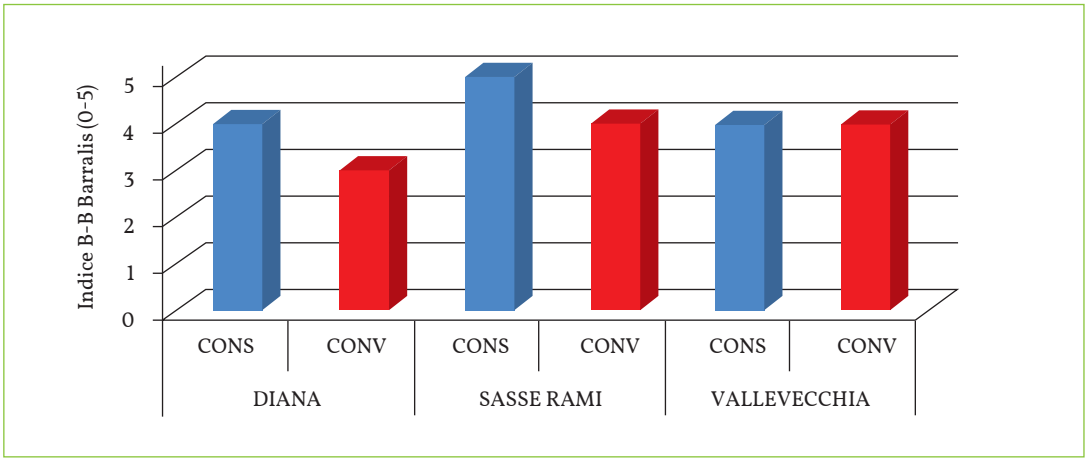


Figura 11.6 - Indice di densità d'infestanti (Braun-Blanquet mod. Barralis) sul mais nel biennio 2015-2016 nelle aziende di Veneto Agricoltura.



Per la coltura del Mais sia il numero di specie, sia l'indice di densità, sia la percentuale di superficie coperta dalle infestanti risultano tendenzialmente superiori nella gestione conservativa rispetto a quella convenzionale, pur senza differenze statisticamente significative (Figure 11.4, 11.6, 11.7). Risultano invece significativamente diversi tra le tre aziende prese in esame tutti i parametri elaborati, con ValleVecchia numericamente intermedia tra SasseRami (incidenza superiore) e Diana (inferiore) Figura 11.7.

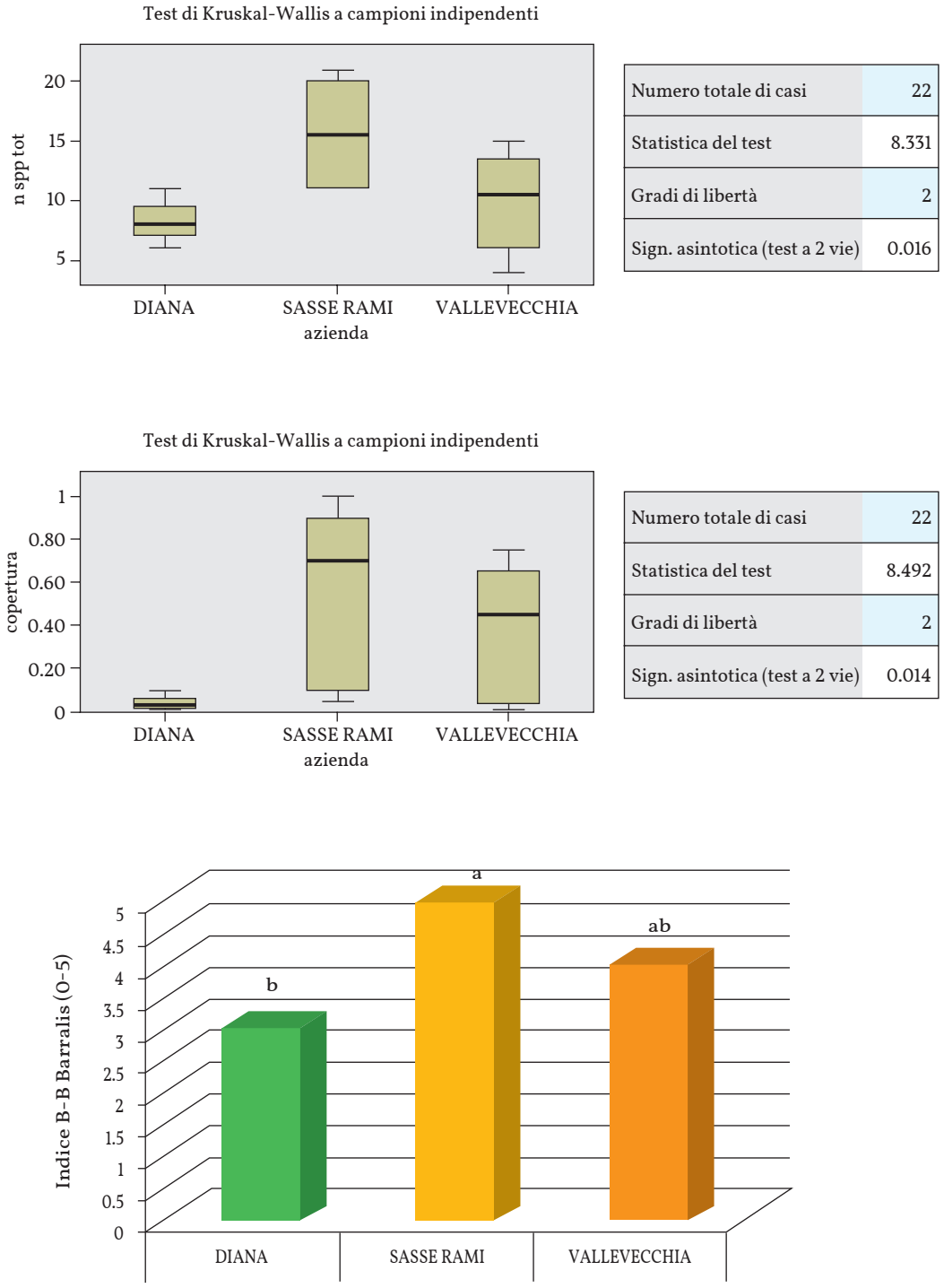


Figura 11.7 - Confronto tra le tre aziende di Veneto Agricoltura per i parametri di valutazione della presenza d'infestanti sul mais.

Per quanto riguarda la soia il numero di specie risulta simile nelle due forme di gestione (Fig. 11.9) mentre la percentuale di copertura (Fig. 11.8) risulta decisamente superiore nella gestione conservativa con una differenza statisticamente significativa tra la media di 44.8% del conservativo e 13.1% del convenzionale.

Figura 11.8 - Superficie % media stimata coperta dalle infestanti sulla soia nel biennio 2015-2016 nelle aziende di Veneto Agricoltura.

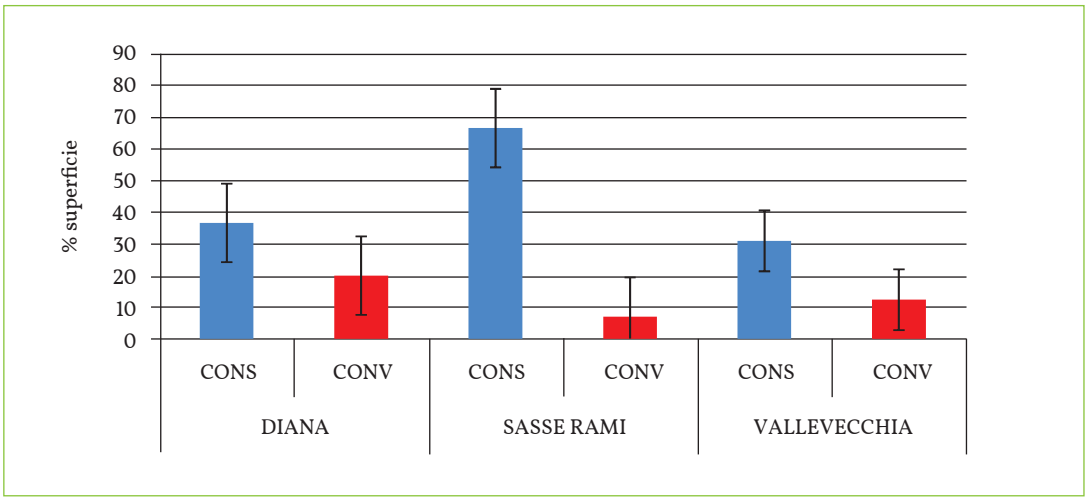


Figura 11.9 - Numero medio di specie infestanti sulla soia nel biennio 2015-2016 nelle aziende di Veneto Agricoltura.

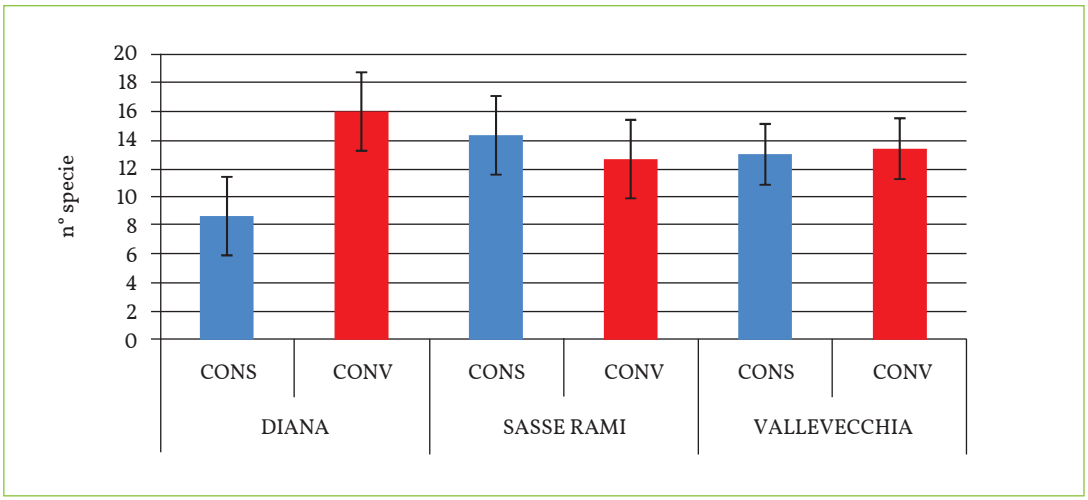
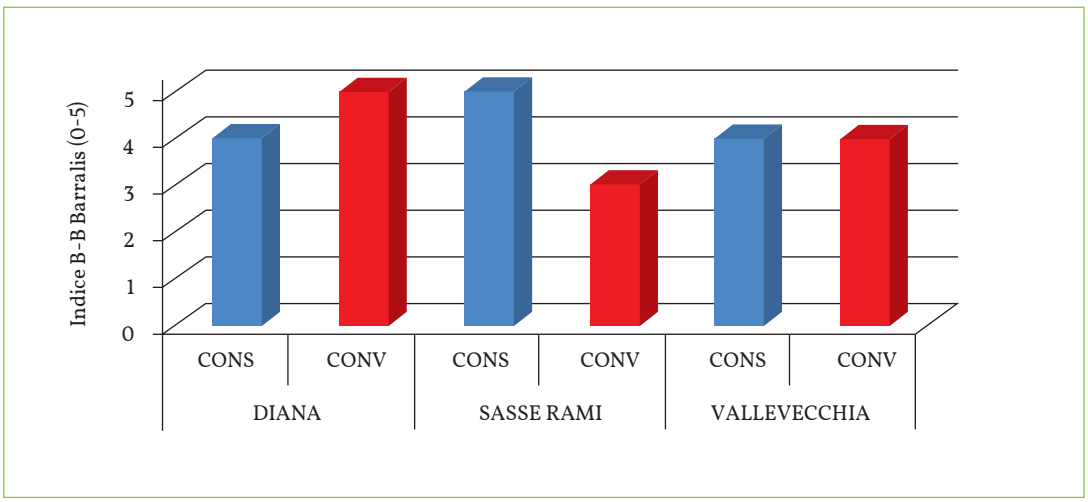


Figura 11.10 - Indice di densità d'infestanti (Braun-Blanquet mod. Barralis) sulla soia nel biennio 2015-2016 nelle aziende di Veneto Agricoltura.



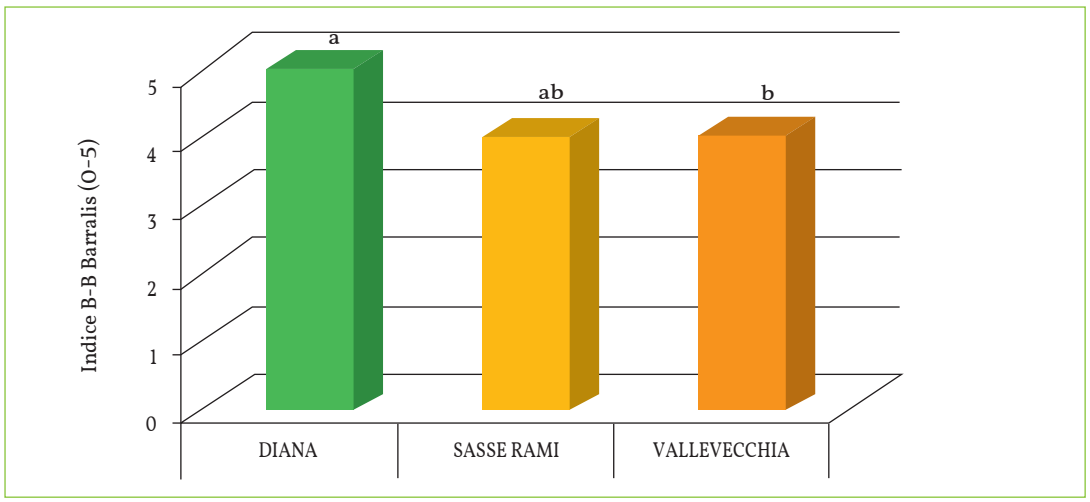


Figura 11.11 - Confronto tra le tre aziende di Veneto Agricoltura della densità d'infestanti (Braun-Blanquet mod. Barralis) sulla soia nel biennio 2015-2016.

Per quel che riguarda l'indice di densità Barralis, le due gestioni non differivano tra di loro mentre tra le tre aziende si sono registrati valori significativamente diversi (Fig. 11.11), maggiori a Diana rispetto a Sasse Rami e ValleVecchia.

Considerazioni finali

In conclusione, dai rilievi eseguiti nei due anni (2015-2016) si nota l'elevata variabilità delle comunità di infestanti tra le diverse aziende e i diversi appezzamenti, anche condotti con analoga gestione.
Nel caso della soia e del frumento, alcuni parametri come la percentuale di copertura, nel primo caso e l'indice di densità nel secondo, sono risultati significativamente più elevati nelle coltivazioni in conservativa rispetto alle convenzionali.
Il numero di specie infestanti non ha invece mostrato un chiaro andamento probabilmente per la variabilità spaziale e temporale insita nelle comunità d'infestanti, dovuta anche alle differenze pedoclimatiche aziendali che hanno spesso reso più accentuata la differenziazione tra aziende piuttosto che tra le diverse gestioni agronomiche.
Tra le problematiche proprie della conservativa c'è tipicamente il rischio di diffusione delle infestanti perennanti che tendono ad aumentare con i regimi sodivi. Tale differenza è più evidente in frumento e soia. In generale si è visto che per affrontare e limitare la diffusione delle infestanti risulta necessario intervenire in modo efficace e tempestivo, e porre particolare attenzione alle situazioni più problematiche.

BIBLIOGRAFIA

Beckie HJ, Hall LM, Meers S, Laslo JJ, Stevenson FC (2004). Management practices influencing herbicide resistance in wild oat. *Weed Technology* 18, 853-859

Beckie HJ, Leeson JY, Thomas G, Hall LM, Brenzil CA (2008). Risk Assessment of weed resistance in the Canadian Prairies. *Weed Technology* 22, 741-746

Chauhan BS, Singh RG, Mahajan G (2012). Ecology and management of weeds under conservation agriculture: a review. *Crop Protection* 38, 57-65

Nichols V, Verhulst N, Cox R, Govaerts B (2015). Weed dynamics and conservation agriculture principles: a review. *Field Crop Research* 183, 56-68

Norsworthy JK, Ward SM, Shaw DR et al (2012). Reducing the risk of herbicide resistance: best management practices and recommendations. *Weed Science* 12, 31-62

Stanton RA, Pratley JE, Hudson D, Dill GM (2008). A risk calculator for glyphosate resistance in *Lolium rigidum* (Gaud.). *Pest Management Science* 64, 402-408

SCHEDA 12

LA BIODIVERSITÀ DEL SUOLO: I LOMBRICHI

I lombrichi sono noti per l'influenza positiva sull'evoluzione della sostanza organica e sulla struttura dei suoli. Svolgono inoltre un ruolo centrale sul funzionamento ecologico degli agro ecosistemi. Le gallerie scavate dai lombrichi permettono una rapida circolazione dell'acqua, assicurano l'areazione in condizioni di alto contenuto idrico e rappresentano la via preferenziale per lo sviluppo delle radici in profondità.
La densità di lombrichi nel suolo e la loro biomassa dipendono dalla quantità di nutrimento disponibile come la sostanza organica e i microrganismi, che a loro volta dipendono dalla quantità e qualità dei residui colturali, dall'utilizzo di cover crops e dalle lavorazioni adottate. Gli Attinomiceti, ad esempio, aumentano di 6-7 volte durante il passaggio del terreno nel tratto intestinale dei lombrichi, ed insieme con altri microrganismi giocano un ruolo importantissimo nella decomposizione della sostanza organica e nella sintesi di humus. Altri organismi, come i funghi micorrizici, giocano invece un ruolo importante nella disponibilità di principi nutritivi, come ad esempio il fosforo, altrimenti immobilizzato nel terreno. Inoltre i microrganismi producono ormoni di crescita e composti che stimolano lo sviluppo radicale, migliorando struttura, aereazione, capacità d'infiltrazione e capacità di ritenzione idrica del suolo, oltre a creare un substrato con minore incidenza di patogeni e malattie delle piante.

Foto 12.1 - Lombrico adulto (clitello evidente) individuato in un'azienda di Veneto Agricoltura con il metodo della vanga-forca.

I lombrichi possono avere una densità fino a tre volte superiore nei terreni a sodo rispetto a quelli con lavorazioni convenzionali. Gli effetti della Agricoltura conservativa sulla struttura del suolo nel medio periodo (mesi/anni), dovuta all'elevata attività dei macroinvertebrati come i lombrichi, può originare una rete di macropori orientati prevalentemente in senso verticale che favoriscono la capacità drenante del suolo in seguito a eventi meteorici intensi.

Per tutti questi motivi i lombrichi sono stati candidati come gruppo adatto a formare un indice sintetico di qualità, grazie a queste tre caratteristiche:

- sono poco mobili e strettamente legati al suolo;
- sono facilmente campionabili con il metodo della vanga-forca e/o con l'uso di sostanze acquose irritanti;
- sono molto sensibili alla gestione del suolo sia per le arature, sia per l'utilizzo di fitofarmaci, fertilizzanti chimici e liquami, rotazioni, pacciamature e compattazione.

I risultati sperimentali nelle aziende del Veneto

Il lavoro svolto ha permesso di individuare specie e numerosità dei lombrichi e la loro suddivisione in classi edafiche, da cui potrebbe derivare il calcolo dell'indice sintetico QBS-e.
Per quanto riguarda la stima della presenza dei lombrichi, i risultati di due anni di campionamento mediante il metodo della vanga-forca nel periodo autunnale, del 2012 e del 2014, ci mostrano in modo inequivocabile una significativa maggior densità di lombrichi per la conservativa rispetto al convenzionale, considerando il numero totale di individui per una zolla di 25 cm di lato (profondità 30 cm) sia degli adulti sia delle forme giovanili (Fig. 12.1).

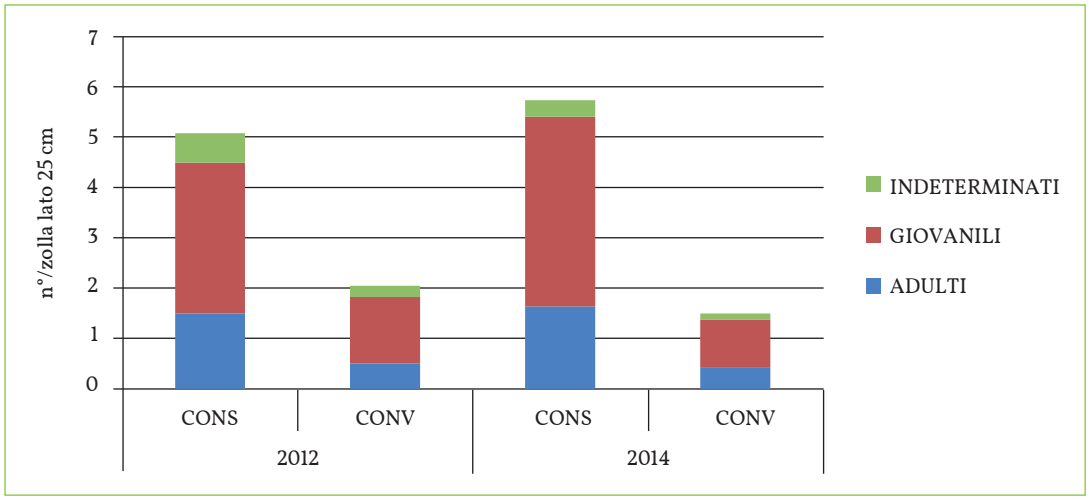


Figura 12.1 - Densità di lombrichi (n°/zolla lato 25 cm) per le diverse gestioni nei due anni di monitoraggio (2012-2014) per le diverse forme e stadi di lombrichi (media delle tre aziende).

Anche le località di campionamento si differenziano notevolmente, mostrando una maggior presenza di lombrichi nell'Azienda Diana rispetto alle altre due, grazie forse anche al maggior numero d'infrastrutture ecologiche presenti al suo interno, come siepi e fasce inerbite (Fig. 12.2).
Le due specie di lombrichi più frequenti in tutte le aziende sono state *Allolobophora caliginosa* e *Allolobophora chlorotica* (Fig. 12.3); in particolare *A. clorotica* ha mostrato una densità significativamente maggiore nei terreni CONS rispetto ai CONV (Fig. 12.4 - sopra), ed in modo differenziato per le diverse aziende (più accentuato a Diana e Sasse Rami); *A. caliginosa* è risultata avere la maggior densità nei terreni a sodo, in modo non differenziato tra le tre aziende (Fig. 12.4 - sotto).

Figura 12.2 - Densità di lombrichi totali: adulti, forme giovanili, indeterminati (n°/zolla lato 25 cm) per le diverse gestioni nelle tre aziende (media dei due anni 2012- 2014).

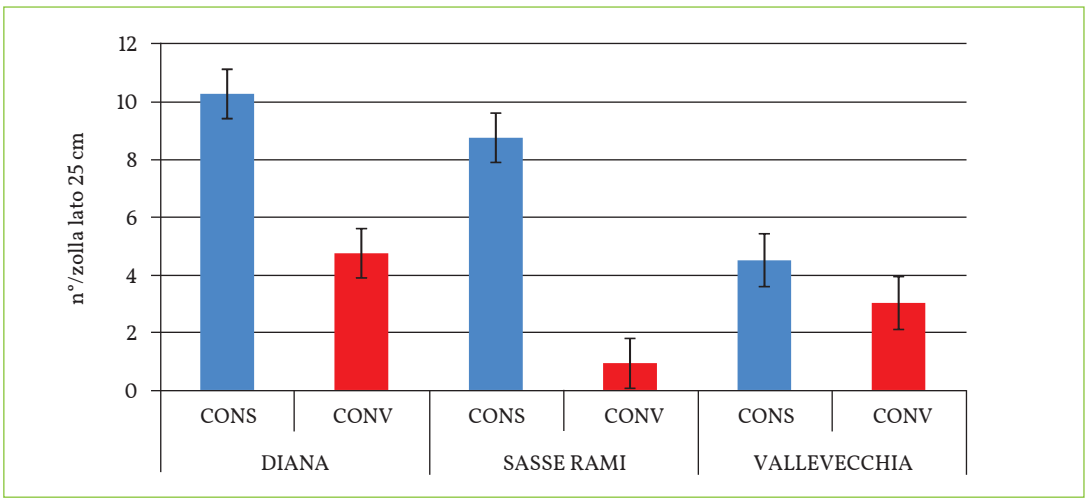
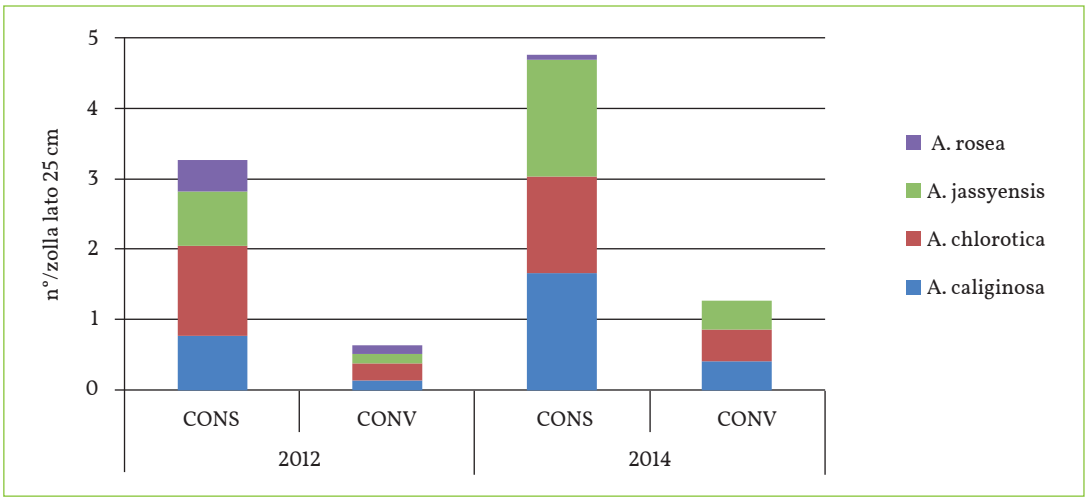


Foto 12.2 - Zolla prelevata con il metodo della Vanga-forca per il successivo conteggio e identificazione delle specie di lombrichi (lombrico adulto in primo piano).

Figura 12.3 - Densità delle specie di lombrichi adulti più frequenti (n°/zolla lato 25 cm) per le diverse gestioni nei due anni di monitoraggio (media delle tre Aziende).



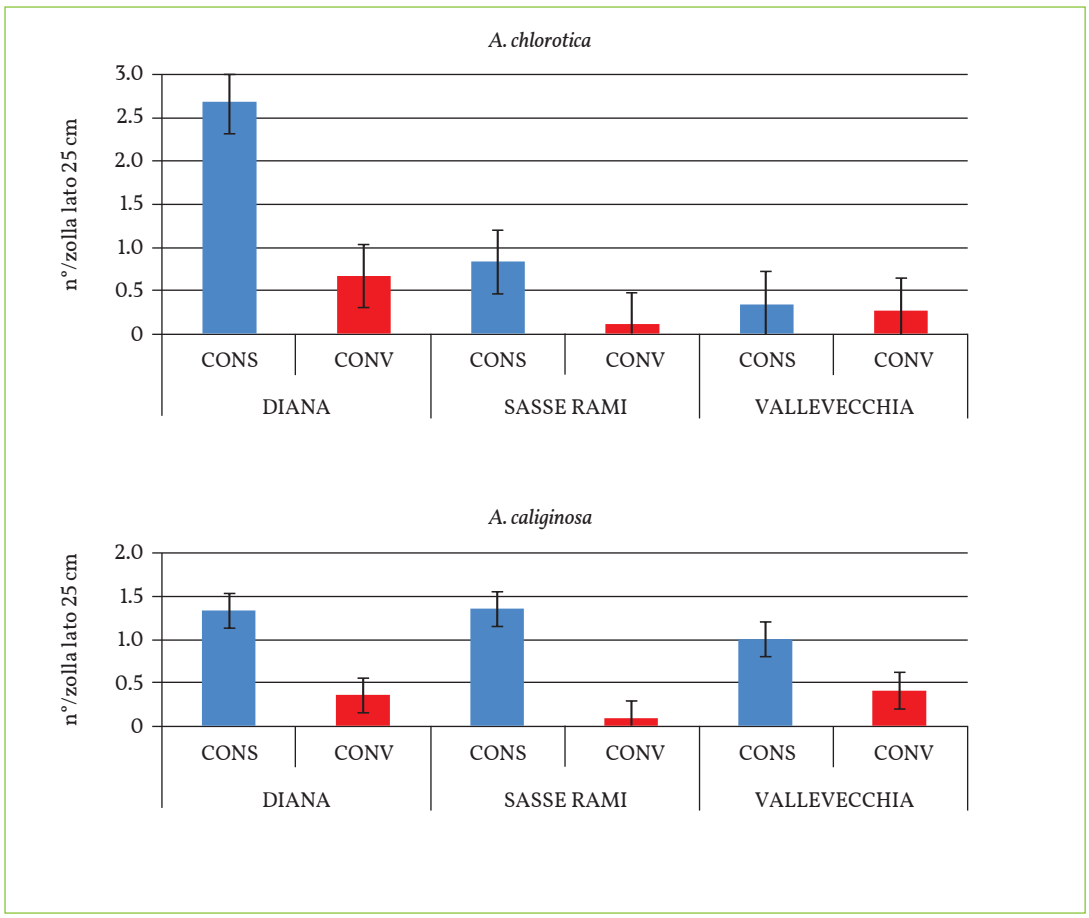


Figura 12.4 - Densità delle due specie (n°/zolla lato 25 cm) di lombrichi adulti più presenti (*A. chlorotica* - sopra e *A. caliginosa* - sotto) per le diverse gestioni nelle tre Aziende (media dei due anni).

Infine, per le aziende del progetto LIFE+ Helpsoil ubicate nel Veneto (5 in tutto, comprendenti le 3 di Veneto Agricoltura oggetto di precedente indagine con il progetto Monitamb 214i) si è confermata una densità molto più accentuata nella conservativa (CONS) rispetto al convenzionale (CONV) (Fig. 12.5), tendenza già registrata a livello globale dove si sono confrontate la gestione conservativa e la convenzionale con lavorazioni classiche come l'aratura.

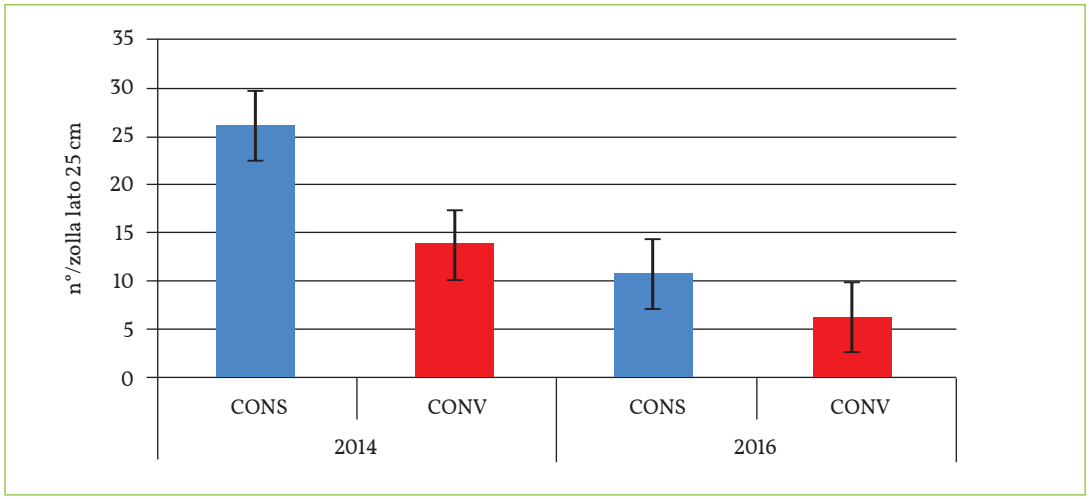


Figura 12.5 - Densità di lombrichi totali (n°/zolla lato 25 cm) per le diverse gestioni nei due anni di monitoraggio del progetto Helpsoil (media delle cinque aziende).

Ringraziamenti

Lo studio basato sulla classificazione tassonomica delle specie appartenenti alla famiglia dei Lumbricidae, è stato effettuato dal Dott. Vladimiro Toniello, anche grazie all'esperienza maturata nell'ambito del gruppo di lavoro del Prof. Maurizio G. Paoletti del Dipartimento di Biologia dell'Università degli Studi di Padova, che ha ideato il software per il riconoscimento delle specie di lombrichi.

BIBLIOGRAFIA

MANUALE DI AUTOVALUTAZIONE DEL SUOLO Life+ Environment Policy and Governance LIFE CarbOnFarm progetto: LIFE12 ENV/IT/000719 www.carbonfarm.eu

Paoletti M.G., Sommaggio D., Fusaro S. 2013. Proposta di Indice di Qualità Biologica del Suolo (QBS-e) basato sui Lombrichi e applicato agli Agroecosistemi. Biologia Ambientale, 27 (2): 25-43.

Paoletti M.G. and Gradenigo C. 1997. Lombri Cd-rom: un programma innovativo per classificare e utilizzare i lombrichi come bioindicatori. *Biologi Italiani*, 27 (5): 10.

VISUAL SOIL ASSESSMENT VSA – Field Guide ISBN 978-92-5-105937-1 © FAO 2008. Annual crops 12-13. http://www.fao.org/docrep/pdf/010/i0007e/i0007E00.pdf

SCHEDA 13

LA BIODIVERSITÀ DEL SUOLO: LA MESOFAUNA

La fauna del suolo è una delle più importanti componenti che garantiscono il buon funzionamento del suolo, agendo sulle caratteristiche fisico-chimiche e biologiche dello stesso attraverso azioni complesse. È caratterizzata da organismi per la maggior parte di ridotte dimensioni, in grado di muoversi tra i micro e macropori presenti nel suolo.

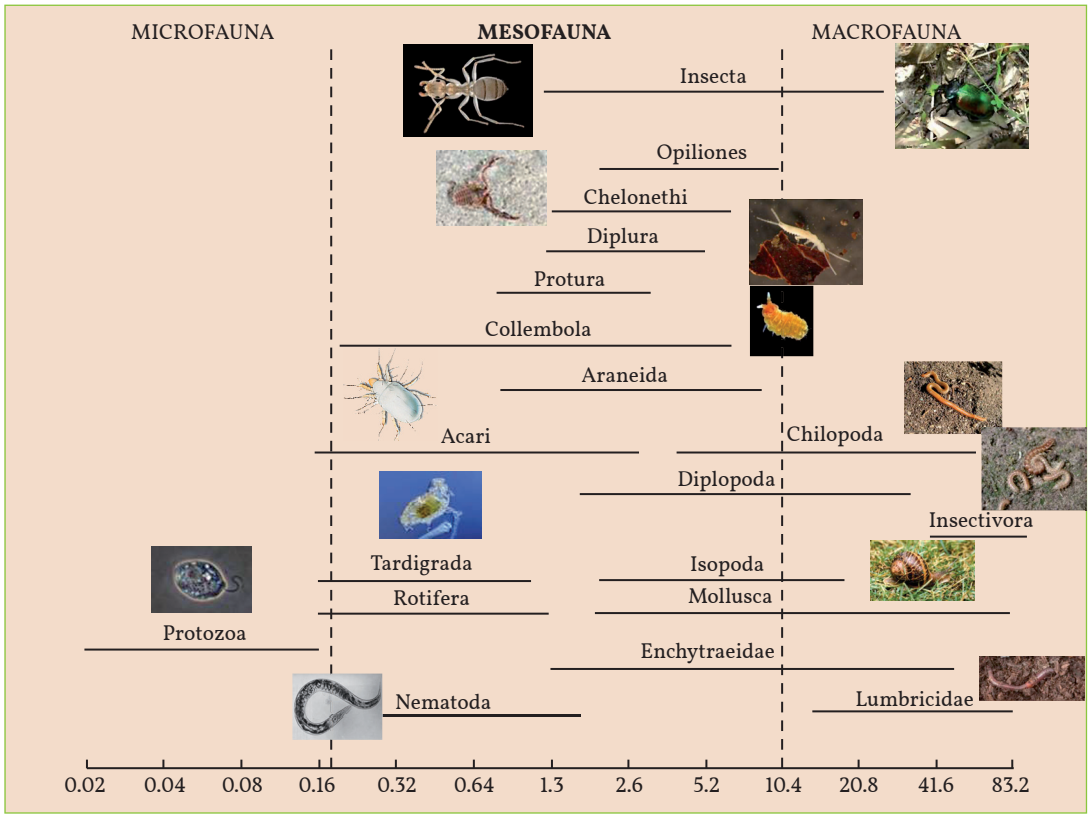


Figura 13.1 - Distribuzione della microfauna, mesofauna e macrofauna nei suoli.

All'interno del suolo acquista un ruolo fondamentale la catena del detrito che diventa la base delle reti trofiche ipogee, dato che molti organismi si nutrono dei detriti vegetali e animali che si depositano sul terreno.
La pedofauna svolge un'azione prevalentemente di tipo meccanico, ma esercita effetti sul suolo anche attraverso la liberazione di secrezioni mucose cutanee, che operano un'azione di cementazione delle particelle minerali, favorendone la stabilità, la struttura e rendendolo meno vulnerabile ai processi di erosione. Inoltre le secrezioni mucose, le deiezioni e il corpo stesso dell'animale apportano parte dei nutrienti presenti nel suolo, in particolare potassio, fosforo e azoto, riducendo il rapporto C/N della lettiera e facilitandone la decomposizione. Infine, gli organismi scavatori favoriscono la creazione di spazi all'interno del suolo con conseguente aumento della sua porosità; l'aumento dei pori tra i conglomerati incrementa a sua volta l'attività batterica aerobia e la conseguente velocità di demolizione della sostanza organica.
L'azione meccanica di spostamento delle particelle di suolo da parte degli organismi che vivono al suo interno ha anche effetti positivi sulla ritenzione idrica, sui processi di percolazione e sullo sviluppo della rizosfera. Inoltre, l'azione degli invertebrati che utilizzano la microflora come fonte alimentare è d'importanza decisiva sia per la regolazione della biomassa e dell'attività della stessa, sia per il processo di diffusione dei microrganismi.
I collemboli, ad esempio, esapodi presenti nel suolo con densità spesso molto elevate, nutrendosi di ife e spore fungine, disperdono quest'ultime attraverso le feci anche a distanza di alcuni metri.

Foto 13.1 - Artropodi estratti da un campione di suolo e fotografati allo stereomicroscopio.

Foto 13.2 - Tipici artropodi presenti nei suoli (rispettivamente Dipluro, Pauropode e Diplopode) fotografati allo stereomicroscopio.

Foto 13.3 - Individui adulti del collembolo *Folsomia candida* fotografati allo stereomicroscopio.

È importante sottolineare che la maggior parte della biodiversità dei sistemi agricoli risiede nel suolo. Le interazioni all'interno della catena alimentare tra gli organismi del suolo hanno profondi effetti sulla qualità delle colture, sull'incidenza di malattie e sulla salute degli organismi stessi.
La fauna del suolo è costituita da organismi particolarmente sensibili ad alterazioni di origine naturale o antropica degli equilibri chimico-fisici che caratterizzano questo ambiente; tali organismi si possono quindi considerare buoni indicatori. Il confinamento all'interno del suolo dei gruppi della mesofauna ha determinato, nel corso dell'evoluzione, l'impossibilità per i gruppi che la compongono di sopravvivere al deterioramento dei fattori edafici o comunque a intervalli e cicli di variazione degli stessi troppo al di fuori delle loro possibilità di tolleranza. Già il semplice calpestio determina un brutale abbassamento della diversità biologica della mesofauna edafica.

Indice *QBS-ar* e Forme Biologiche

L'*Indice di qualità biologica del suolo QBS-ar*, nasce con l'intento di valutare il livello di adattamento della mesofauna (microartropodi) al suolo. Questo indice si basa sul concetto che alla presenza di un elevato numero di gruppi di microartropodi ben adattati al suolo e quindi vulnerabili alle perturbazioni del suolo, corrisponde una buona qualità biologica dello stesso. Operativamente, i microartropodi sono separati in base al criterio delle "Forme Biologiche", con l'intento di dare una valutazione del livello di adattamento alla vita ipogea e di superare, sotto il profilo operativo, le difficoltà dell'analisi tassonomica a livello di specie.
Il *QBS-ar* è quindi un indice sintetico di qualità biologica del suolo e ci permette di valutare gli effetti delle diverse pratiche agronomiche.
Negli anni di sperimentazione della Agricoltura conservativa si è quindi calcolato l'*Indice di qualità biologica del suolo QBS-ar* e, al fine di avere una visione più completa ed esaustiva degli ambienti indagati, nell'ultimo anno di sperimentazione, sono stati contati gli organismi presenti nei campioni per ciascun gruppo (numero di FB).

Il Calcolo dell'Indice QBS-ar e delle Forme Biologiche

Ripartire gli organismi in *"Forme Biologiche"* vuol dire valutare l'adattamento al suolo di ciascun individuo, attraverso l'analisi di quei caratteri che evidenziano il maggior o minor adattamento a questo ambiente estremo, come la perdita di pigmentazione, la riduzione della lunghezza delle appendici o la riduzione o perdita dell'apparato visivo, ecc. Tale ripartizione consente di associare a ogni gruppo tassonomico un valore numerico definito *"Indice Ecomorfologico" (EMI)*: il valore di EMI, compreso tra 1 e 20, è tanto maggiore quanto più elevato è il numero di caratteri morfologici di adattamento al suolo. Per alcuni gruppi sistematici si ha un adattamento alla vita edafica di tutte o quasi tutte le specie; in questo caso si attribuisce un unico valore EMI. Per altri gruppi in cui si riconoscono diversi livelli di adattamento al suolo, si utilizza un *range* di valori indicati nelle tabelle degli EMI. Mediante questa procedura è possibile inoltre ottenere una tabella di presenza/assenza dei diversi gruppi di microartropodi. Se in un gruppo si riconoscono più forme biologiche, per il calcolo del QBS-ar si considera il valore EMI più alto che rappresenta il massimo grado d'adattamento al suolo mostrato dal gruppo per la stazione indagata. Il calcolo del valore di QBS-ar si ottiene sommando i singoli valori di EMI, mentre il numero totale di Forme Biologiche registrate per i diversi gruppi, costituisce un ulteriore indice.

I risultati sperimentali nelle aziende del Veneto

Dai risultati ottenuti nei primi quattro anni di sperimentazione (2011-2014) i diversi trattamenti presentavano valori del tutto paragonabili a quelli generalmente osservati nei campi coltivati, sia in termini di gruppi di microartropodi che di valori di QBS-ar.
Tuttavia, analizzando l'andamento medio delle aziende di Veneto Agricoltura nel corso del quadriennio del progetto MONITAMB 214i, sia i valori di QBS-ar sia quelli di FB della gestione conservativa (CONS) sono risultati sempre più alti o al pari dei rispettivi convenzionali (CONV); inoltre, la maggior parte dei gruppi entomologici ha mostrato risposte positive all'assenza di

lavorazione e all'impiego della copertura permanente, ad eccezione dei gruppi dei collemboli e ditteri che sembrerebbero invece favoriti dalle pratiche convenzionali.
Considerando invece l'andamento nelle cinque aziende del Veneto partecipanti al progetto Helpsoil, i valori medi di QBS-ar ad inizio e fine progetto (2014-2016), sono risultati statisticamente diversi a favore della conservativa (CONS) rispetto al convenzionale (CONV), mentre non si è registrato un trend significativo nell'ambito dei due anni di campionamento.
In definitiva, questi dati sembrano mostrare come la tecnica di gestione conservativa risulti la meno impattante sulla comunità del suolo rispetto a quella convenzionale, anche se i sei anni totali di indagine sarebbero comunque pochi rispetto alle dinamiche di evoluzione della fertilità dei suoli agrari.

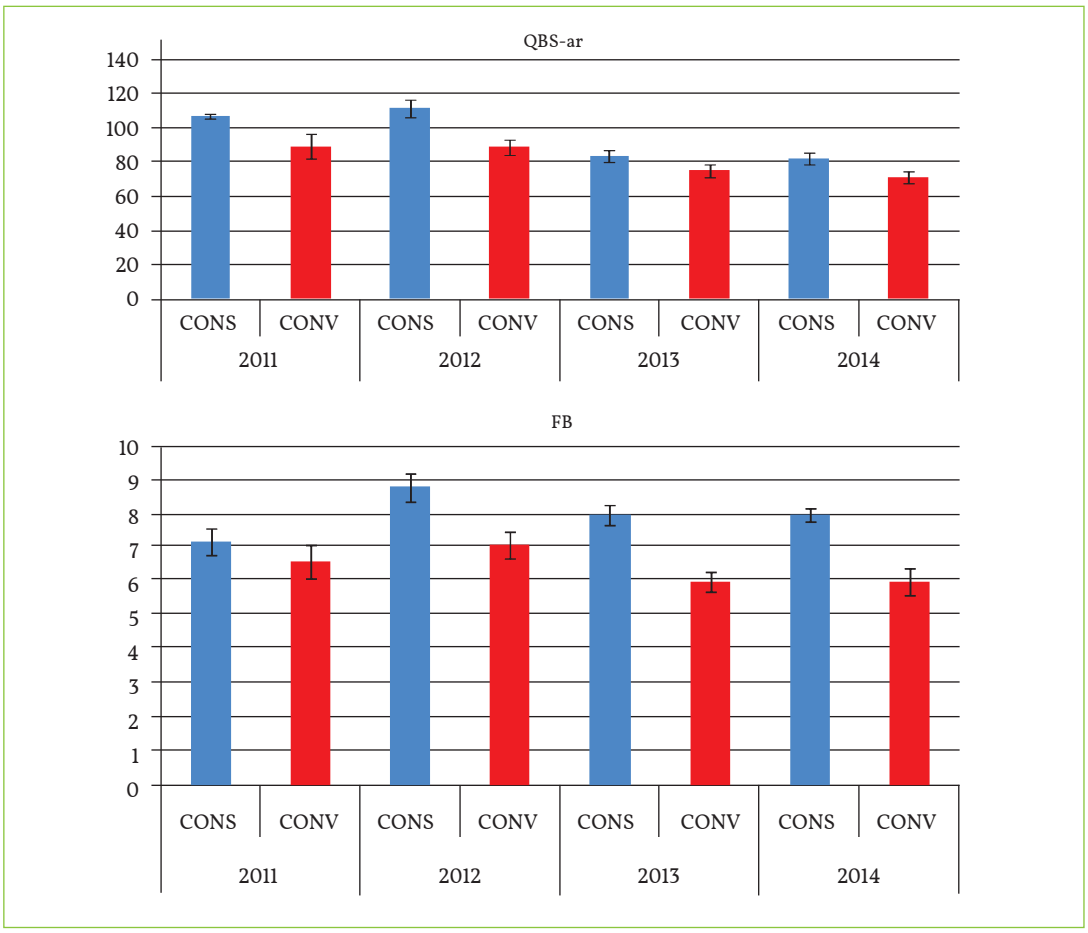


Figura 13.2 - Andamento medio nelle tre aziende di Veneto Agricoltura, dell'indice di Qualità biologica dei suoli (QBS-ar, sopra) e del numero di Forme Biologiche (FB, sotto) negli anni dal 2011 al 2014; confronto tra le gestioni: CONS = conservativa; CONV = convenzionale.

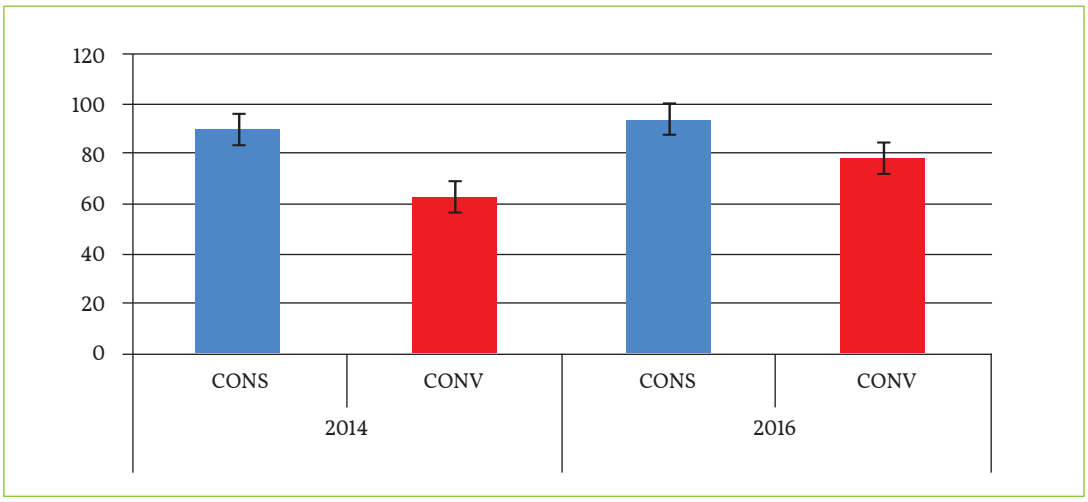


Figura 13.3 - Andamento medio nelle cinque aziende del Veneto partecipanti al progetto HELPSOIL, dell'indice di Qualità biologica dei suoli (QBS-ar) negli anni 2014 e 2016; confronto tra le gestioni: CONS = conservativa; CONV = convenzionale.

BIBLIOGRAFIA

Brussaard L., de Ruiter P.C., Brown G.G., 2007. Soil biodiversity for agricultural sustainability. Agriculture, Ecosystems and Environment, 121. 233-244.

Parisi V., 2001. La qualità biologica del suolo. Un metodo basato sui microartropodi. Acta Naturalia de «L'Ateneo Parmense», 37 (3/4). 105-114.

Parisi V., Menta C., Gardi C., Jacomini C., Mozzanica E. 2005. Microarthropod Communities as a Tool to Assess Soil Quality and Biodiversity: a new Approach in Italy. Agriculture, Ecosystems & Environment 105, p. 323-333.

Menta C., 2008. Guida alla conoscenza della biologia e dell'ecologia del suolo – Funzionalità, degrado, indicatori. Bologna: Alberto Perdisa Editore, p. 1-265, ISBN: 978-88-8372-454-1.

Menta C., Conti F.D., Pinto S., Bodini A., 2018. Soil Biological Quality index (QBS-ar): 15 years of application at global scale. Ecol. Indic. 85, 773-780. DOI: 10.1016/j.ecolind.2017.11.030

Menta C, Bonati B, Staffilani F, Conti FD, 2017. Agriculture Management and Soil Fauna Monitoring: The Case of Emilia-Romagna Region (Italy). Agri Res & Tech: Open Access J. 4(5): 555649. DOI: 10.19080/ARTOAJ.2017.04.555649002

Menta C., Leoni A., Conti F., 2011. Il ruolo della fauna edafica nel mantenimento della funzionalità del suolo. In: La percezione del suolo – atti del workshop, ISBN: 978-88-95315-11-9, Palermo.

SCHEDA 14

LA BIODIVERSITÀ DEL SUOLO: IL MICROBIOTA E GLI ENZIMI

In questa scheda vengono descritte le risposte che la gestione Conservativa determina su tre indicatori di qualità del suolo: il Carbonio e l'Azoto della biomassa microbica e l'attività enzimatica, evidenziando i dati sperimentali acquisiti nelle rilevazioni registrate negli anni 2012, 2013 e 2014 in tre aziende e nelle situazioni di Agricoltura conservativa e convenzionale.

Il Carbonio della biomassa microbica

Il carbonio della biomassa microbica è una delle componenti del suolo più comunemente utilizzate in letteratura per la stima della qualità del suolo. Malgrado la biomassa microbica di solito componga meno del 5% della sostanza organica, essa ha molte funzioni critiche nell'ecosistema suolo.

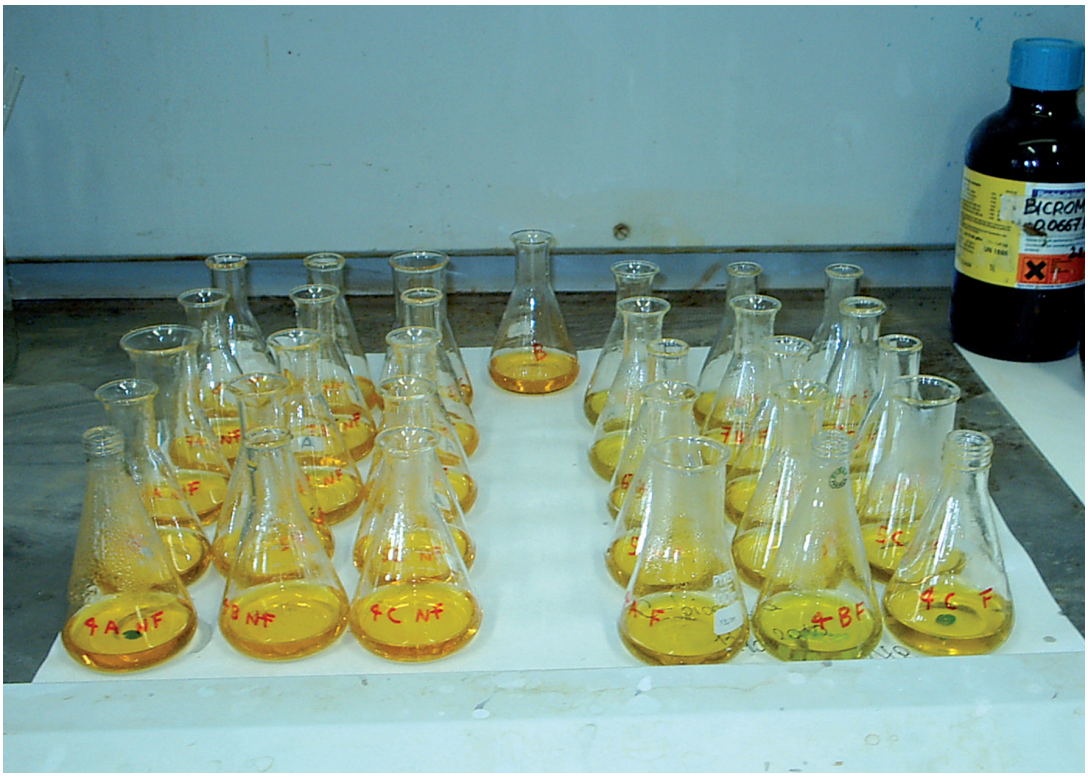


Foto 14.1 - Per quantificare la biomassa microbica del suolo è stato adottato il metodo della fumigazione-estrazione secondo Sparling e West (1988).

L'Agricoltura conservativa è in grado di aumentare la biomassa microbica del suolo. Questo effetto è correlato con l'aumento di sostanza organica del suolo che fornisce carbonio per lo sviluppo dei microrganismi. Si tratta di un fenomeno che si evidenzia nel lungo periodo, ed è fortemente condizionato dagli andamenti stagionali e climatici.

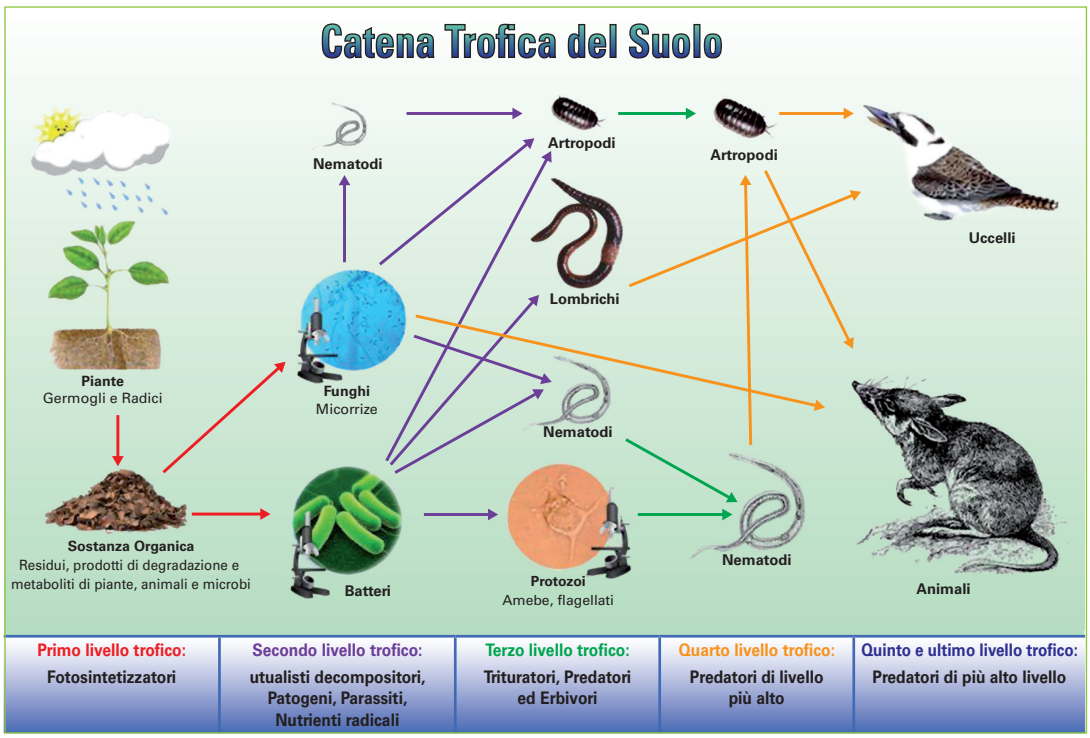
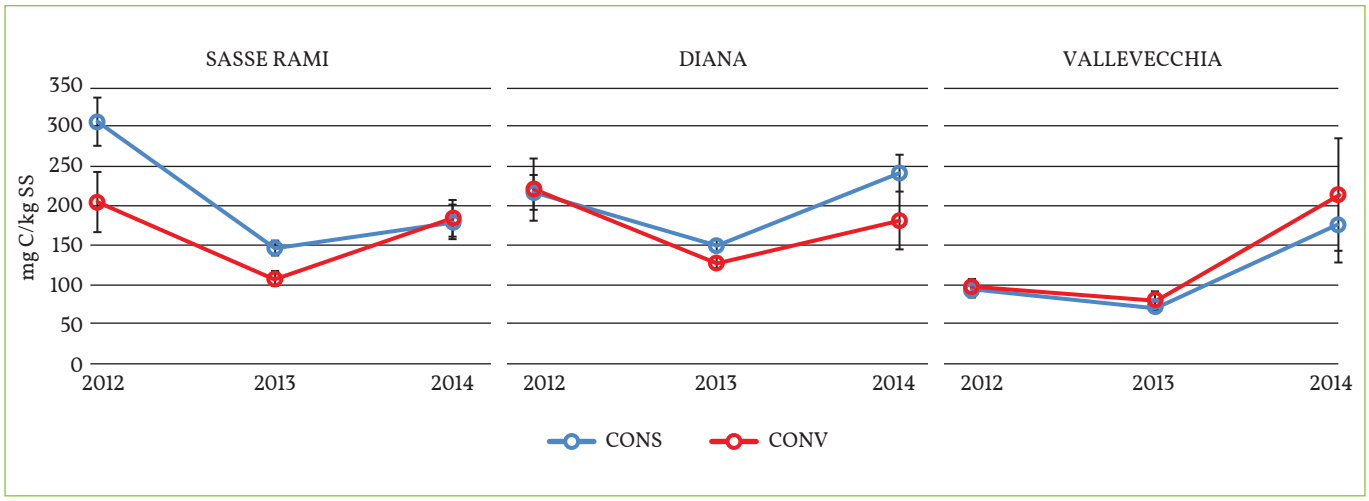


Figura 14.1 - La catena trofica legata al suolo. Fonte: http://patrickwhitefield.co.uk/soil-fertility-factors/1-web-2/

I risultati sperimentali nelle aziende di Veneto Agricoltura

Considerando nel complesso i dati rilevati nelle tre aziende nei tre anni, non si evidenzia un effetto significativo della diversa gestione, mentre appare un sensibile calo del parametro carbonio della biomassa nell'anno 2013 (Fig. 14.2).

Figura 14.2 - Media ± errore standard del contenuto di carbonio microbico dei suoli (mg C/kg suolo secco).



Per quanto riguarda il confronto tra Agricoltura conservativa (CONS) e convenzionale (CONV) nelle diverse aziende, quella di Sasse Rami è l'unica a mostrare un significativo contenuto di carbonio microbico nella gestione conservativa. Questo conferma come le differenti condizioni edafiche presenti nelle tre aziende influenzino le risposte al cambiamento di gestione agronomica. Ciò potrebbe essere la risultante della diversa localizzazione delle tre aziende che influenza i fenomeni di accumulo e degradazione della biomassa in funzione delle condizioni di microclima e delle diverse caratteristiche pedologiche, in particolare la tessitura dei suoli. Inoltre potrebbe essere un effetto delle diverse conduzioni dei suoli nelle tre aziende antecedenti l'inizio della prova.

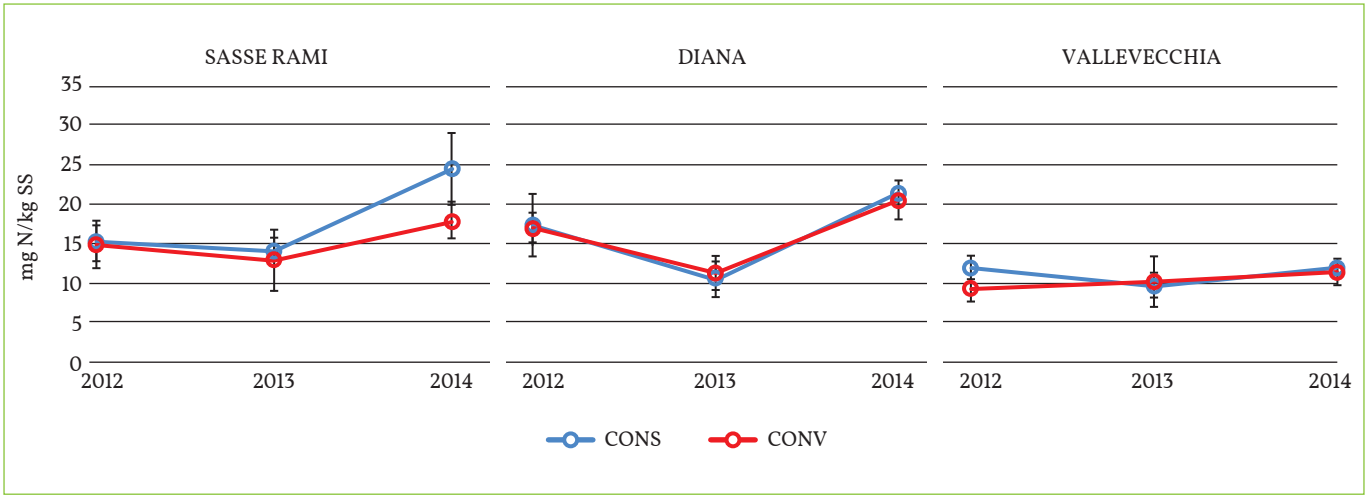
L'Azoto della biomassa microbica

Il tempo di turnover dell'azoto immobilizzato nella biomassa microbica è circa dieci volte più rapido di quello che deriva dai tessuti vegetali. La determinazione dell'azoto microbico è quindi importante per la quantificazione delle dinamiche dell'azoto negli agro-ecosistemi poiché controlla la disponibilità e la perdita di azoto inorganico nel suolo.

I risultati sperimentali nelle aziende di Veneto Agricoltura

I suoli analizzati nelle aziende di Veneto Agricoltura non mostrano differenze statisticamente significative in termini di contenuto di azoto microbico tra i suoli sottoposti alla diversa gestione agronomica, mentre appare sensibile un calo del parametro azoto della biomassa nell'anno 2013 per entrambe le gestioni (Fig. 14.3).

Figura 14.3 - Media ± errore standard del contenuto di azoto microbico dei suoli (mg N/kg suolo secco).



I suoli di Sasse Rami mostrano un aumento in azoto della biomassa, nell'ultimo anno di rilievo, dei campioni gestiti in conservativa, mentre i valori di Diana seguono un andamento simile a quello del carbonio della biomassa con un calo nell'anno 2013 rispetto gli altri due anni; l'azienda ValleVecchia mostra invece valori nel complesso più bassi rispetto alle altre aziende. Anche il contenuto di azoto della biomassa risulta quindi rispondere in maniera diversa alla gestione agronomica nelle tre aziende prese in esame.

Attività enzimatiche

L'attività degli enzimi edafici si può considerare un sensibile e precoce indicatore nella determinazione del grado di degradazione del suolo sia in habitat naturali sia negli agro-ecosistemi, e risulta adatto a misurare l'impatto dell'inquinamento sulla qualità del suolo.
Il sistema di rilevazione adottato prevede che il suolo venga messo a contatto con un substrato che subisce l'attacco dell'enzima oggetto di studio, il quale libera un reagente in grado di essere rilevato per via spettrofotometrica.
L'attività degli enzimi del suolo in genere aumenta nelle condizioni di Agricoltura conservativa, in condizioni di accumulo di sostanza organica e maggiore biomassa microbica. Questo indice è altresì fortemente influenzato dalle condizioni climatiche, soprattutto in area mediterranea, con periodi di scarse piogge che riducono l'umidità edafica.

Foto 14.2 - Rilevazione del contenuto di Fluoresceina Diacetato Idrolasi (FDA, metodo Adam and Duncan, 2001), e di β-glucosidasi (metodo Eivazi and Tabatabai, 1988).

I risultati sperimentali nelle aziende pilota di Veneto Agricoltura

Poiché l'azienda risulta un parametro discriminante per le attività enzimatiche i dati sono stati analizzati separatamente nelle tre località (Fig. 14.4).

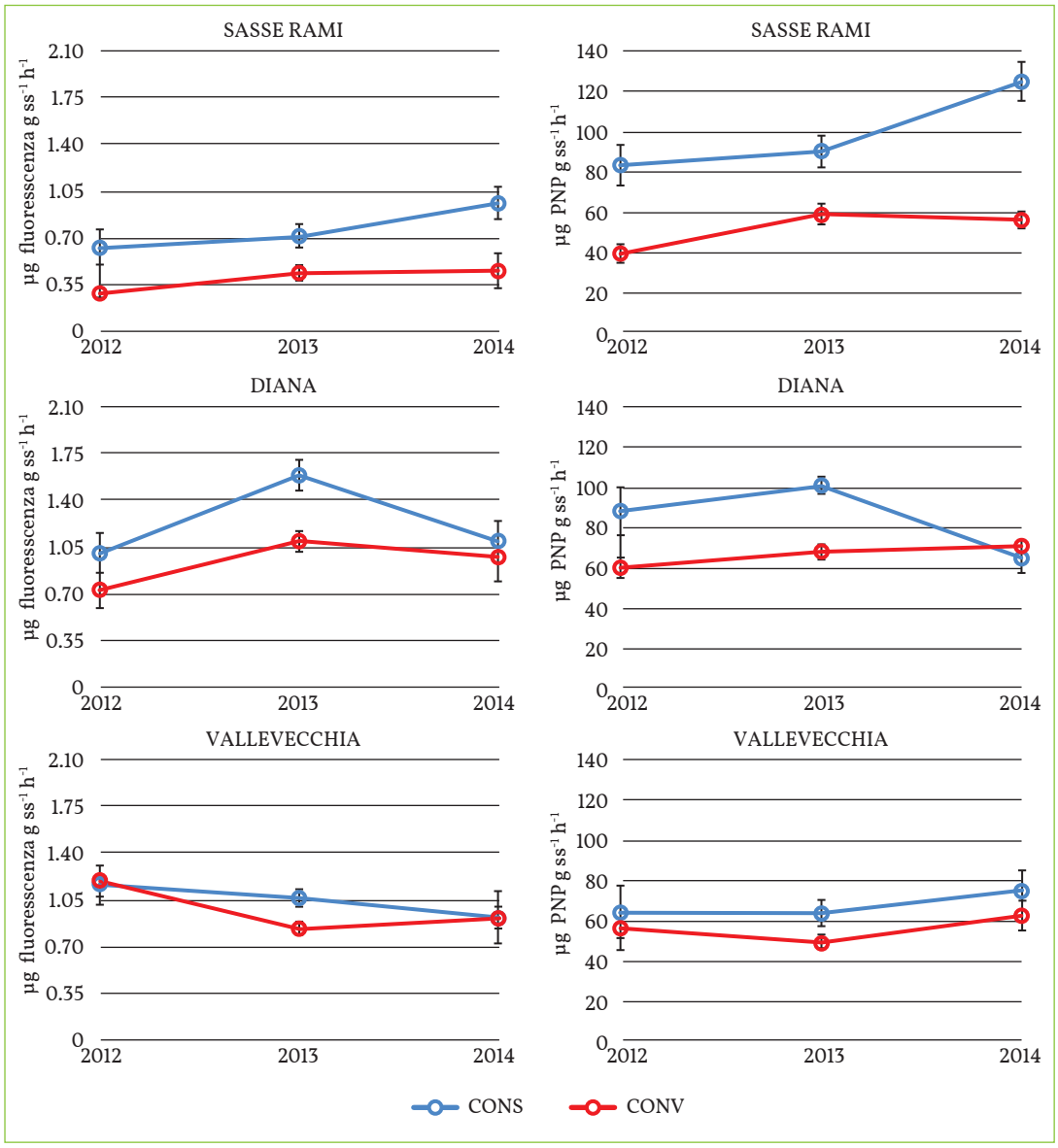


Figura 14. 4 - Media ± errore standard del contenuto di PNP (µg g ss^{-1} h^{-1}) per β-Glucosidasi (destra); contenuto di fluoresceina (µg g ss^{-1} h^{-1}) per FDA (sinistra).

L'azienda Sasse Rami mostra differenze significative per entrambe le attività enzimatiche nei tre anni, con valori mediamente maggiori per la conservativa rispetto al convenzionale e un andamento tendenzialmente crescente nei tre anni (Fig. 14.4). Anche per l'azienda Diana il cambiamento di gestione induce differenze significative per entrambe le attività, con la conservativa che registra valori mediamente più alti del convenzionale. Infine, la gestione conservativa non modifica in modo significativo le medie delle attività enzimatiche nell'azienda ValleVecchia anche se i valori sono, per entrambe le attività, tendenzialmente superiori nella gestione conservativa, come per gli altri due siti.

Considerazioni finali

Le aziende considerate sono caratterizzate da condizioni edafiche differenti, che influenzano la risposta dei parametri delle attività enzimatiche alle due gestioni, confermando il fatto che il suolo risponde in maniera diversa alle pratiche gestionali a seconda delle sue caratteristiche intrinseche e dell'ambiente circostante. Nel nostro caso di studio i suoli dell'azienda Sasse Rami si trovano in una condizione pedoclimatica che permetta una risposta in termini di fertilità biologica anche nel breve periodo, già dopo il primo anno di adozione della misura, poi confermata negli anni successivi. I suoli dell'azienda ValleVecchia risultano rispondere invece in tempi più lunghi. Generalmente, nei primi anni di cambio della gestione verso l'Agricoltura conservativa è stato spesso riportato un calo nella fertilità edafica. Nelle aziende Diana e ValleVecchia i suoli sottoposti alla conservativa mostravano valori maggiori dei rispettivi convenzionali, indicando un miglioramento delle condizioni biologiche dei suoli già alla fine del secondo anno di applicazione della misura (2013). Infine, i dati di attività enzimatiche sono spesso correlabili con i valori di carbonio organico del suolo. Nel caso allo studio l'andamento riscontrato nei contenuti di carbonio organico, con valori medi più elevati nelle tesi a gestione conservativa, appare in linea con i risultati delle attività enzimatiche.

BIBLIOGRAFIA

Andrews S.S., Karlen D.L., and Cambardella C.A., 2004. The soil management assessment framework: A quantitative soil quality evaluation method. Soil Sci Soc Am J 68(6):1945-1962.

COMAGRI, 2007-2009. Sustainable agriculture and soil conservation.

Gil-Sotres F., Trasar-Cepeda C., Leiròs M.C., and Seoane S., 2005. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. Soil Biology and Biochemistry 37(5):877-887.

Jimenez M.D., de la Horra A.M., Pruzzo L., and Palma R.M., 2002. Soil quality: a new index based on microbiological and biochemical parameters. Biol Fert Soils 35(4): 302-306.

Moore J.M., Klose S., and Tabatabai M.A., 2000. Soil microbial biomass carbon and nitrogen as affected by cropping systems. Biology and Fertility of Soils 31(3-4):200-210.

Nannipieri P., Kandeler E., and Ruggiero P., 2002. Enzyme activities and microbiological and biochemical processes in soil. In: Burns R.G., and Dick R.P., editors. Enzymes in the Environment Marcel Dekker. New York. p 1-34.

Smith J.L., and Paul E.A., 1990. The significance of soil microbial biomass estimations. In: Bollag J.M., and Stotzky G. S., editors. Soil Biochemistry. New York: Marcel Dekker. p 357-396.

Trasar-Cepeda C., LLeiro's M., Seoane S., and Gil-Sotres F., 2000. Limitation of soil enzymes as indicators of soil pollution. Soil Biology and Biochemistry 32:1867-1875.

PARTE SECONDA

LA GESTIONE DEI TERRENI IN AGRICOLTURA CONSERVATIVA

SCHEDA 15

LE MACCHINE PER LA SEMINA E LA RACCOLTA

In Agricoltura conservativa in generale, e ancor più nel regime di non-lavorazione, tutta la tecnica colturale (a partire dalla scelta della coltura, dalla gestione dei residui colturali e dalla modalità di raccolta) deve considerare, con estrema attenzione, soluzioni che riducano il più possibile il compattamento del terreno. Le macchine che entrano in campo devono avere caratteristiche ed essere impiegate in momenti tali da ridurre questo fenomeno.

Semina su terreno sodo

Le seminatrici da sodo sono sostanzialmente diverse da quelle convenzionali perché, oltre a creare un ambiente ottimale per la germinazione del seme, devono anche permettere:

- di rompere il terreno solamente nella zona interessata al solco di semina;
- di non disturbare la rimanente parte del terreno anche in termini di calpestamento;
- di tagliare efficacemente i residui della coltura precedente lasciando la grande massa di residui indisturbata in superficie.

Per questo, rispetto alle seminatrici convenzionali, le seminatrici da sodo sono macchine molto più pesanti e ingombranti e necessitano di trattrici di maggior potenza a parità di capacità di lavoro.

La peculiarità di queste attrezzature consta nella dotazione di:

- organi lavoranti specifici per la preparazione della fila e gestione dei residui colturali (deviazione, taglio, incorporazione);
- organi assolcatori;
- organi chiudi solco;
- organi di compressione.

Organi lavoranti specifici per la preparazione della fila e gestione dei residui colturali

Lo spostamento parziale dei residui colturali avviene ad opera di dischi stellati variabilmente inclinati rispetto all'avanzamento; sono seguiti da un disco di tipologie diverse (liscio, dentato e ondulato) che taglia il residuo rimanente, esercitando una forza peso pari a 100-200 kg e producendo una minima lavorazione sulla linea di semina, adeguandosi alla tipologia di terreno.

Organi assolcatori

Sono responsabili della creazione del solco e della deposizione del seme alla giusta profondità. Esistono tre tipologie di assolcatori: a dente, a dischi e sottosuperficiali. I più utilizzati, in quanto anche più versatili, sono gli assolcatori a dischi perché si adattano a qualsiasi esigenza e situazione di terreno. Tuttavia le macchine che adottano questo tipo di assolcatore sono molto pesanti e più indicate su terreni pesanti e difficili. In terreni invece ben livellati e/o ricchi di scheletro possono essere consigliate perlopiù macchine dotate di assolcatori a denti, che sono più semplici ed economiche. L'assolcatore sottosuperficiale, un'evoluzione dell'organo assolcatore a denti, esegue anche un taglio orizzontale posizionando il seme non a contatto dei residui colturali.

Organi di compressione

Tale organo riveste una funzione importantissima nei confronti della copertura del seme e della aderenza dello stesso con il terreno. Questo ai fini di una rapida idratazione, requisito indispensabile per ottenere una omogenea germinazione ed una emergenza regolare delle plantule di tutte le colture agrarie. La coltura che maggiormente necessita di una perfetta chiusura del solco di semina è il mais, le cui sementi possono essere altrimenti facile preda della fauna. Generalmente gli organi che esercitano la chiusura e la compressione del terreno possono essere distinti per ciascuna operazione o riuniti in un unico dispositivo, il cui carico sul terreno è regolato da una molla.

Foto 15.1 - Seminatrice pneumatica per la semina su sodo.

Macchine per la raccolta

A valle delle operazioni di semina, per completare e mantenere la buona struttura dei terreni in regime di non lavorazione, riveste una particolare importanza la raccolta che viene eseguita mediante il ricorso a moderne mietitrebbie opportunamente allestite, ai fini di ridurre il compattamento del terreno e distribuire i residui colturali.

Soprattutto nella raccolta dei cereali, la macchina da raccolta deve provvedere alla corretta distribuzione delle paglie e delle pule in uscita, in modo da non creare uno strato troppo spesso di biomassa che costituirebbe un ostacolo alla corretta deposizione del seme in regime di non lavorazione del terreno. Sono così consigliati dispositivi spargipaglia e spargipula installati nella parte posteriore delle mietitrebbiatrici.

Le mietitrebbie moderne dotate di pneumatici a bassa pressione o cingolati in gomma sono fondamentali in regime di non lavorazione e sempre consigliate in quanto i loro effetti positivi possono essere generalizzati anche a tutte le altre tecniche di coltivazione, compresa la convenzionale.

Infatti, un pneumatico a larga sezione prevede pressioni di gonfiaggio molto ridotte perché aumenta la superficie di contatto con il suolo con una pressione su quest'ultimo di 0.8 bar, praticamente più che dimezzata rispetto a quella prodotta da un pneumatico standard pari a 1.7 bar.

La cingolatura gommata permette di aumentare ulteriormente la superficie di contatto con il terreno con una pressione di 0.5 bar, paragonabile a quella esercitata da una persona che cammina sul suolo.

Alla luce di tali considerazioni questi tipi di gommatura possono essere indicati anche quando la capacità portante del terreno risulta piuttosto bassa.

Oltre ad intervenire sulle macchine da raccolta, la riduzione del compattamento può essere perseguita con tecniche volte a limitare il traffico di veicoli sul terreno adottando opportune modalità operative come ad esempio: l'adozione del traffico controllato o di corsie di traffico in occasione degli interventi di concimazione e difesa, la scelta del momento ottimale e la tempestività di intervento, l'organizzazione dei cantieri di trasporto. Inoltre altre pratiche agronomiche sono consigliate in quanto tendono a prevenire il fenomeno: introduzione delle cover

crop, corretta gestione dei residui colturali, fertilizzazione organica, introduzione di opportune colture miglioratrici nella rotazione. Un importante contributo in tal senso viene svolto dall'adozione di tecniche di agricoltura di precisione come ha dimostrato il Progetto LIFE+ Agricare (www.lifeagricare.eu).

Foto 15.2 - Esempio di trattore con cingolatura gommata.

SCHEDA 16

TECNICHE DI DISTRIBUZIONE DI FERTILIZZANTI E REFLUI ZOOTECNICI

Nell'ambito dell'Agricoltura conservativa risulta fondamentale trovare soluzioni anche per una razionale distribuzione degli effluenti di allevamento ed altre tipologie di sostanza (ad es. digestati), in modo che rappresentino una risorsa agronomica in alternativa ai fertilizzanti chimici. A tal fine è necessario avere a disposizione attrezzature idonee a garantire:

- il corretto apporto di elementi nutritivi nel terreno;
- il contenimento delle perdite di azoto, anche attraverso l'allargamento del periodo di distribuzione su colture in atto;
- la riduzione del disturbo al terreno nell'interramento e del compattamento dello stesso;
- l'assenza o riduzione di odori;
- costi contenuti;
- il rispetto dei vincoli normativi.

Al fine di valutare le soluzioni per interrare la sostanza organica su terreni a sodo in Agricoltura conservativa, si descrivono le attrezzature testate nell'azienda pilota e dimostrativa Diana e ritenute idonee alla distribuzione dei reflui di allevamento in pre-semina e con colture in atto.

Foto 16.1 - Spandiliquame trainati (carrobotte) – tipo VENDRAME M60.

Spandiliquame trainati (carrobotte) – tipo VENDRAME M60

Il carrobotte della ditta Vendrame M60 rientra nella categoria più ampia degli spandiliquami trainati e che presentano caratteristiche costruttive comuni riconducibili ad un serbatoio e ad una serie di attrezzature per la messa in pressione e regolazione della dose di liquame da distribuire in campo. La modalità con cui viene messo in pressione il liquame può avvenire:

- per immissione di aria nel serbatoio (spandiliquame con serbatoi in pressione);
- per azione diretta del liquido mediante pompe volumetriche o centrifughe che hanno il compito di mettere in pressione il liquido (liquame) e di avviarlo verso il sistema di distribuzione posto nella parte posteriore della macchina (spandiliquame con serbatoio a pressione atmosferica).

A tutt'oggi, queste sono senza dubbio le macchine più diffuse in molte aziende zootecniche di piccole e medie dimensioni per la loro relativa semplicità costruttiva ed economicità. Esse devono rispondere a requisiti di leggerezza e manovrabilità e per questo sono caratterizzate da masse e dimensioni spesso contenute che tuttavia permettono una elevata larghezza di lavoro. Per esemplificare quanto appena descritto si può fare riferimento ad alcuni aspetti costruttivi e funzionali del carrobotte VENDRAME M60, oggetto di prova presso l'azienda Diana.

Si tratta di un attrezzo trainato monoasse montato su un telaio in acciaio accoppiato alla trattrice con timone snodato, dotato di impianto frenante di tipo idraulico e di sospensioni a balestra.
Questa macchina, unitamente ai modelli similari di altre ditte costruttrici, permette di eseguire l'interramento del liquame anche a profondità molto ridotta (circa 5 cm) sia su terreno nudo, sia su appezzamenti che ospitano colture a file spaziate, quale valida soluzione per distribuire il fertilizzante nel momento agronomicamente ottimale per la coltura. Infatti, la carreggiata variabile (da 1800-2250 mm), l'equipaggiamento con pneumatici stretti (270/95-44) e una portata massima non eccessiva (8000 kg), rappresentano le chiavi di successo per evitare ingombri inutili all'interno degli appezzamenti e rendere molto agevoli i cambi di direzione a fine campo. Inoltre la forma dell'utensile iniettore la rende idonea alla sarchiatura con coltura in atto (esempio mais, sorgo, ecc.) e alla lavorazione delle stoppie dopo la raccolta della coltura precedente.
I ruotini laterali di appoggio per la regolazione della profondità di lavoro, gli organi interratori a dente elastico o ad ancora rigida (fissati su un parallelogramma articolato) e la versatilità dell'apparato di distribuzione che prevede rapidi spostamenti, scambi e sostituzione dei componenti che lo costituiscono, rappresentano delle valide soluzioni per l'interramento della sostanza organica su terreni in cui si cerca di disturbare il suolo il meno possibile.

Spandiliquame semovente – tipo CHALLENGER TERRAGATOR 2244NMS

Altre soluzioni per la distribuzione del liquame possono essere gli spandiliquami semoventi del tipo *Challenger Terragator 2244NMS,* utilizzato in una prova dimostrativa presso l'azienda Diana e di seguito brevemente descritto.
Rientra nella categoria delle macchine semoventi di grandi dimensioni, costituite da trattori portattrezzi con motorizzazioni di notevole potenza (243 kW) e a quattro ruote isodiametriche, con trasmissione *power shift* a controllo elettronico. Il telaio accoglie un serbatoio di 15 metri cubi, con soluzioni che oscillano tra i 5 e 21 metri cubi.
I pneumatici a larga sezione (1050 mm) sono dotati di un controllo continuo della pressione di gonfiaggio/sgonfiaggio e di un disassamento dell'assale posteriore rispetto a quello anteriore affinché le ormaie anteriori non siano sormontate da quelle posteriori, riducendo i fenomeni di calpestamento anche su terreni poco portanti. Tali accorgimenti consentono alla macchina di limitare gli effetti di compattamento del suolo a 0.5-0.7 bar.

La macchina è dotata dei più moderni sistemi elettronici:
- presenza di navigatore satellitare-computer di bordo per georeferenziare tutti i dati di funzionamento;
- sistema di guida assistita o semi-automatica per escludere fenomeni di sovrapposizione o fasce di mancato trattamento;

Foto 16.2 - Spandiliquame semovente – tipo CHALLENGER TERRAGATOR 2244NMS.

- sistema di controllo della dose (manuale o automatico) tramite mappe di prescrizione che prevedano una distribuzione variabile del prodotto organico (agricoltura di precisione).

Tale macchina, nonostante le grandi dimensioni, presenta una grande versatilità, grazie alle modalità di collegamento con le attrezzature per la distribuzione degli effluenti zootecnici in campo. Gli apparati applicati che permettono di raggiungere straordinarie capacità di lavoro sono sistemi di distribuzione in banda, sistemi di interramento localizzato su prati e su cereali a paglia.
Le macchine semoventi adatte ad utilizzo comprensoriale (possono servire più aziende anche distanti dal punto di stoccaggio) sono una valida soluzione per la distribuzione con interramento superficiale del liquame.
La distribuzione in copertura con interramento sulle classiche colture sarchiate (tipo mais, sorgo, bietola ecc) può risultare più difficile per il loro ingombro e le dimensioni dei pneumatici, che dovrebbero essere sostituiti da gomme più strette appositamente per l'operazione, ma con opportuni equipaggiamenti è invece possibile l'intervento primaverile su colture seminate a righe strette.

Impianto a tubazioni interrate

Un'alternativa ai sopradescritti sistemi di trasporto del liquame sugli appezzamenti, può essere rappresentata da un impianto di tubazioni interrate.
Un esempio può essere quello della ditta Acquafert che prevede un sistema a goccia per la distribuzione del liquame in copertura, mediante l'iniezione dello stesso. Il liquame viene preventivamente stoccato in una cisterna mobile, installata vicino al sistema di pompaggio.

La strumentazione e le attrezzature del sistema sono le seguenti:
- sistema di pompaggio;
- sistema di filtrazione per fertirrigazione;
- sistemi di controllo (portate, pressioni ed automazione settori);
- valvole di non ritorno, valvole di sfiato aria e contatori volumetrici;
- condotte sia principali sia secondarie o di testata con tubazioni appiattibili con raccorderia specifica;
- ala gocciolante.

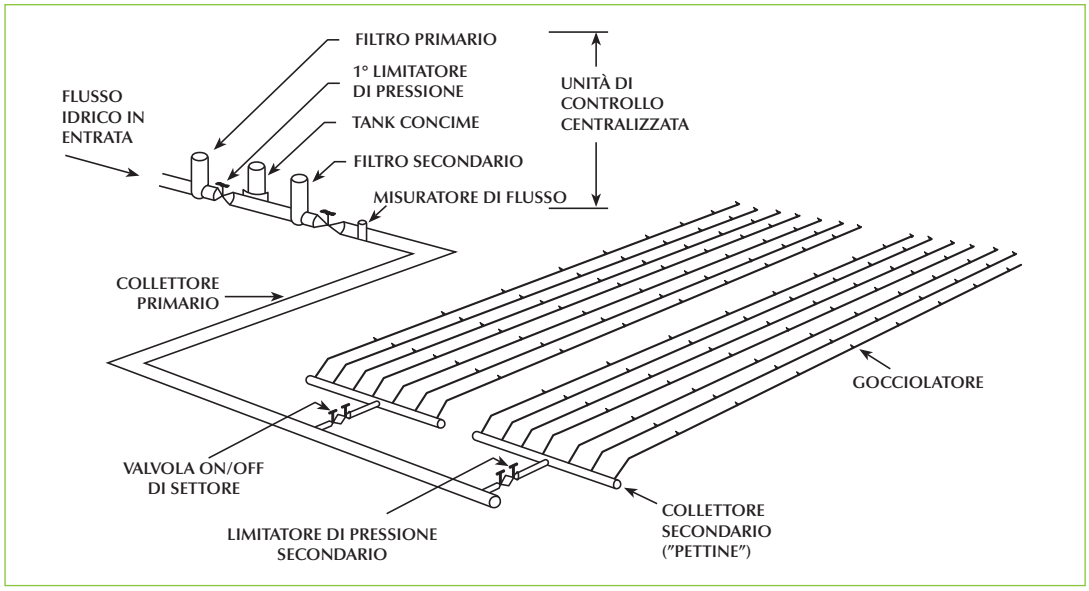


Figura 16.1 - Schema generale dell'impianto di irrigazione a goccia.

La quantità di acqua e di fertilizzante viene gestita da una centralina elettronica programmabile in loco o tramite modem, con comando dell'irrigazione a distanza. Le tubazioni secondarie, sono appiattite e vengono utilizzate annualmente in quanto sono posate tutti gli anni e ritirate a fine campagna. Le tubazioni che costituiscono le file irrigue vengono leggermente interrate mediante specifica attrezzatura, ai fini di ottimizzare l'irrigazione e la fertirrigazione.

SCHEDA 17

I DECOMPATTATORI

Il compattamento dei terreni assoggettati al regime di non lavorazione, se poveri di sostanza organica e non particolarmente sciolti, è il primo fattore di riduzione della potenzialità produttiva delle colture, che indirettamente causa anche una maggiore presenza di infestanti per la ridotta taglia delle piante e quindi, minore competitività. Fino a che il lungo processo di aumento della sostanza organica non giunge a un significativo miglioramento della struttura del terreno, il ricorso ai decompattatori assume fondamentale importanza durante il periodo di transizione dell'Agricoltura conservativa.

Cos'è un decompattatore?

Un decompattatore è un attrezzo che ripristina una buona densità apparente ("sofficità") del terreno senza determinare inversione degli strati e significativa zollosità, quindi evitando gli effetti negativi dell'aratura.
I decompattatori appartengono alla famiglia dei ripuntatori, ma le loro caratteristiche costruttive sono sostanzialmente diverse soprattutto a livello delle ancore, che presentano un aspetto più simile ad un coltello che ad uno scalpello (cioè uno spessore di dimensioni ridotte rispetto alla larghezza); questo permette di effettuare un valido "effetto curativo" sul terreno, ripristinando il volume e arieggiandolo in profondità, rompendo l'eventuale suola di lavorazione prodotta da precedenti interventi ed evitando, rispetto ai ripuntatori, il rimescolamento con gli strati più superficiali, la formazione di zollosità superficiale e mantenendo così il terreno sufficientemente assestato.
La loro polivalenza ne consente l'utilizzo in diverse tecniche: nella cosiddetta lavorazione a due strati, nelle lavorazioni ridotte e per predisporre la semina diretta senza ulteriori passaggi per l'affinamento del letto di semina.
Ai fini di fornire alcune indicazioni per una loro razionale e proficua utilizzazione, presso l'Azienda pilota dimostrativa di Veneto Agricoltura a ValleVecchia di Caorle (VE), sono state provate alcune tipologie di decompattatori con caratteristiche diverse (Tab. 17.1, Foto 17.1).
I test sperimentali sono stati condotti dopo frumento tenero con una trattrice aziendale FENDT mod. 820 della potenza nominale di 157 kW e si sono svolti in occasione della Giornata dimostrativa del 12.07.2013.

Tabella 17.1 - Dati tecnici delle tre soluzioni in prova per la valutazione dei decompattatori.

DATI TECNICI DECOMPATTATORI			
Tipologia di ancora	Dritta con puntale inclinato e piede con alette oblique	Ancora diritta a "T" capovolta con alette parallele	Ancora ricurva lateralmente
Telaio/disposizione delle ancore	a V	In linea	In linea
Rullo posteriore	Cambridge	Gabbia	Pieno
Larghezza di lavoro (m)	3	3	3
DATI OPERATIVI RILEVATI			
Velocità (km/h)	4	4	4
Profondità (cm)	40	40	40
Capacità effettiva (ha/h)	1.2	1.2	1.2
Forza di trazione richiesta (N)	59729	54333	51889
Potenza richiesta traino (kW)	65.04	59.16	56.50
Consumi orari (l/h)	19.0	18.2	14.4
Consumi unitari (l/ha)	15.8	15.2	12.0

Un'analisi preliminare di campo aveva evidenziato la presenza di uno strato compattato alla profondità di 25-30 cm, per cui la profondità di lavoro di tutti gli attrezzi è stata regolata a 40 cm, almeno 10 cm sotto lo strato compattato. La velocità di avanzamento è stata fissata a 4 km/h sulla base delle effettive condizioni della prova, in modo tale che non fossero create eccessive zollosità e un eccessivo riporto di terreno in superficie.

Foto 17.1 - Particolare dell'ancora dei tre decompattatori testati (da sinistra verso destra): ancora diritta disposta su telaio a "V" dotata di puntale inclinato e piede provvisto di alette oblique; ancora diritta a "T" capovolta con alette parallele al piano orizzontale, ancora ricurva lateralmente (tipo Micheal).

Le rilevazioni penetrometriche eseguite con un intervallo di 10 cm, per una larghezza di 3 m e una profondità di 50 cm, hanno permesso di evidenziare come veniva lavorato il terreno in profondità.
Il terreno prima della lavorazione si presentava con gradi di compattazione diversi, con uno strato soffice superficiale fino a circa 10 cm e un evidente strato compattato a profondità variabili da 15 a 30 cm e valori oltre di 5 MegaPascal (MPa); più in profondità si verifica una riduzione del compattamento a valori da 2 a 4 MPa (Fig. 17.1). Dopo la lavorazione si è ottenuto un netto miglioramento della situazione per tutti gli attrezzi, ma in diversa misura. In particolare i decompattatori ad ancore ricurve hanno eseguito un'energica azione di lavorazione del terreno anche in virtù della ridotta distanza tra gli utensili, mentre quelli ad ancora diritta, se utilizzati in condizioni ottimali di umidità del terreno, hanno permesso l'ottenimento di un profilo superficiale più adatto all'esecuzione delle semine successive, lasciando la superficie del terreno poco disturbata.
I positivi e significativi risultati conseguiti nei test sperimentali hanno indotto Veneto Agricoltura e molte altre aziende venete ad utilizzare i decompattatori nell'ambito delle tecniche di Agricoltura conservativa.

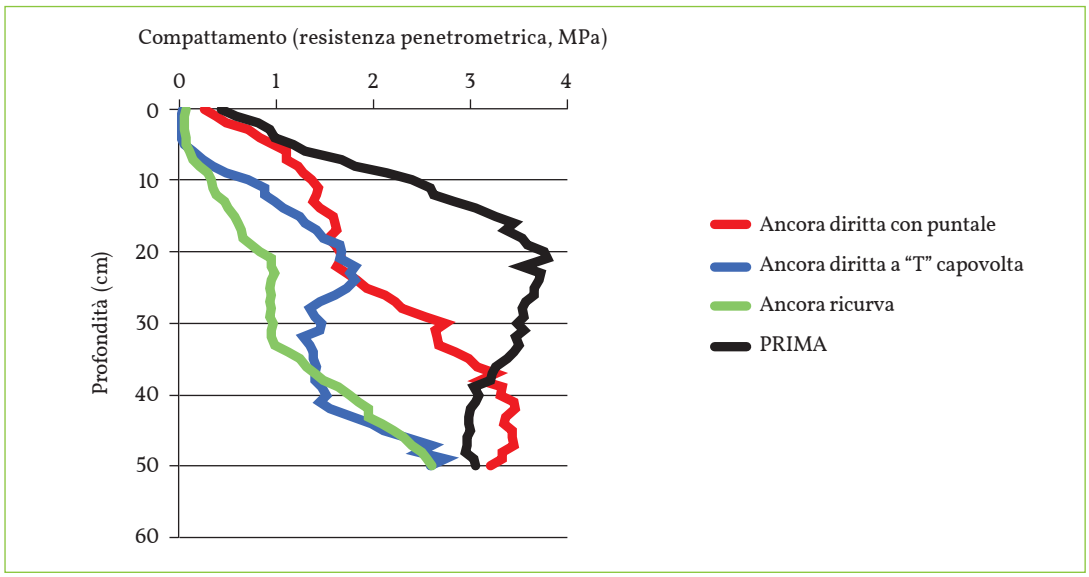


Figura 17.1 - Livello di compattamento del terreno nella sezione da 0 a 50 cm prima e dopo l'intervento di decompattamento.

SCHEDA 18

LE COLTURE DI COPERTURA

L'applicazione contemporanea e continuativa dei tre principi su cui si basa l'Agricoltura conservativa (rotazione colturale, non inversione degli strati nelle lavorazioni, copertura continua del suolo) ha quale fine il ripristino degli equilibri biologici necessari per lo sviluppo di ecosistemi agricoli vitali, fertili e capaci di generare benefici produttivi ed ambientali.

Numerosi sono i vantaggi apportati da un avvicendamento in cui siano inserite anche le cover crops:

- la protezione del suolo contro l'erosione e il compattamento;
- il riciclo degli elementi nutritivi con riduzione delle perdite di questi ultimi e quindi dell'impatto ambientale dell'agricoltura;
- il controllo delle infestanti e dei parassiti qualora le colture di copertura siano sufficientemente competitive e ben gestite, in modo tale da evitare la diffusione di infestanti perennanti e la disseminazione di infestanti annuali;
- l'aumento della sostanza organica del terreno, elemento certamente non ultimo d'importanza.

Inoltre, è comprovato come i residui colturali di provenienza diversificata, aumentando la biodiversità del suolo, ne preservino e migliorino la struttura.

Foto 18.1 - Erbaio da sovescio trinciato da trincia stocchi (sinistra) e interramento con vangatrice del sovescio parzialmente disidratato dopo essere rimasto qualche giorno in campo dopo la trinciatura (destra).

Scelta delle specie estive e autunno-vernine

Le *cover crop* non sono in genere destinate ad essere raccolte, ma lasciate integralmente in campo (trinciate o terminate chimicamente, in superficie o interrate) e devono essere scelte in modo da:

- essere adatte al clima locale: in giugno-luglio in successione a frumento si possono seminare sorgo, miglio, panico, vigna cinese, *Crotularia juncea*; in autunno sono più adatte le graminacee come orzo, avena, segale consociate con leguminose come veccia o con diverse specie di trifoglio, oppure, se si semina entro settembre, alcune crucifere nematocide o biocide per il controllo dei funghi terricoli;
- avere una rapida crescita per essere competitive nei confronti delle infestanti;
- avere ciclo breve per collocarsi tra due specie da reddito (ad esempio il grano saraceno, Foto 18.2);
- non condividere parassiti con le coltura da reddito e per questo motivo è bene alternare le famiglie botaniche nell'ambito dell'avvicendamento, solitamente appartenenti alle tre famiglie botaniche delle leguminose, crucifere e graminacee.

Foto 18.2 - Erbaio da sovescio estivo Sorgo ibrido (*S. bicolor* ssp. *sudanense*, sinistra) e sorgo sudanese e grano saraceno (*Poligonum fagopyrum*) seminati a strisce (destra).

Particolare attenzione va posta nell'impiego di alcune specie perenni o facilmente riseminanti (es. il loietto *Lolium* spp.) viste le problematiche che si potrebbero avere per la capacità delle stesse di diventare specie infestanti o con problemi di resistenza ai diserbanti.

Foto 18.3 - Cover da sovescio autunno vernino: avena+veccia+pisello (sinistra), orzo+veccia comune (destra).

I risultati sperimentali delle cover utilizzate nelle prove di lungo periodo presso le aziende di Veneto Agricoltura

La prova di lungo periodo per il monitoraggio dell'Agricoltura conservativa, prevedeva l'avvicendamento Frumento-Colza-Mais-Soia. Quindi, le colture da sovescio sono state scelte tra quelle utili per la copertura nel periodo estivo (sorgo dopo il frumento e colza) e per il periodo autunno- invernale (orzo + veccia, orzo o frumento in purezza) dopo le raccolte di Mais e Soia.

Per quanto riguarda gli apporti di sostanza organica (sostanza secca e carbonio organico) e di Azoto delle cover autunno-vernine i valori sono risultati non significativamente differenziati né per il fattore azienda né per le due diverse azioni previste dal PSR 2007-2013 della Regione Veneto: "*Misura 214/i Azione 1 - Adozione di tecniche di Agricoltura conservativa*" e "*Misura 214/i Azione 2 - Copertura continuativa del suolo*". Tuttavia, si nota per entrambi i parametri (s.s. e N), una tendenza alla differenziazione tra aziende con valori tendenzialmente più alti a Diana e Sasse Rami rispetto a ValleVecchia (Fig. 18.1). In termini assoluti, però, i quantitativi di sostanza organica apportati dalle cover sono rimasti ben al di sotto delle potenzialità delle stesse essenze

impiegate allorché venga completato il ciclo di sviluppo fino al momento della piena fioritura: precedenti sperimentazioni avevano fornito dai 7-9 t/ha di sostanza secca di orzo in purezza o in combinazione con veccia comune o veccia villosa.

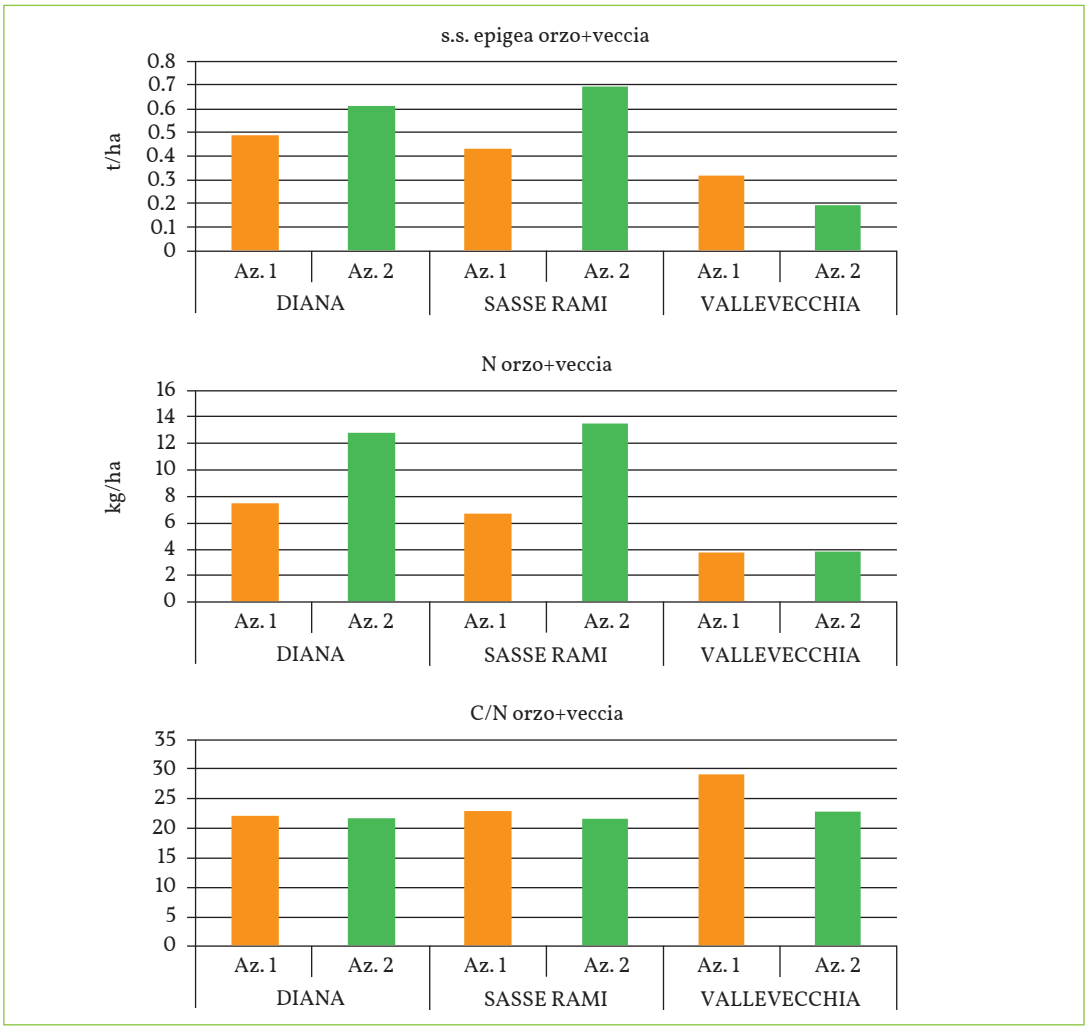


Figura 18.1 - Produzioni di sostanza secca (t/ha), apporto di Azoto (kg/ha) e rapporto C/N della parte epigea delle piante di orzo e veccia del sovescio autunno-vernino negli appezzamenti ad Azione 1 e Azione 2. Anni 2012-2015.

In riferimento all'analisi degli apporti di sostanza organica da parte degli erbai estivi degli appezzamenti ad Azione 1 e Azione 2, costituiti in prevalenza a partire dal 2012 con la semina di sorgo, di seguito vengono riportate le produzioni di sostanza secca, gli apporti di N ed il rapporto C/N (Fig. 18.2) della parte epigea delle piante.
Analogamente ai risultati delle cover con orzo e veccia, anche per il sorgo (cover primaverile-estiva) non si sono riscontrate differenze statisticamente significative né per le diverse azioni della misura né per le tre aziende interessate.
In termini di valore assoluto, le quantità di sostanza organica e di conseguenti apporti di carbonio ed elementi sono risultati di gran lunga superiori alle cover autunno-vernine e potrebbero risultare ancora maggiori nel caso in cui le tempistiche dell'avvicendamento permettessero la trinciatura ed un successivo incorporamento nel terreno allo stadio di piena fioritura. Precedenti sperimentazioni nei nostri areali, con trinciatura del sorgo a questo stadio, hanno fornito quantitativi di sostanza secca tra 6 e 10 t/ha a seconda della varietà di sorgo (sudanese, ibrido o zuccherino). Tra tutte le cover estive sperimentate nelle aziende di Veneto Agricoltura negli anni, il sorgo è risultato quello largamente più adatto come cover estiva sia per la capacità di produrre biomassa anche in condizioni di scarsa piovosità estiva, sia perché è risultato competitivo nei confronti delle malerbe a differenza ad esempio di panico e miglio, a parità di disponibilità idrica. Per quanto riguarda il rapporto C/N non sono risultate differenze significative sia per il sorgo che per il miscuglio orzo-veccia, nè tra le aziende nè tra le due Azioni 1 e 2, con valori mediamente più alti per il sorgo (34.9) rispetto a orzo+veccia (23.4).

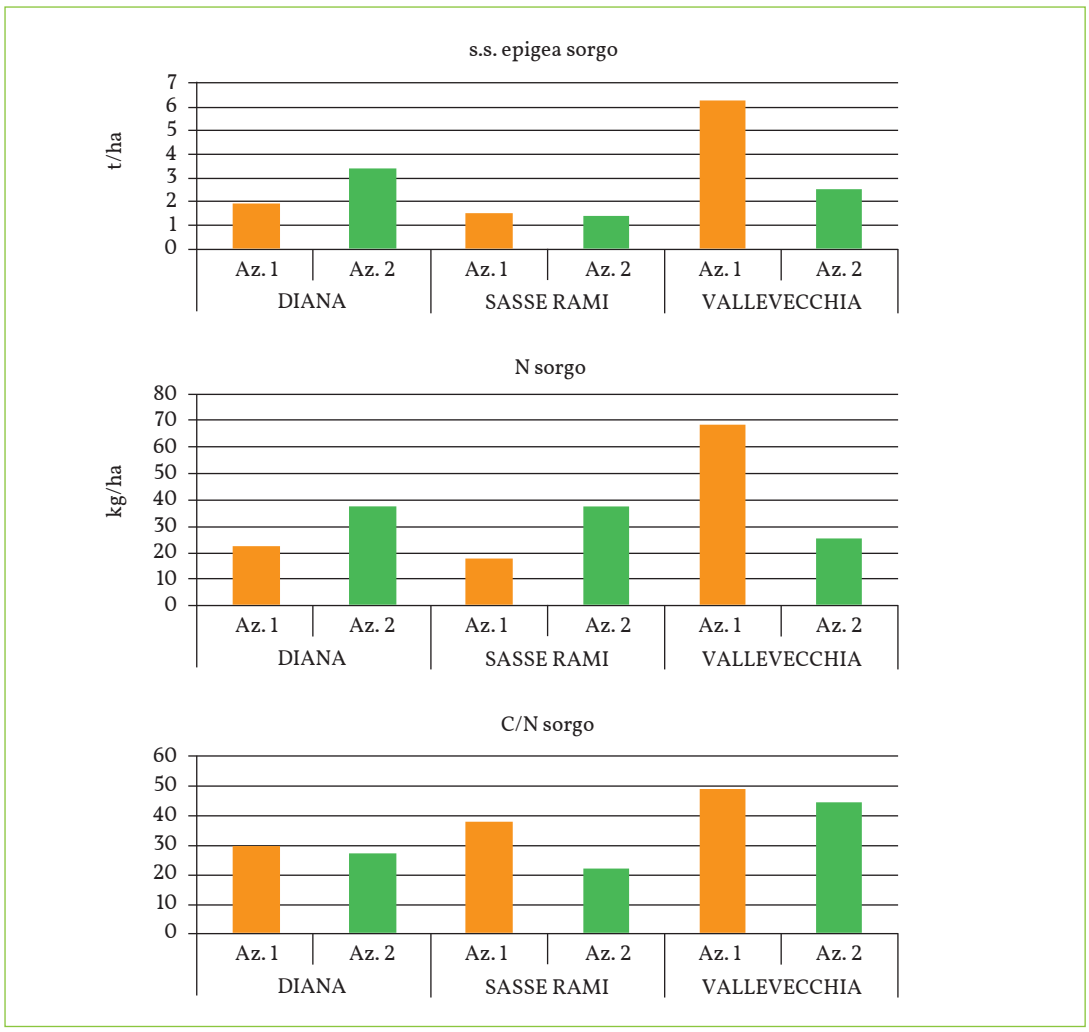


Figura 18.2 - Produzioni di sostanza secca (t/ha), apporto di Azoto (kg/ha) e rapporto C/N della parte epigea delle piante di sorgo degli erbai estivi negli appezzamenti ad Azione 1 e Azione 2. Anni 2012-2014.

Considerazioni finali

La produzione di sostanza organica e quindi gli apporti al terreno come input nel bilancio umico sono ovviamente proporzionali al tempo di permanenza sul terreno; pertanto l'organizzazione aziendale deve essere tale da consentire, oltre ad una raccolta tempestiva delle colture principali, una semina immediata delle colture di copertura; tale tempestività, unita anche all'utilizzo di una seminatrice da sodo che favorisca lo sfruttamento dell'umidità residua sullo strato superficiale del terreno, è decisiva per far partire in tempo utile una cover crop estiva.
Inoltre, particolare attenzione dovrà essere posta nel non interrare troppo in profondità i residui superficiali delle cover e delle colture da reddito (20-30 cm, ove possibile) per non rischiare di controbilanciare con un'eccessiva mineralizzazione gli apporti di carbonio.

BIBLIOGRAFIA

Chiarini F., Conte L., 2006. Tutti i numeri dei sovesci estivi. Bioagricoltura Ed. AIAB, 100, 36-40.

Conte L., Costantini E., 2008. La gestione del suolo ina agricoltura biologica – Veneto Agricoltura.

Chiarini F., Conte L., 2008. Winter cover crops in the Veneto region: two years of trials to evaluate the most effective species in this season. Book of abstracts del 13th IFOAM Scientific Conference, p. 321.

Chiarini F., Conte L. 2010. Avvicendamenti, consociazioni e fertilità del suolo in Agricoltura biologica. Veneto Agricoltura.

PARTE TERZA

REDDITIVITÀ IN AGRICOLTURA CONSERVATIVA

SCHEDA 19

IL BILANCIO ECONOMICO: COSTI E RICAVI

La sperimentazione agronomica condotta nelle tre aziende pilota dimostrative di Veneto Agricoltura ha permesso di acquisire un set di dati utili a sviluppare anche una valutazione economica delle due tipologie colturali analizzate, Agricoltura conservativa e Agricoltura convenzionale, come descritte nella scheda 1. Sono stati analizzati i costi di coltivazione (esclusi eventuali costi di essicazione dei prodotti, trasporto, ecc.) sulla base delle operazioni colturali effettuate e dei fattori produttivi utilizzati. Dai calcoli economici sono state escluse anche le operazioni riguardanti le cover crops: come per altri fattori agronomici i miglioramenti del terreno attesi dalle cover crops e in generale dalle pratiche di Agricoltura conservativa, maturano molto lentamente e quindi, nella presente analisi economica, si è preferito effettuare un calcolo a parte, per non imputarne arbitrariamente i costi ad una singola annata e/o coltura.
Sono state così elaborate delle tabelle di confronto (19.1, 19.2 e 19.3) da cui si possono trarre le seguenti indicazioni:

- salvo particolari annate con valori anomali (segnalati nelle tabelle con un asterisco), generalmente la tecnica di coltivazione conservativa presenta costi totali inferiori a quella convenzionale: nel periodo progettuale, la differenza negativa è stata in media del -12.2% per il frumento, del -24.5% per il mais e del -27.7% per la soia;
- a causa delle minori rese produttive, il valore della produzione conseguibile in Agricoltura conservativa è generalmente inferiore a quello ottenibile con l'Agricoltura convenzionale: a parità di prezzo di valorizzazione la differenza relativa è di fatto imputabile alla minor resa di produzione, con incidenze medie relative differenziate tra le colture. Il frumento, dal punto di vista della produttività, con un differenziale di resa media di circa il 19.2%, sembra risentire meno rispetto a soia (31.2%) e al mais, per il quale si registrano rese inferiori in media del 46.5%. Tali valori differiscono lievemente da quelli riportati nella scheda 1 sui risultati produttivi in quanto i conteggi economici si riferiscono ai primi sette anni (fino al 2017);
- considerati i minori costi di produzione, le differenze in termini di reddito lordo (ottenuto per differenza tra valore della produzione e costi totali e rammentando che si tratta esclusivamente dei costi di coltivazione) tendono a ridursi e in taluni casi, per il frumento, a diventare positivi a favore della tecnica conservativa. Va evidenziato che, fatto salvo alcune annate in cui le rese produttive su sodo sono state particolarmente basse, generalmente è una tecnica che realizza comunque un risultato economico positivo, pur se inferiore a quello conseguito con la tecnica convenzionale;
- infine, si è calcolata, per i diversi anni, quanto sarebbe dovuta essere la resa ottenuta con la tecnica conservativa per poter conseguire un pareggio in termini di reddito lordo rispetto alla tecnica convenzionale. In termini relativi (ultima colonna a destra nelle tabelle), in media la resa su sodo dovrebbe essere inferiore al massimo per il 9% circa rispetto a quella convenzionale per quanto riguarda il frumento (ad eccezione di un'annata anomala). Per la soia la resa dovrebbe essere mediamente inferiore al massimo del 15% (fatto salvo un'annata anomala, dovuta ad una risemina, per cui la resa dovrebbe essere addirittura superiore a quella convenzionale). Infine, la resa su sodo del mais dovrebbe essere inferiore al massimo del 18% in media, per poter conseguire un pareggio economico rispetto alla tecnica convenzionale. In sostanza, se le rese ottenute con la tecnica conservativa fossero di poco inferiore (tra il 9 e il 18%, secondo la coltura) a quelle ottenute con la tecnica convenzionale queste permetterebbero di conseguire un risultato economico del tutto simile, in virtù dei minori costi di coltivazione.

Tabella 19.1 - Confronto valori economici per la coltivazione di **frumento** con metodo conservativo e convenzionale.

FRUMENTO	Costo totale (euro/ha)		Diff. CONS-CONV (euro/ha)	Valore della produzione (euro/ha)		Diff. % VdP CONS-CONV	Diff. RL CONS-CONV (euro/ha)	Resa CONS a pareggio RL CONV (t/ha)	Diff. % resa CONS a pareggio/ resa CONV
ANNATA AGRARIA	CONS	CONV		CONS	CONV				
2010/2011	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2011/2012	575,14	678,67	-103,54	1.788,56	1.925,64	-7,12	-33,54	7,44	-5,38
2012/2013	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2013/2014	677,56	845,63	-168,08	803,94	846,54	-5,03	125,48	3,40	-19,85
2014/2015	712,76	766,23	-53,46	748,38	1.145,89	-34,69	-344,05	5,85	-4,67
2015/2016	939,98	1.022,19	-82,21	905,55	1.039,13	-12,86	-51,37	5,78	-7,91
2016/2017	594,50	671,32	-76,81	832,15	1.309,98	-36,48	-401,02	6,79	-5,86
Medie	699,99	796,81	-96,82	1.015,71	1.253,43	-19,23		5,85	-8,73

Tabella 19.2 - Confronto valori economici per la coltivazione di **mais** con metodo conservativo e convenzionale.

MAIS	Costo totale (euro/ha)		Diff. CONS-CONV (euro/ha)	Valore della produzione (euro/ha)		Diff. % VdP CONS-CONV	Diff. RL CONS-CONV (euro/ha)	Resa CONS a pareggio RL CONV (t/ha)	Diff. % resa CONS a pareggio/ resa CONV
ANNATA AGRARIA	CONS	CONV		CONS	CONV				
2010/2011	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2011/2012	665,51	991,23	-325,72	512,91	1.062,41	-51,72	-223,78	3,29	-30,66
2012/2013	628,02	924,09	-296,08	629,26	1.572,44	-59,98	-647,11	6,07	-18,83
2013/2014	1.007,49	1.250,39	-242,91	1.208,85	1.760,69	-31,34	-308,93	8,56	-13,80
2014/2015	786,05	1.029,01	-242,96	614,49	1.148,25	-46,48	-290,80	5,87	-21,16
2015/2016	743,58	922,61	-179,02	989,68	1.622,46	-39,00	-453,76	8,49	-11,03
2016/2017	566,35	709,06	-142,71	621,84	1.253,01	-50,37	-489,84	6,46	-11,39
Medie	732,83	971,07	-238,23	762,84	1.403,21	-46,48		6,46	-17,81

Tabella 19.3 - Confronto valori economici per la coltivazione di **soia** con metodo conservativo e convenzionale.

SOIA	Costo totale (euro/ha)		Diff. CONS-CONV (euro/ha)	Valore della produzione (euro/ha)		Diff. % VdP CONS-CONV	Diff. RL CONS-CONV (euro/ha)	Resa CONS a pareggio RL CONV (t/ha)	Diff. % resa CONS a pareggio/ resa CONV
ANNATA AGRARIA	CONS	CONV		CONS	CONV				
2010/2011	389,15	561,48	-172,33	829,88	1.069,68	-22,42	-67,47	2,38	-16,11
2011/2012	762,82	965,89	-203,06	--	--	--	--	--	--
2012/2013	726,39	700,12	26,27	447,96	745,04	-39,87	-323,34	1,64	3,53
2013/2014	521,49	756,34	-234,84	1.319,34	1.960,55	-32,71	-406,37	4,21	-11,98
2014/2015	651,20	820,66	-169,46	1.169,45	1.426,97	-18,05	-88,07	3,56	-11,88
2015/2016	481,70	664,29	-182,59	799,04	1.362,73	-41,36	-381,09	3,36	-13,40
2016/2017	475,54	683,59	-208,05	597,22	1.021,41	-41,53	-216,14	2,08	-20,37
Medie	503,82	697,27	-195,06	942,99	1.368,27	-31,21		3,12	-14,75

Incidenza delle cover crops sul bilancio economico

Un pilastro dell'Agricoltura conservativa è la copertura continua del terreno che può essere ottenuta sia inserendo le cover crops (scheda 18) lasciate in campo, sia inserendo colture intercalari destinate alla vendita (ad es. soia, sorgo da foraggio, ecc.).

È chiaro che tale scelta incide diversamente sui risultati economici, e in ogni caso non tiene conto dei benefici ambientali dell'Agricoltura conservativa.

Dal punto di vista tecnico, infatti, una buona coltura intercalare che dia rilevanti apporti di biomasse e quindi di apparati radicali, importanti per l'apporto di sostanza organica del terreno, può contribuire significativamente al miglioramento della struttura del terreno rispetto a una cover crop poco curata e poco sviluppata.

È ovvio che dal punto di vista economico non si può, nel lungo periodo, non considerare i costi dell'inserimento delle cover crops nella prassi di coltivazione aziendale: in una prima ipotesi, considerando solo cover crops che non producano reddito e ripartendo i relativi costi per ciascun anno il risultato economico in termini di reddito lordo della tecnica conservativa si riduce ulteriormente di circa 150 €/ha (il costo medio delle cover crop) rispetto a quella convenzionale. Tale differenza può essere del tutto compensata con un reddito suppletivo qualora si introducano colture intercalari da reddito (colture di secondo raccolto).

Inoltre, va ricordato che l'applicazione dell'Agricoltura conservativa è stata sostenuta nel Veneto con specifiche misure del PSR[1]. Nell'arco temporale della sperimentazione il pagamento si è mantenuto ben al di sopra dei 400 €/ha all'anno per quanto riguarda la misura sul sodo, in entrambi i periodi di programmazione. Inserendo anche tali pagamenti in un calcolo economico, considerando le attuali differenze di reddito tra le due tecniche messe a confronto (si veda la relativa colonna nelle tabelle), il differenziale in termini di reddito lordo conseguibile diventa nella maggioranza dei casi positivo a favore della tecnica su sodo rispetto a quella convenzionale, fatto salve alcune annate particolari in cui la resa produttiva su sodo è stata molto bassa.

[1] PSR 2014-2020: (Misura 10.1.1 - Tecniche agronomiche a ridotto impatto ambientale Bando pluriennale 2015 http://bit.ly/2RSmZRn) PSR 2007-2013: Misura 214/i Gestione agrocompatibile delle superfici agricole: Azione 1 "Adozione di tecniche di Agricoltura conservativa" e Azione 2 "Copertura continuativa del suolo".

SCHEDA 20

LA MIA ESPERIENZA IN AGRICOLTURA CONSERVATIVA

Azienda Agricola Anna Trettenero
Conduzione in affitto di circa 100 ettari di seminativo suddiviso in tre corpi distinti, nelle Province di Vicenza e Venezia
Anno di inizio semina diretta: 1995
Tecnica adottata: semina diretta con rotazioni e colture di copertura.
Colture: Mais da granella ad uso zootecnico ed alimentare, sorgo da granella, soia anche anche da seme, frumento, orzo e triticale anche da seme, erbai, veccia, grano saraceno. La rotazione colturale è una regola ma raramente con schemi ripetuti.
Seminatrice: Baumer Euro Combi, con larghezza di lavoro 3 metri
Tipo di suolo: franco limoso/franco sabbioso. Presenza di scheletro in Provincia di Vicenza.
Contenuto in sostanza organica: 1.8%

Mi sono avvicinata alla semina su sodo durante un Congresso dell'Associazione francese dei produttori di mais a Pau sui Pirenei. Era il 2002 e i nostri cugini d'oltralpe avevano organizzato un evento in campo dove i visitatori potevano incontrare produttori provenienti da diverse parti del mondo e confrontare le loro tecniche produttive. Federico Zerboni, imprenditore agricolo argentino della Provincia di Buenos Aires vinse il premio come produttore più efficiente. Tremila ettari, tre trattori, tre uomini. Federico produceva in semina su sodo e la sua storia m'incuriosì, anche perché da qualche tempo mi arrovellavo sulla scarsa competitività delle nostre aziende. Mi sembrava che i bilanci delle imprese agricole reggessero il peso di costi importanti, solo perché controbilanciati da buone produzioni e il parapioggia dei contributi comunitari, ma ero convinta che, per il futuro, non si potesse contare né su mercati stabili, né sulla continuità della PAC, così come concepita fino a quel momento. Nella realtà dei fatti, volatilità di mercato e cambiamenti PAC si sono poi sommati alla crisi economica, ogni anno più pressante, con relativi problemi di solvibilità e liquidità finanziaria, oltre che a variabilità climatica. Ma questa è la storia che stiamo tuttora vivendo.
In quegli anni svolgevo un ruolo sindacale tra i giovani di Confagricoltura e, assieme ad alcuni miei colleghi, ritenevo opportuno traguardare oltre, per cercare nuove strategie, alcune delle quali potevano essere aziendali, altre di respiro politico regionale, nazionale o comunitario.
Sono passati molti anni da quella giornata a Pau, ma il ricordo è fisso nella mia memoria, perché ha segnato un cambio di passo. In quell'occasione ho iniziato a pensare che imparare a produrre in semina diretta, nei nostri suoli, alle nostre condizioni sarebbe potuta essere una delle sfide possibili per il futuro. Dopo qualche anno, viaggi di approfondimento soprattutto in Argentina dove la tecnica di semina diretta era ben radicata e grazie a contatti con INTA (Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuaria) e Aapresid (Associazione Argentina per la Semina Diretta) assieme a colleghi agricoltori, ho acquistato direttamente dall'Argentina una seminatrice da sodo e con tanto entusiasmo, ho iniziato la mia avventura.
Se guardo indietro, mi chiedo come ho fatto a superare tutte le difficoltà che ho incontrato, tipiche peraltro di chiunque muova i primi passi su un terreno impervio e sconosciuto. Ancora oggi sono convinta che solo l'aiuto di tante persone appassionate e con più esperienza di me e la determinazione nel raggiungere l'obiettivo mi abbiano permesso di andare oltre alle delusioni.
L'esperienza mi ha insegnato che l'Agricoltura conservativa, intesa come semina diretta, associata a rotazioni e colture di copertura, è una tecnica che va affinata nel tempo, calibrata sui climi e terreni diversi e, soprattutto, che non esiste una ricetta uguale per tutti. Oggi so che gli errori possono essere davvero costosi e che ci vuole umiltà, per condividerli e trasformarli in occasioni di crescita.
Se posso pensare a un atteggiamento corretto per chi vuole avvicinarsi all'Agricoltura conservativa, penso alla condivisione delle esperienze in campo, più che in aula. Come ogni innovazio-

ne, in modo particolare in un contesto agricolo, tradizionalmente conservativo, l`Agricoltura conservativa si basa sulla volontà di un cambio, soprattutto di atteggiamento mentale. Diversi sono i problemi che durante questi primi anni mi sono trovata ad affrontare e ne posso qui elencare alcuni, senza che la descrizione voglia essere esaustiva.

Foto 20.1 - Esempio di soia su cover crops (precessione mais).

Dal punto di vista meccanico penso che la scarsità di seminatrici da sodo, adatte ai nostri terreni e presenti sul mercato italiano sia un fattore limitante. In particolar modo, è indispensabile poter seminare con precisione, ciascuno sul proprio terreno, con corpi di semina che permettano la chiusura perfetta del solco, anche in condizioni difficili, anche con terreni pesanti e umidi, anche con molto residuo colturale. Ho sempre trovato grande difficoltà nel reperire in tempo utile i pezzi di ricambio, e l'assistenza è sempre stata garantita brillantemente, ma solo da amici e colleghi più esperti di me. La seminatrice è importante ma determinante è seminare con cura, pazienza e attenzione, regolando la seminatrice e cercando tutte quelle componenti del corpo di semina che rendono precisa e regolare la deposizione del seme nelle diverse situazioni di terreno ed in presenza di residui colturali. Il *precision planting* associato alla semina diretta potrà essere di aiuto, così come è già una realtà consolidata e di successo nelle Americhe. Dal punto di vista agronomico ho dovuto ben presto conoscere le limacce, sia epigee sia ipogee, voraci e appassionate di soia, ma distruttive anche sui germogli di colza e sui cereali. Ho capito quanto sia importante essere tempestivi nella lotta alle malerbe e variare la scelta dei principi attivi.

Ho imparato molto da Dwayne Beck, Professore alla South Dakota State University e direttore della Dakota Lakes Research Farm a Pierre, in South Dakota. La storia di questa Research Farm è interessante (www.dakotalakes.com) perché nasce dalla volontà di un gruppo di agricoltori di offrire un futuro alla propria vita lavorativa e ai propri terreni, dove si produceva grano in monosuccessione e si allevava bestiame, con condizioni climatiche particolarmente estreme. La Research Farm è di proprietà degli agricoltori, che siedono in Consiglio di Amministrazione, ed è gestita dell'Università statale del Sud Dakota. L'obiettivo primario è identificare, ricercare e dimostrare l'efficacia di metodi che rafforzino e stabilizzino l'economia agricola. La visione è chiara ma è pratica consolidata da decine di anni di lavoro quotidiano in campagna, non teoria: "*Lavorare con la natura per assicurare che il suolo sia protetto, fertile e che produca raccolti per sfamare il mondo per molte generazioni future. Le pratiche agronomiche adottate e sempre in continuo miglioramento, generano risultati nel mantenere e incrementare suoli vivi, acqua pulita, cibo sano e fauna diversificata*". Le rotazioni e le colture di copertura, oltre alla tecnica di semina diretta, fanno del Dakota Lakes un centro di eccellenza. Il suggerimento di Dwayne Beck è lapidario: "*Tenendo comunque presenti il mercato e l'organizzazione aziendale, cerca di non essere prevedibile, varia la rotazione colturale e l'intervallo tra le colture. Il motivo principale per cui l'agricoltura si trova ad affrontare problemi di resistenza di malerbe e di biotipi di insetti è che i programmi colturali creano condizioni che favoriscono individui specifici nei confronti della popolazione e mantengono queste condizioni in essere sufficientemente a lungo o abbastanza frequentemente e/o con sufficiente prevedibilità da permettere che un biotipo diventi popolazione predominante*".

Sono ben consapevole che produrre colture diverse significa cercare clienti nuovi, consolidare relazioni, dialogare con diversi attori della filiera. Non è un lavoro facile, come non sono facili le colture di copertura, trovare le essenze correttamente calibrate sulla realtà agricola di ciascuno, trovare chi ti prepari i miscugli a prezzi contenuti, far capire a chi opera che seminare una coltura di copertura non è un'operazione da fare velocemente e senza cura ma deve ricevere le stesse attenzioni della semina della coltura principale. Solo una cover ben instaurata produce effetti interessanti tra le altre cose, per la nutrizione del suolo, per il controllo delle malerbe e per l'installazione della coltura in successione.

Foto 20.2 - Presenza di lombrichi in cover crops.

Nel tempo, ho visto aumentare la portanza, la struttura del terreno è migliorata, l'acqua sgronda più velocemente e temo di meno la variabilità ambientale, di anno in anno, imparo a gestire le malerbe anche attraverso le colture di copertura e si riduce la necessità di fertilizzanti di sintesi. Le limacce sono parzialmente sotto controllo con gli stessi prodotti che si usano in agricoltura biologica, ma anche con le rotazioni, un'attenzione particolare ai tempi di semina e preservando gli antagonisti naturali attraverso la scelta e la riduzione degli insetticidi.
Continua la ricerca di nuovi sbocchi di mercato per le colture e in alcuni casi ho trovato delle opportunità diffuse sul territorio padano, come genotipi di mais caratterizzati per specifiche produzioni (Planta), produttori di sementi (Zanandrea sementi), e un molino specializzato a cui vendo mais ad uso alimentare per la filiera *gluten free*.
Mi sono avvicinata alla semina su sodo per considerazioni economiche e di efficienza produttiva ma, subito, studiando e conoscendo altri produttori, ho potuto apprezzarne i ritorni ambientali, con l'obiettivo di salvaguardare l`ambiente producendo per il mercato e con soddisfazione economica migliorando negli anni il terreno. È una sfida, in continua evoluzione, alla portata di chiunque sia pronto al cambiamento.

Foto 20.3 - Esempio di Mais su cover crop (precessione frumento-soia di secondo raccolto).