



Laore

Agenzia regionale
pro s'isvilupu in agricoltura
Agenzia regionale
per lo sviluppo in agricoltura



Agris

Agenzia pro sa chirca in agricoltura
Agenzia regionale per la ricerca in agricoltura

TECNICHE DI AGRICOLTURA CONSERVATIVA

TECNICHE DI AGRICOLTURA CONSERVATIVA

TECNICHE DI AGRICOLTURA CONSERVATIVA

Prima Edizione © 2017

Agenzia Laore Sardegna

Agenzia Regionale per l'attuazione
dei programmi in campo agricolo e lo sviluppo rurale

Servizio Sviluppo delle filiere animali

Via Caprera, 8 - 09123 Cagliari

www.sardegnaagricoltura.it

Finito di stampare nel mese di Luglio 2017

SOMMARIO

	PRESENTAZIONE DEL MANUALE	5
	INTRODUZIONE	6
1.	La transizione dall'agricoltura convenzionale ai metodi di agricoltura conservativa	9
2.	Le tecniche di Agricoltura Conservativa	11
2.1.	La gestione convenzionale	11
2.2.	La gestione conservativa	11
2.2.1.	La lavorazione ridotta	12
2.2.2.	La semina su sodo	13
2.2.3.	Il ruolo degli avvicendamenti colturali	15
2.2.4.	I sistemi di agricoltura conservativa nel miglioramento dei pascoli	15
3.	I risultati della sperimentazione agronomica in Sardegna	18
3.1.	Sistemi cerealicoli-foraggeri	18
3.1.1.	Effetti sulle produzioni	19
3.1.2.	Effetti sul suolo	22
3.2.	Sistemi foraggeri	24
3.2.1.	Effetti sulle produzioni	24
3.2.2.	Effetti sul suolo	27
4.	Il suolo, la PAC e l'agricoltura conservativa	29
4.1.	Quadro storico e politico	29
4.2.	Il regime della Condizionalità	30
4.3.	Il greening	32
4.4.	PSR, la Difesa del suolo e l'Agricoltura conservativa	33
4.4.1.	Difesa del suolo - Intervento 1 - Conversione dei seminativi in prati permanenti	34
4.4.2.	Difesa del suolo - Intervento 2 - Agricoltura conservativa	34
4.5.	Sostegno accoppiato alla produzione	35
5.	Bibliografia	37

Il manuale è stato sviluppato con i contributi

per l'Agenzia Laore Sardegna

Piero Lai

Narciso Monni

per l'Agenzia Agris Sardegna

Gianluca Carboni

Paolo Mulè

Si ringraziano:

i colleghi dell'azienda San Michele (Ussana)

dell'Agenzia Agris

che, con spirito collaborativo,

hanno reso possibile l'ottenimento

dei risultati sperimentali

ottenuti in tutti questi anni.

La Professoressa Luisanna Grassi

per la correzione delle bozze.

PRESENTAZIONE DEL MANUALE

Le tecniche colturali in uso nella foraggicoltura e cerealicoltura della Sardegna sono molto differenziate, articolate e complesse e si basano sostanzialmente sulle tradizionali lavorazioni del terreno, con gravi ed irrisolti problemi di sostenibilità economica ed ambientale delle coltivazioni. L'erosione del suolo, a causa dell'orografia collinare e di montagna, che interessa i terreni di tante aziende agricole sarde, è un fenomeno particolarmente diffuso, come pure il notevole impoverimento della fertilità chimica, fisica e biologica dei suoli, a causa soprattutto della distruzione della sostanza organica e al compattamento per eccessivo transito di mezzi meccanici delle lavorazioni tradizionali. In vaste aree del mondo la reimpostazione dei sistemi di conduzione delle colture, a partire dalle tecniche di lavorazione del suolo e dall'adozione di corretti avvicendamenti colturali, hanno permesso un sostanziale abbattimento dei costi colturali, con produttività sostanzialmente inalterata, ed una decisa riduzione dei consumi energetici e delle emissioni di sostanze nocive nell'ambiente. Tali esperienze sono state confermate anche per la Sardegna, grazie alle evidenze scientifiche ottenute in prove sperimentali condotte dall'Agenzia Agris Sardegna, oltre che dall'Agenzia LAORE Sardegna in diversi siti di collaudo sperimentale. Ci riferiamo alle tecniche di "gestione conservativa", che devono questo nome agli obiettivi di conservazione della fertilità del suolo (limitazione o eliminazione delle perdite per erosione, mantenimento o incremento della sostanza organica e della vitalità del suolo), di conservazione dell'ambiente (abbattimento dell'impiego di fonti energetiche non rinnovabili, riduzione di gas ad effetto serra in atmosfera - oltretutto molto dannosi per la salute umana anche per inalazione diretta - e di altre sostanze tossiche nell'ambiente circostante, eliminazione dell'interramento di canali di scolo, fiumi e invasi, ecc.) ed in definitiva di conservazione della possibilità produttiva dei suoli e, quindi, della capacità di reddito dell'imprenditore. Le attività di assistenza tecnica svolte dall'Agenzia Laore in questi anni sono state numerose e, in collaborazione con l'Agenzia Agris Sardegna, volte a favorire l'adozione dell'agricoltura conservativa sia in foraggicoltura, che in altri settori produttivi (cerealicoltura, frutticoltura, ecc.). Non possiamo, tuttavia, nascondere che la diffusione di tali tecniche in Sardegna, ma non solo, è difficoltosa e sta avvenendo lentamente ed in maniera insufficiente, rispetto alle reali necessità sia economiche

che ambientali del territorio. In quest'ambito la Politica Agricola Comune (PAC) dell'Unione Europea, nel massimo rispetto dell'ambiente, si propone di incentivare gli imprenditori agricoli a produrre i beni necessari per la collettività, anche attraverso il miglioramento dell'efficienza dei processi produttivi con abbattimento delle risorse utilizzate per ogni unità prodotta. Il Programma di Sviluppo Rurale (PSR), promosso dalla Regione Sardegna all'interno della nuova programmazione finanziaria 2014-2020, in sintonia con i predetti obiettivi unionali, offre nuove opportunità per la foraggicoltura sarda e, più in generale, per i seminativi, specie per quelle aziende che decidano volontariamente di accedere all'Intervento 10.1.1 - Difesa del suolo -, previsto dalla Misura 10, che racchiude i cosiddetti Pagamenti agro-climatico-ambientali. L'adozione delle tecniche di agricoltura conservativa, previste nell'intervento 2 della Difesa del suolo, ricompensate da premi unitari, rappresenta per gli imprenditori agricoli un'occasione importante per convertire i propri ordinamenti colturali verso sistemi produttivi più efficienti, anche a vantaggio immediato della redditività delle colture. Con questo manuale abbiamo voluto dare un ulteriore contributo alla conoscenza delle strategie dell'agricoltura conservativa, con l'intento di favorire la massima diffusione possibile delle stesse, a vantaggio delle imprese, dell'ambiente e, quindi, di tutta la collettività. Il manuale si propone anche come punto di riferimento sia per i tecnici del settore, che per il decisore politico che abbia interesse ad approfondire la tematica in ordine alle proprie responsabilità d'impostazione strategica delle politiche di settore. Abbiamo voluto illustrare, in particolare, la sintesi delle esperienze maturate nelle prove dimostrative svolte dall'Agenzia Laore Sardegna e delle evidenze scientifiche ottenute in prove sperimentali condotte dall'Agenzia Agris Sardegna. Si è posta una particolare attenzione alla praticità del formato, riportando i principi di base della Agricoltura Conservativa, con specifici riferimenti alla sua applicazione in foraggicoltura nelle nostre condizioni ambientali, disponendo un'appropriata alternanza dei testi e figure. Oltre al manuale, per rendere oltremodo piacevole ed interessante l'apprendimento della materia, è stato realizzato un video informativo per migliorare l'efficacia della divulgazione delle tecniche mentre, per i più curiosi, ulteriori approfondimenti e spunti potranno essere soddisfatti consultando le note bibliografiche riportate a fine testo.

INTRODUZIONE

Nelle aziende zootecniche, cerealicolo-zootecniche e foraggere della Sardegna la monosuccessione di cereali autunno-vernini accompagnata spesso da lavorazioni profonde con inversione degli strati del terreno ha determinato negli anni: • nelle zone di pianura, una progressiva diminuzione del contenuto in sostanza organica nel suolo, con conseguente degradazione della sua struttura e una generale riduzione della sua fertilità in termini fisici, chimici e biologici (riduzione della presenza degli organismi viventi nel suolo); • nelle zone di collina e di montagna, oltre ai problemi di cui sopra, una progressiva riduzione dello strato fertile del suolo con fenomeni erosivi sempre più evidenti ed accentuati dagli eventi piovosi estremi, oggi giorno sempre più irregolari e di elevata intensità, sintomo dei cambiamenti climatici in corso nell'area del Mediterraneo. Con il termine di Agricoltura Conservativa si intende un approccio alla gestione delle colture che ha lo scopo di migliorarne la sostenibilità e produttività, incrementando i profitti e la sicurezza alimentare e permettendo allo stesso tempo di preservare e migliorare le condizioni ambientali. L'applicazione delle pratiche colturali può essere adattata alle specifiche condizioni ambientali ma i principi fondamentali sono essenzialmente tre (Fig. 1): • minimo disturbo meccanico del suolo con le lavorazioni; • mantenimento di copertura vegetale del suolo (adeguata e razionale gestione dei residui colturali sulla superficie del suolo);

• diversificazione nel tempo e nello spazio delle specie coltivate (adozione di adeguati avvicendamenti colturali e/o consociazioni) (FAO, 2015).

Curiosamente, la diffusione di queste tecniche, ideate per conservare suolo ed acqua nel suolo, sembrano riscuotere maggiore interesse da parte degli imprenditori agricoli per ragioni di costi e di migliore gestione delle colture, in conseguenza del notevole risparmio di tempo necessario per gestirle rispetto alle pratiche convenzionali basate sull'uso dell'aratro (Holland, 2004). È inoltre non secondario il risparmio di energia (e quindi di combustibili fossili) conseguente all'adozione di tali tecniche rispetto al regime convenzionale (West e Marland, 2002).

I 3 pilastri dell'agricoltura conservativa

Agricoltura Conservativa

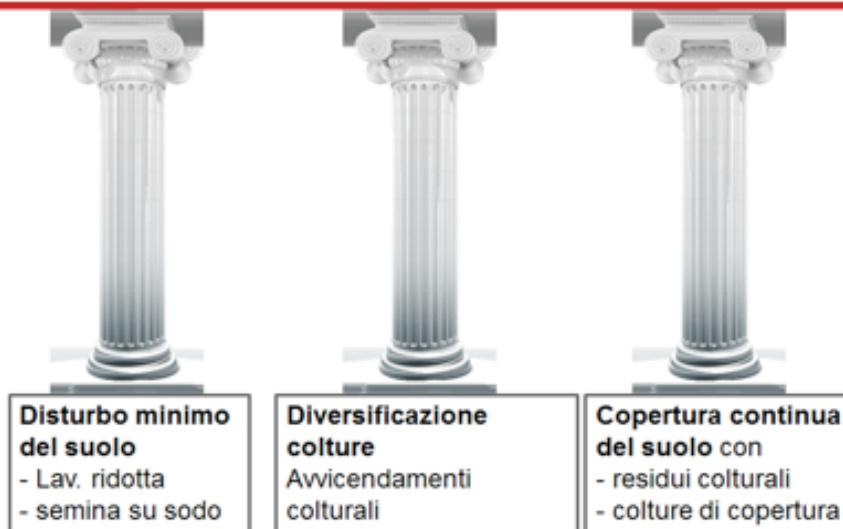


Figura 1 - I tre principi di base (o pilastri) dell'agricoltura conservativa (da Basch et al., 2012 e modificato da Carboni, 2015)

L'agricoltura conservativa rappresenta uno dei modelli colturali più avanzati in continua e rapida evoluzione.

I benefici dell'adozione dell'agricoltura conservativa si possono così riassumere:

- garantisce rese simili alla gestione convenzionale ottenendo allo stesso tempo un miglioramento delle caratteristiche (fisiche, chimiche e biologiche) di fertilità generali del suolo;
- riduce i costi colturali attraverso la riduzione del consumo di combustibili fossili, dei fertilizzanti, dei tempi di lavoro permettendo la semplificazione del parco macchine necessario per la sua applicazione;
- protegge il suolo dai fenomeni erosivi, ed in particolar modo, dall'azione battente della pioggia grazie alla copertura superficiale garantita con l'inerbimento o dai residui colturali contribuendo a prevenire i fenomeni di lisciviazione, compattamento e formazione di crosta superficiale;
- incrementa significativamente l'infiltrazione dell'acqua e la sua conservazione nel suolo;
- aumenta il tasso di accumulo della sostanza organica aumentando così la fertilità del terreno;
- influenza positivamente l'aggregazione delle particelle del suolo e i cicli biogeochimici di carbonio e azoto;
- influenza positivamente l'attività biologica del suolo e la biodiversità microbica rispetto ai suoli lavorati con metodi tradizionali;
- contribuisce a "mitigare" le emissioni di CO₂ in atmosfera (riduzione di impiego di combustibili, fertilizzanti, accumulo di carbonio sotto forma di sostanza organica) ma anche di N₂O e CH₄
- è considerata una delle strategie di mitigazione più efficaci per il contrasto ai cambiamenti climatici.

1 .

La transizione dall'agricoltura convenzionale ai metodi di agricoltura conservativa

L'agricoltura intensiva o convenzionale, che si basa sull'incremento dell'impiego di mezzi tecnici per ettaro, sul miglioramento genetico, sulle lavorazioni intensive e sulla specializzazione degli ordinamenti colturali, ha permesso di incrementare le produzioni di cibo ottenute dagli agricoltori. Con la diffusione del motore (prima a vapore e poi diesel) l'aratro ha subito una sua evoluzione fino a giungere all'attuale conformazione (Fig. 2).



Figura 2 - Aratura (azienda S. Michele di Ussana – Agris)

L'aratura è sempre stata considerata una tecnica di lavorazione fra le più efficaci, ma non è esente da difetti poiché, come altri tipi di lavorazioni intensive (es. fresature), può favorire il processo di erosione del suolo.

Questa tecnica di lavorazione fu fondamentale e caratterizzò l'agricoltura americana sin dal 1850. Negli anni '30 la combinazione di pratiche agronomiche scorrette (lavorazioni intensive ed avvicendamenti colturali inadeguati) assieme alla siccità persistente durata per diversi anni, determinò la riduzione in polvere di vaste aree agricole (le grandi pianure americane) cui seguirono fenomeni erosivi intensi con tempeste di polvere e perdita di grandi quantità di suolo (Fig. 3).

Questa catastrofe determinò la nascita del Soil Conservation Service (SCS) nel 1935, ora diventato Natural Resources Conservation Service (NRCS) del Dipartimento di

agricoltura americano (USDA - United States Department of Agriculture), che tuttora si occupa dello studio dei suoli e delle tecnologie che permettono la conservazione del suolo e delle risorse idriche.

Dopo questa catastrofe, in ambito agronomico si svilupparono due opposte scuole di pensiero: i sostenitori della "non lavorazione" e quelli favorevoli all'aratura.

Uno dei più famosi sostenitori della non lavorazione fu Edward Faulkner, autore del libro *"La follia dell'aratore"* (*Plowman's Folly*, 1942), che in quegli anni sostenne che **"...la verità è che nessuno ha mai avanzato una ragione scientifica per arare"** e che gli agricoltori utilizzassero questa pratica perché ampiamente utilizzata e suggerita dai tecnici ed esperti del mondo agricolo. In quelle condizioni l'aratura favoriva buoni raccolti, soprattutto nei primi anni di applicazione. Questi effetti apparentemente positivi, però, erano dovuti fundamentalmente al fatto che con le lavorazioni intense, ossigenando artificialmente il suolo, si favoriva la rapida mineralizzazione della sostanza organica con effetto fertilizzante spinto legato alla disponibilità immediata di nutrienti per le colture praticate (Lal et al., 2007). Questo effetto che era evidente soprattutto nei cereali avidi di azoto, però, non è duraturo e con il protrarsi della mineralizzazione porta alla riduzione



Figura 3 - Tempesta di polvere a Stratford (Texas) nel 1935 (Fonte NOAA)

del contenuto di sostanza organica nel suolo con tutte le conseguenze negative sulla fertilità generale. Le prime tecniche di lavorazione conservativa si diffusero negli USA a partire dal 1950 attraverso una lunga transizione dall'aratura a varie forme di lavorazione conservativa. La loro diffusione ed applicazione, secondo diverse modalità in funzione delle specifiche condizioni ambientali, fu favorita dalla disponibilità di nuovi diserbanti e da altre innovazioni via via disponibili (Lal et al., 2007).

L'adozione di tali tecniche fuori dal continente americano è avvenuta molto lentamente. Attualmente l'agricoltura conservativa è diffusa su una superficie di circa 160 milioni di ettari concentrati soprattutto nel continente americano (Fig. 4). In Europa non è molto diffusa e l'Italia con oltre 380.000 ha (rilevati nel 2013) è il secondo Paese Comunitario per diffusione dopo la Spagna (Fonte FAO, 2016). In Europa tali tecniche, poco praticate nel secolo scorso, si stanno faticosamente diffondendo con ritmi crescenti negli ultimi 10 anni. L'adozione delle tecniche di agricoltura conservativa in Sardegna ha seguito un andamento simile. In passato sono stati effettuati timidi tentativi con risultati deludenti. In seguito a queste esperienze negative la diffusione di tali tecniche ha incontrato qualche resistenza. Lo scarso successo riscontrato nel passato, però, deve essere addebitato principalmente all'improvvisazione e all'adozione di sistemi gestionali non adeguati quali:

- l'imperfetta sistemazione del letto di semina che in molti casi ha portato ad un investimento non ottimale di piante spesso a causa di una gestione dei residui colturali approssimativa;
- una maggiore pressione competitiva sulle colture da parte delle erbe infestanti e di qualche parassita quando gestita in maniera non appropriata;
- l'utilizzo di macchine non adeguate al tipo di terreno.

Per limitare tali inconvenienti è fondamentale una corretta scelta delle macchine operatrici (seminatrici e macchine per la lavorazione ridotta) in grado di porre la coltura nelle condizioni migliori per lo sviluppo e crescita. Nel caso delle seminatrici, ad esempio, il seme va collocato alla giusta profondi-

tà e ricoperto in modo ottimale. Fra i criteri fondamentali da seguire per una corretta esecuzione della semina occorre sottolineare l'importanza della tempestività dell'esecuzione che deve avvenire in condizioni di terreno in tempera. Se da un lato il problema delle infestanti risulta accentuato dalle tecniche di lavorazione ridotta per via dell'accumulo dei semi nei primi strati superficiali, dall'altro il ricorso al controllo chimico offre una buona soluzione al problema. C'è da sottolineare, inoltre, che l'adozione di corretti avvicendamenti colturali concorre significativamente a ridurre la pressione delle specie infestanti, ad evitare la selezione di una flora di sostituzione oltre che ridurre la presenza di patogeni specifici per quella coltura. La distribuzione degli elementi fertilizzanti deve tenere conto delle diverse condizioni colturali: soprattutto per quanto riguarda il fosforo e il potassio, poco mobili nel suolo, non potendo procedere all'interramento profondo come avviene con la gestione convenzionale, occorre operare la distribuzione localizzata all'atto della semina con adeguate attrezzature (seminatrice fornita di doppia tramoggia). In questa maniera si assicura una migliore emergenza della coltura e condizioni più favorevoli per la crescita delle giovani piantine. Tuttavia, studi sull'applicazione di fertilizzanti localizzati con la seminatrice da sodo, non hanno evidenziato sintomi di carenza sulle colture o minore concentrazione nei loro tessuti.

LA SEMINA SU SODO È DIFFUSA SOPRATTUTTO NEL CONTINENTE AMERICANO



Figura 4 - Diffusione della semina su sodo (Fonte FAO, 2016)

2.

Le tecniche di Agricoltura Conservativa

2.1. La gestione convenzionale

Con il termine di gestione convenzionale si indicano tutte le pratiche colturali che si utilizzano ordinariamente nelle aziende agrarie per la preparazione del letto di semina e la semina stessa: dall'aratura all'affinamento del letto di semina con vari attrezzi (frangizolle, erpici, coltivatori, ecc.), semina e successiva rullatura. Tutte queste operazioni comportano costi notevoli e tempi di esecuzione lunghi con gli svantaggi che ne derivano sulla tempistica e gestione del cantiere di lavoro. Inoltre sono impattanti dal punto di vista della sostenibilità ambientale sia nei riguardi del suolo che viene progressivamente destrutturato, che dell'ambiente per via delle emissioni di gas in atmosfera che vanno ad incrementare la concentrazione di gas climalteranti presenti nell'atmosfera.

2.2. La gestione conservativa

La gestione conservativa è stata sviluppata per ridurre gli impatti negativi derivanti dall'applicazione delle tecniche convenzionali. Pratiche colturali come la monocoltura, la bruciatura dei residui colturali, l'aratura, le frequenti ed energiche lavorazioni per la preparazione del letto di semina, l'utilizzo indiscriminato dei fitofarmaci sono bandite. I principi dell'agricoltura conservativa necessari per assicurare la conservazione della fertilità del suolo, dell'acqua e per ridurre l'erosione ed il compattamento del terreno possono essere sintetizzati nei seguenti punti (Fig. 1):

- promuovere il minimo disturbo meccanico del suolo, attraverso sistemi di lavorazione ridotta o semina su sodo;
- mantenere una copertura vegetale permanente, in modo da assicurare una sufficiente quantità di biomassa vivente o sotto forma di residui;

- migliorare la fertilità del suolo, attraverso rotazioni colturali, anche con l'uso di tecnologie basate sull'uso integrato di fitofarmaci.

Le tecniche fondamentali di lavorazione del terreno sono:

- la lavorazione ridotta del terreno che viene effettuata su uno strato non superiore a 15 cm di profondità cercando di preparare il letto di semina in un unico passaggio. Talvolta preceduta da un intervento disseccante (Fig. 5), questo tipo di lavorazione è generalmente adatta per tutte le colture foraggere;
- la semina su sodo, cioè la semina diretta sui residui colturali del raccolto precedente in un solo passaggio senza smuovere il terreno. La preparazione del terreno si limita a un diserbo in presemina. E' adatta alle colture foraggere ma quelle a semi minuti (trifogli e mediche) possono essere un po' lente all'emergenza e soffrire inizialmente la competizione con le infestanti se il terreno non è stato adeguatamente diserbato.

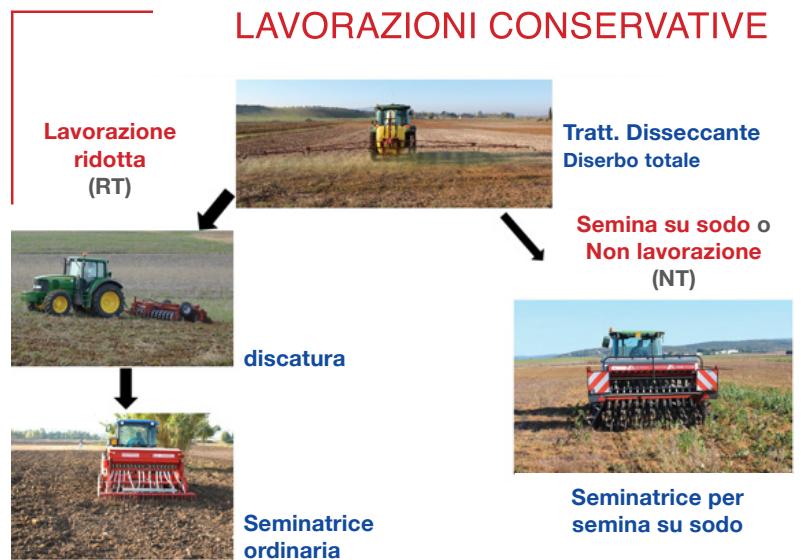


Figura 5 - Schema operativo della gestione colturale in agricoltura conservativa

2.2.1. La lavorazione ridotta

La lavorazione ridotta o minima del suolo può essere considerata una gestione colturale intermedia tra la convenzionale e la semina diretta (o su sodo) che apporta il beneficio di abbattere i costi e mitigare le azioni di disturbo del suolo provocate dalle arature.

È una tecnica da adottare soprattutto in tutte quelle realtà aziendali dove non si può applicare la semina su sodo, perseguendo comunque un percorso virtuoso di gestione sostenibile del terreno. Nelle aree dove esiste ancora una fiorente zootecnia (es. Arborea), dove le aziende hanno la necessità di distribuire sul terreno le deiezioni zootecniche ed il ricorso alla semina su sodo è problematica, la lavorazione ridotta rappresenta una soluzione sostenibile da consigliare. La lavorazione ridotta si effettua di norma con un certo anticipo sull'epoca di semina soprattutto quando si intende adottare la tecnica della falsa semina per un più efficace controllo delle erbe infestanti e con l'obiettivo finale di preparare il terreno alla successiva semina. Tale tecnica, in Sardegna, viene utilizzata prevalentemente nel caso di erbai di cereali autunno-vernini, ma anche nel caso di colture proteaginose da granella quali favino e pisello proteico. Gli obiettivi specifici che si cerca di raggiungere con questo sistema di gestione sono:

• facilitare le operazioni di semina (arieggiando e pareggiando il terreno),
• favorire l'emergenza delle plantule,
• favorire il controllo delle infestanti attraverso la falsa semina,

• ridurre le perdite d'acqua per risalita capillare (limitatamente ai terreni con pochi residui colturali).

Le macchine per la lavorazione ridotta

Le operazioni di lavorazione ridotta possono essere effettuate sia con attrezzature indipendenti sia con attrezzature combinate alla seminatrice. Si fa ricorso ad attrezzature che si differenziano in maniera notevole per la tipologia degli utensili e per la loro composizione. Alcune

attrezzature possono essere annoverate nella categoria dei coltivatori leggeri combinati o erpici a dischi, mentre altre sono di più difficile collocazione. Operano passivamente non essendo azionate dalla presa di potenza della trattrice e sono generalmente caratterizzate da elevate larghezze di lavoro e capacità operativa.

Le macchine per la lavorazione ridotta devono avere denti fissi o elastici in grado di smuovere il terreno senza provocare la formazione di sole di lavorazione fino a una profondità massima di 15 cm e non devono causare l'inversione degli strati di terreno, anche allo scopo di garantire una copertura minima del suolo in ogni momento dell'anno (Fig. 6 - Fig. 7).



Figura 6 - Lavorazione ridotta con "frangizolle" (azienda S. Michele - Agris)

Il tipo di telaio può essere portato o semi portato ed alla macchina possono essere aggiunti:

- elementi che operano un lavoro di rifinitura come rulli pieni, a gabbia, packer e rastrelli pesanti o leggeri;
- organi lavoranti di pre-lavorazione, quali dischiere dritte e inclinate in grado di operare senza invertire gli strati.

La distribuzione degli organi sul telaio deve garantire una facile circolazione dei residui colturali. Perciò occorre che vi sia una minore densità delle ancore nella parte frontale della macchina, un'ampia distanza longitudinale e una



Figura 7 - Lavorazione ridotta con “frangizolle” (azienda S. Michele - Agris)

sufficiente altezza da terra affinché si possa effettuare la preparazione del letto di semina in un unico passaggio.

Le macchine per la lavorazione ridotta non presentano organi lavoranti mossi dalla presa di potenza e/o idraulicamente. Dopo la lavorazione, la semina può essere condotta anche con attrezzature convenzionali purché siano dotate di soluzioni tecnologiche idonee a gestire la deposizione del seme su terreno poco preparato ed in presenza di residui colturali sulla superficie. Sono state sviluppate seminatrici specifiche caratterizzate da organi che operano la deposizione del seme di varie forme (ancora o dente), e disposti su almeno tre ranghi e spaziate fra loro per permettere il deflusso dei residui colturali. Tali macchine spesso sono dotate di un organo di distribuzione di tipo pneumatico. Ciò considerato, alcune seminatrici da sodo (soprattutto la tipologia ad ancore) possono essere utilizzate anche in successione alla lavorazione ridotta.



Figura 8 - Lavorazione ridotta con “Terremoto” (azienda S. Michele - Agris)

2.2.2. La semina su sodo

L'agricoltura conservativa nella sua accezione più rigorosa ed estrema è basata sulla semina diretta detta anche semina su sodo (sod-seeding). La semina su sodo è la meno impattante per il terreno, interferendo meno nei processi naturali e che mantengono nel tempo le condizioni di fertilità necessarie alle colture. Con la semina su sodo si mira ad ottenere la minima interazione tra organi meccanici e suolo, limitando l'azione alle sole linee di semina e di deposizione del concime. Operando in questo modo il suolo subisce un minore arieggiamento e destrutturazione mentre i residui colturali, presenti in superficie, svolgono un'azione protettiva dello stesso e hanno il tempo per umificarsi accumulando nel terreno sostanza organica. In queste condizioni, infatti, i processi di mineralizzazione delle sostanze organiche sono decisamente più lenti rispetto a quanto accade solitamente nei nostri ambienti con la gestione convenzionale.

L'unica operazione colturale che precede il passaggio della trattrice con la seminatrice è rappresentata dal diserbo (solitamente un disseccante totale) necessario per la preparazione del campo per la semina e permettere alle colture di emergere senza competizioni con erbe infestanti.

Il vantaggio, in termini di tempo, nel cantiere di lavoro è notevole soprattutto nella tempistica di rientro in campo dopo eventuali eventi atmosferici per quanto è necessario considerare che la semina deve avvenire quando le condizioni del terreno non solo permettano l'ingresso della trattrice in campo ma siano anche idonee all'effettuazione di un buon lavoro.

Le seminatrici per la semina su sodo

Effettuare una buona semina su sodo non è un'operazione semplice. Occorre operare in base al tipo di terreno e alle condizioni di umidità e bisogna fare molta attenzione nel regolare bene la macchina, dal momento che il seme deve essere messo alla giusta profondità e soprattutto ben ricoperto per evitare fallanze. L'operazione è tanto più complessa e richiede una notevole attenzione tanto più il seme è minuto. È questo il caso delle leguminose da foraggio appartenenti alla famiglia dei trifogli e delle mediche che non devono essere seminati ad una profondità maggiore di un centimetro se si vuole evitare che non emergano uniformemente. Le seminatrici per la semina diretta sono essenzialmente di due tipi: a falconi (Fig. 9 - Fig. 11) e a dischi (singoli o doppi) (Fig. 12 - Fig. 13) ma qualsiasi



Figura 9 - Seminatrice con falconi
"Laseminasodo" (azienda S. Michele - Agris)



Figura 11 - Seminatrice "Rapisarda" con falconi



Figura 10 - Particolare dell'organo lavorante
della Seminatrice "Laseminasodo"



Figura 12 - Seminatrice Gaspardo "direttissima"
con disco singolo e particolare dell'organo lavorante
(azienda S. Michele - Agris)



Figura 13 - Seminatrice Semeato "SHM 11/13" con dischi doppi
e particolare dell'organo lavorante (azienda S. Michele - Agris)

sia la loro tipologia devono comunque avere i seguenti requisiti:

- eseguire la deposizione del seme in un unico passaggio su terreno non lavorato e anche in presenza di abbondanti residui;
- essere dotate di organi lavoranti da anteporre agli assolcatori di varia tipologia che eseguano una lavorazione in banda al massimo di 15 cm di larghezza e 10 cm di profondità;
- essere trainate o semi-portate in modo da poter applicare tutto il loro peso a terra. Il peso generato dall'azione combinata dalle molle di carico e dallo stesso elemento deve essere tale da facilitare la penetrazione nel suolo (in genere superiore ai 200 kg per ogni elemento);
- non presentare mai organi lavoranti mossi dalla presa di forza o idraulicamente.

In genere sono in grado di eseguire contemporaneamente alla semina la concimazione localizzata e la distribuzione di geodisinfestanti attraverso utensili aggiuntivi.

In qualche caso particolare, come per le colture con larghezza tra le file superiore a 30 cm, si pratica anche lo "strip till". Tale pratica consiste nell'utilizzo di una macchina che esegue una lavorazione in banda (solo la zona di semina) eseguita anche in momenti antecedenti la semina. Un buon elemento di semina deve: penetrare nel suolo, tagliare i residui senza provocare il loro interrimento, de-

porre il seme ad una profondità uniforme a diretto contatto con il terreno, coprire il seme lasciando il residuo colturale uniformemente distribuito, localizzare il fertilizzante e realizzare tutte queste azioni riducendo al minimo il disturbo del terreno. Anche rispettando tutti i principi e le accortezze dell'agricoltura conservativa, accade che spesso si creino condizioni di eccessivo compattamento del suolo in alcune aree.

Il terreno, infatti, è sempre soggetto ad azioni che ne favoriscono il compattamento. La gestione della raccolta, ad esempio, può rivelarsi complessa quando le finestre temporali disponibili sono ridotte a causa dell'andamento meteorologico e di problemi gestionali: in queste situazioni accade di operare in condizioni non ottimali determinando il compattamento del suolo. In tali condizioni è opportuno prevedere operazioni di ripristino della porosità naturale del suolo attraverso macchine idonee allo scopo, che non alterino il profilo e siano in grado di gestire il residuo presente in superficie.

Di conseguenza, le attrezzature impiegate per questo scopo (decompattatori o ripuntatori) devono avere alcune specifiche caratteristiche:

- devono avere denti fissi in grado di smuovere il terreno sodo sino a una profondità massima di 40 cm, senza causare inversione degli strati del terreno o provocare formazione di suole di lavorazione;
- possono avere un telaio portato, semi portato o trainato;
- possono avere degli utensili annessi o aggiunti alla macchina, quali elementi lavoranti di finitura (rulli pieni, a gabbia e packer), elementi lavoranti di pre-lavorazione (dischiere dritte e inclinate in grado di operare senza invertire gli strati);
- non devono avere organi lavoranti azionati dalla presa di forza e/o idraulicamente. Successivamente a queste operazioni di ripristino della porosità si può prevedere una lavorazione ridotta allo scopo di livellare il suolo per facilitare la semina successiva.



Figura 13 - Seminatrice Semeato "SHM 11/13" con dischi doppi e particolare dell'organo lavorante (azienda S. Michele - Agris)

2.2.3. Il ruolo degli avvicendamenti colturali

Gli avvicendamenti colturali, assieme alle tecniche di lavorazione ridotta del suolo e di semina diretta, fanno parte integrante dell'agricoltura conservativa. I risultati ottenuti nelle ricerche e che verranno illustrati più avanti in questa pubblicazione, dimostrano che le sole tecniche di lavorazione non bastano a migliorare in modo efficace la qualità e la quantità delle produzioni e al contempo agire in modo ottimale sul mantenimento e ripristino della fertilità dei suoli. L'alternanza fra colture (ad esempio tra cereali e leguminose) garantisce condizioni migliori per lo sviluppo e crescita delle singole colture attraverso l'accumulo di sostanza organica nel suolo ed un migliore controllo delle infestanti e dei patogeni.

2.2.4. I sistemi di agricoltura conservativa nel miglioramento dei pascoli

Il tema del miglioramento pascoli è molto sentito nella nostra isola data la grande estensione che essi hanno nella nostra agricoltura (circa 600.000 ettari di pascolo). Purtroppo molte di queste superfici occupate da pascoli sono caratterizzate da fenomeni più o meno accentuati di degrado e scadimento quanti-qualitativo dovuti principalmente a sovrapascolamento, scarso spessore dei suoli, forte pietrosità e rocciosità affiorante, gravi fenomeni erosivi a causa della forte pendenza, tendenza a ricoprimento delle superfici da parte di infestanti arbustive (in modo particolare cisto), incendi e fenomeni di desertificazione principalmente dovuti alla scarsità di sostanza organica. Tutti questi fattori hanno determinato una progressiva riduzione del valore pastorale di queste superfici e un degrado della cotica erbosa con una flora che si è involuta verso specie poco appetite dal bestiame e di scarso valore alimentare in termini di conversione sia in carne che latte. Inoltre gli interventi attuati in molte aziende agro-pastorali sarde con lo scopo di "migliorare" le caratteristiche produttive dei pascoli sono stati spesso rivolti al contenimento della flora infestante erbacea ed arbustiva, ricorrendo, a forme poco razionali di decespugliamento meccanico o lavorazioni profonde effettuate anche su terreni in forte pendio. Il

decespugliamento meccanico viene spesso effettuato con macchine inadatte (es. uso di ruspe con lama frontale) ed è particolarmente dannoso quando si asportano indiscriminatamente arbusti ed alberi della macchia mediterranea in quanto promuove l'instaurarsi di gravi fenomeni erosivi soprattutto su terreni collinari o montani con pendenze importanti.

L'aratura generalmente profonda che viene fatta seguire al decespugliamento, poi, se riduce temporaneamente l'entità delle infestanti, su matrice granitica e scistosa porta spesso in superficie terreno di caratteristiche fisiche e chimiche non ottimali per lo sviluppo e crescita delle colture, tanto da rendere difficoltoso il successivo insediamento di essenze erbacee spontanee o l'impianto di colture foraggere. Da qui nasce l'esigenza di sviluppare tecniche adeguate, volte al ripristino e al miglioramento dei pascoli. Tra gli accorgimenti utili a migliorare i pascoli vi è il decespugliamento razionale e la semina effettuata su terreno non lavorato, con lo spandiconcime o con una seminatrice da sodo, che permette di mettere a dimora specie foraggere anche in condizioni di elevata pendenza, scarso spessore dei suoli ed elevata pietrosità. In questi ultimi anni delle esperienze in tal senso sono state condotte dall'Agenzia Laore, con la collaborazione dell'Agenzia Agris. Sono state effettuate, infatti, numerose prove dimostrative in diverse aree delle Sardegna ed è stata realizzata una capillare campagna di informazione degli agricoltori sulle modalità per effettuare razionali interventi agronomici sul pascolo arbustivo, allo scopo di recuperare aree improduttive ed evitare che aree di interesse non solo agricolo, ma anche ambientale, vengano compromesse con pratiche agronomiche scorrette. La campagna di formazione degli agricoltori ha avuto un particolare successo in Gallura, dove in tantissime aziende zootecniche a carattere estensivo si è effettuata l'eliminazione del cisto ricorrendo ad una decespugliatrice a catene che rimuove e tritura lo strato arbustivo, consentendo la trasformazione dei cisteti in pascoli o prato-pascoli. Le prove di decespugliamento effettuate dall'Agenzia Laore, su terreni granitici superficiali (15-20 cm) hanno consentito di elevare il carico di bestiame per ettaro in

quanto il cotico erboso, liberato dal cisto, sostenuto da una concimazione minerale fosfo-azotata e da una semina effettuata su sodo di essenze foraggere autoriseminanti o perenni si è favorevolmente e rapidamente evoluto, consentendo di ottenere produzioni più che soddisfacenti. Le prove realizzate, infatti, hanno messo in evidenza che il solo decespugliamento, non porta a sensibili incrementi produttivi; se invece è seguito dalla concimazione e dalla semina di essenze prative autoriseminanti, la produzione foraggiera migliora notevolmente. I risultati ottenuti con i metodi che prevedono, dopo il decespugliamento, una lavorazione tradizionale ad una profondità di 15-20 cm per l'infittimento del cotico erboso con graminacee e leguminose annuali autoriseminanti, non hanno differito significativamente da quelli ottenuti con tecniche di minima lavorazione o con la semina su terreno non lavorato effettuata con lo spandiconcime e con la seminatrice a dischi da sodo come quella riportata in figura 12. L'eventuale incremento produttivo ottenibile con la gestione convenzionale non giustifica quindi, il maggiore costo sostenuto. La tecnica della minima lavorazione può essere impiegata con successo nei terreni con lievissima pendenza, mentre la semina su terreno non lavorato è raccomandata nelle zone di pendio dove l'erosione può instaurarsi prima dello sviluppo della cotica. I residui arbustivi presenti dopo la preliminare operazione di decespugliamento riducono l'effetto battente ed erosivo della pioggia e assicurano una sufficiente umidità del terreno per la germinazione dei semi. Il miglioramento della quantità, qualità e distribuzione stagionale della produzione dei pascoli erbacei conseguente all'applicazione di queste tecniche consente di ridurre l'incertezza delle produzioni nelle aziende agropastorali sarde dovuti all'incostante andamento meteorologico. Buone prospettive per un ampliamento delle disponibilità foraggere sono offerte anche dall'impiego degli infittimenti di specie e varietà con differente ritmo di accrescimento che possono andare a costituire una "catena di foraggiamento" sostenibile.

L'esperienza fatta in Gallura ha dimostrato che è fondamentale gestire il cotico dei pascoli senza provocare ulteriore degrado e che è possibile migliorare la produ-

zione degli allevamenti estensivi, incrementando la produzione foraggiera delle aree a pascolo maggiormente vocate, riducendo i carichi di bestiame nelle aree più degradate nelle quali si potrà instaurare un processo di rinaturalizzazione che porterà verso la macchia evoluta e successivamente al bosco.



Figura 12 - Seminatrice Gaspardo con disco singolo

3.

I risultati della sperimentazione agronomica in Sardegna

3.1. Sistemi cerealicoli-foraggeri

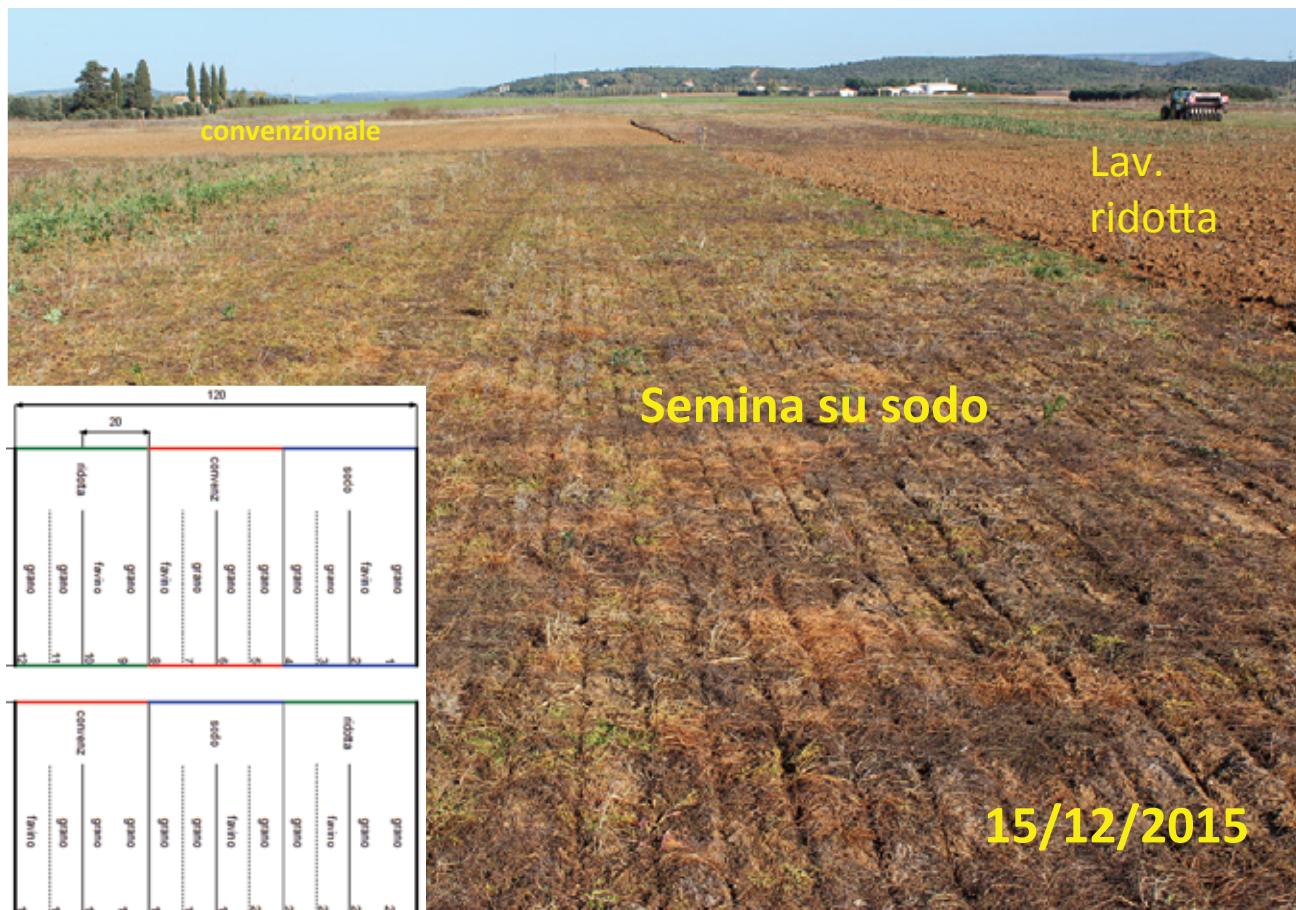


Figura 14 - Campo sperimentale di Ussana (SC):
in primo piano favino seminato su sodo;
a destra con la lavorazione ridotta; sullo sfondo in gestione convenzionale

3.1.1. Effetti sulle produzioni

La maggior parte degli studi sulle lavorazioni conservative sono concentrati nelle aree dove tali tecniche sono maggiormente diffuse: prevalentemente nel continente americano ed in minor misura in Australia, Asia ed Africa. In Europa gli studi più conosciuti sono stati condotti in Spagna e Regno Unito.

In Italia vi sono alcuni esperimenti di lungo periodo nei quali sono stati indagati sia gli effetti delle lavorazioni conservative che degli avvicendamenti colturali (Giambalvo et al., 1999; Pisante e Basso, 2000; Bonari et al., 2005; Carboni et al., 2006; De Vita et al., 2007). Fra questi vi è un esperimento realizzato in Sardegna a partire dal 2003 (Fig. 14 - Fig. 15), presso l'azienda San Michele di Ussana dell'Agri ed ancora in corso e denominato "Sistemi colturali estensivi" (SC), nel quale sono state messe a confronto le tecniche di lavorazioni conservative rispetto alla gestione convenzionale e dove, contemporaneamente, si studiano gli effetti che la rotazione con delle leguminose (favino e pisello proteico) produce sulla coltura cerealicola estensiva più diffusa: il grano duro. Lo stesso esperimento viene condotto su due suoli con caratteristiche diverse:

- Ussana: suolo franco-argillo-sabbioso dotato di modesta fertilità e contenuto di sostanza organica;

- Benatzu: terreno franco-argilloso profondo dotato di maggiore fertilità e contenuto di sostanza organica.

In campo foraggero, sempre presso l'azienda San Michele di Ussana, è in corso un esperimento dal 2010 in cui un sistema foraggero (SF) costituito da medica polimorfa, erbaio di veccia-avena e orzo viene seminato con tecniche di lavorazione conservative in confronto tra loro e con le due differenti tipologie di seminatrici da sodo (falcioni e dischi) (Fig. 15).

Le considerazioni riportate di seguito derivano dalle osservazioni effettuate in questi due esperimenti. Nel corso degli anni l'attività di ricerca ha interessato diverse colture erbacee estensive.

I dati raccolti sulle leguminose da granella, comparando parcelle realizzate con diverse lavorazioni: convenzionale, ridotta e sodo, non hanno evidenziato differenze rilevanti di resa né di qualità delle produzioni.

Le maggiori oscillazioni di resa osservate, hanno riguardato l'andamento meteorologico ("effetto annata") ed il sito sperimentale (in genere sono state conseguite rese più elevate al Benatzu).

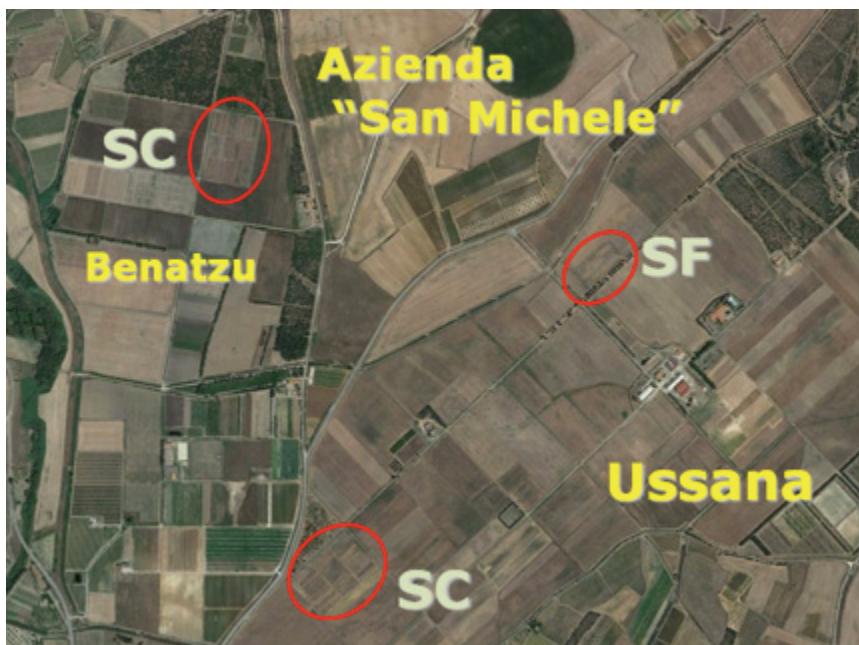


Figura 15 - Localizzazione degli esperimenti presso l'azienda S. Michele dell'Agri

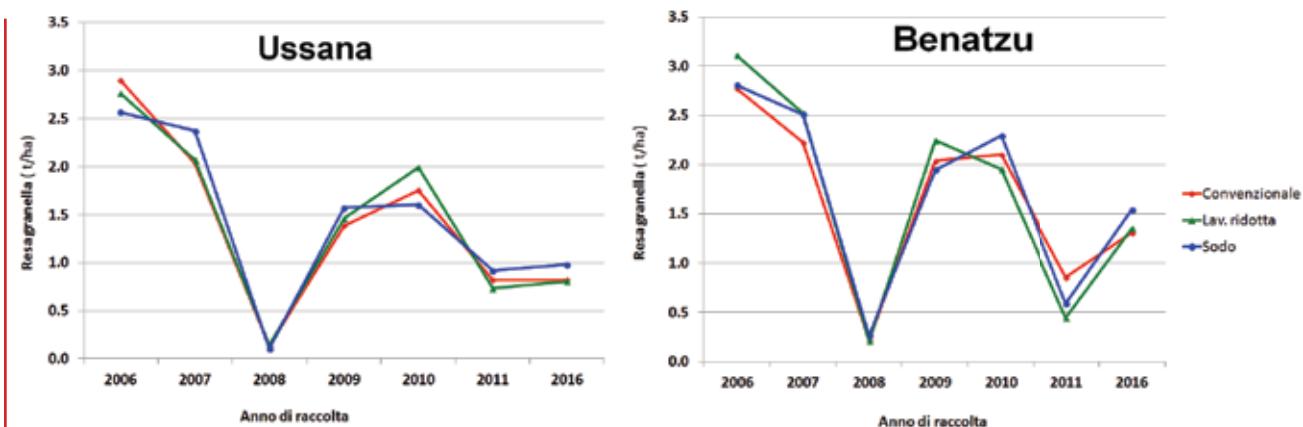


Figura 16 - Resa in granella di pisello proteico (Hardy) nei due siti sperimentali

Nel caso del pisello proteico, dall'esame dei grafici della figura 16, si rileva che le rese ottenute con i tre metodi di lavorazione sono simili. Nel caso del favino sono state osservate rese leggermente superiori, di a 0.2-0.3 t/ha, nelle colture realizzate con la lavorazione convenzionale rispetto a quelle conservative (Fig. 17). Risultati abbastanza concordi ai precedenti sono stati osservati sul grano duro (Fig. 18). Pur con le oscillazioni sensibili di resa, legate alle condizioni meteorologiche ed al sito sperimentale (maggiori rese al Benatzu), non sono state osservate differenze rilevanti di resa in granella nelle parcelle sperimentali di grano sottoposte a diverse tecniche di lavorazione.

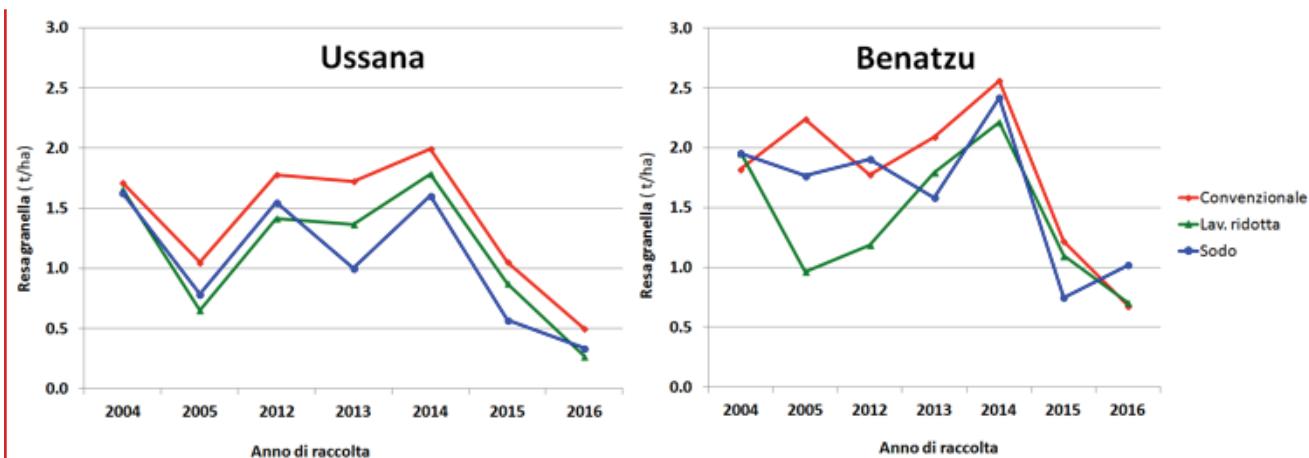


Figura 17 - Resa in granella di favino (Prothabat 69) nei due siti sperimentali

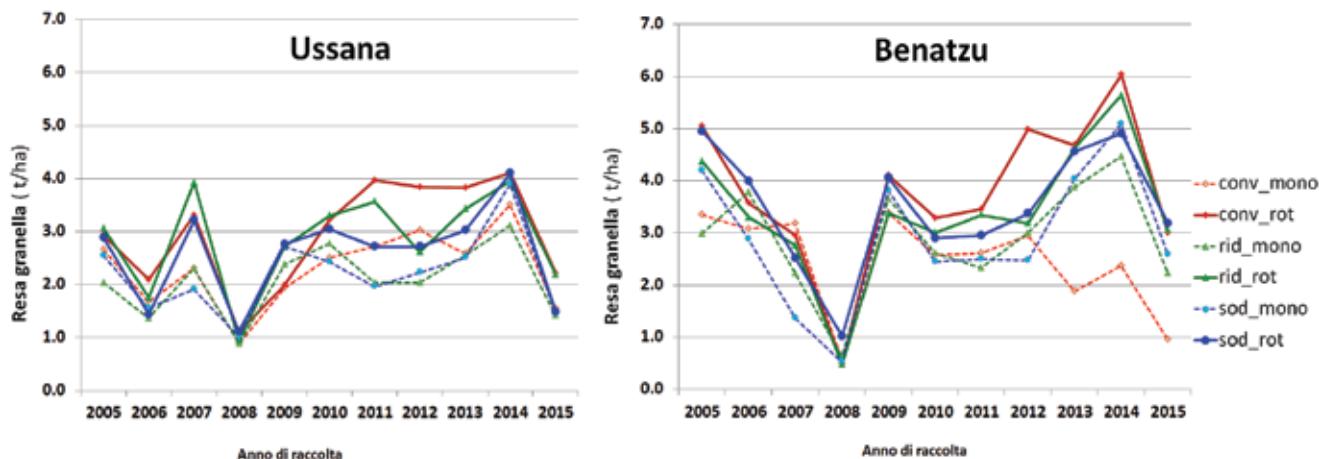


Figura 18 - Resa in granella di grano duro nei due siti sperimentali

C'è da evidenziare che, per il grano duro, gli avvicendamenti colturali con leguminose da granella (favino o pisello proteico), in genere, hanno garantito migliori produzioni (Fig. 18) sia in termini di quantità che di qualità (contenuto proteico maggiore). Nel sito del Benatzu, soprattutto nelle annate a partire dal 2013, sono stati inoltre osservati vistosi cali di resa sulle semine di grano realizzate con lavorazione convenzionale in monosuccessione. Le cause di questa diminuzione sono state svelate da indagini svolte in collaborazione con la Sezione di Patologia vegetale ed Entomologia del Dipartimento di Agraria di Sassari le quali hanno evidenziato che la coltura ha subito un forte attacco di nematodi (*Heterodera avenae*). Questo attacco, inusuale in terreni argillosi come quello del Benatzu, è stato favorito sia dalla decennale monosuccessione di grano duro, che dall'ambiente ottenuto artificialmente con la gestione convenzionale (aratura più lavorazioni ripetute). Per contro, è necessario sottolineare che lo sviluppo dei nematodi è stato ostacolato dalle lavorazioni conservative che determinano un più elevato compattamento ed una minore ossigenazione del suolo (Fig. 19) (Dettori 2014; Sedda 2015).

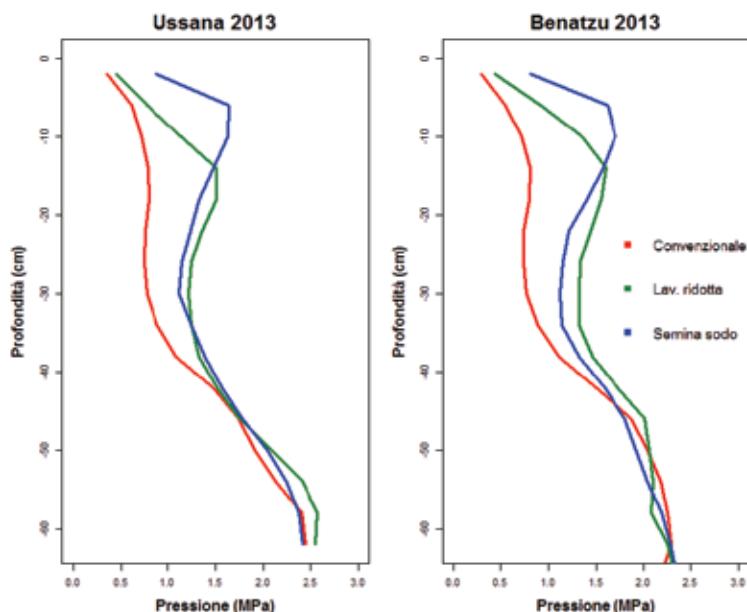


Figura 19 - Curve penetrometriche per la stima del livello di compattazione del suolo

3.1.2. Effetti sul suolo

Durante la sperimentazione sono stati osservati diversi effetti sul suolo, molti dei quali sono manifestazioni che si rendono più visibili dopo almeno 8-10 anni di coltivazione continuativa con le tre modalità di lavorazione: convenzionale, ridotta e semina su sodo.

Compattazione del suolo

Attraverso l'uso di un penetrometro ad ultrasuoni (Penetrologger - Eijkelkamp), dopo 10 anni dall'inizio dell'esperimento sono state effettuate delle misure sulla resistenza alla penetrazione del suolo. Queste servono a verificare il suo grado di compattamento nei diversi strati e, indirettamente, il suo stato di ossigenazione. I rilievi sono stati eseguiti prima di realizzare le lavorazioni e dopo che il terreno aveva raggiunto la capacità di campo (novembre 2013) ed hanno evidenziato che, nei primi 10 cm, il terreno è più compatto nelle parcelle interessate dalla semina su sodo, è più soffice ed ossigenato (ha una maggiore macro-porosità) in quelle gestite con lavorazione convenzionale (Fig. 19) e ha valori intermedi in quelle dove si è effettuata la lavorazione ridotta.

Nei terreni interessati dalla semina su sodo la massima compattazione del terreno si raggiunge a circa 10 cm di profondità (strato superficiale compatto) mentre negli strati più profondi la compattazione si riduce rapidamente sino a 30 cm circa. Nei terreni coltivati con la lavorazione ridotta, la compattazione massima avviene a circa 15 cm di profondità (profondità massima di lavoro raggiungibile dagli attrezzi per la lavorazione ridotta) per poi ridursi. La compattazione tende ad aumentare oltre i 30 cm e, da 40 cm, non vi sono differenze fra le tre gestioni colturali alternative.

Contenuto di sostanza organica del suolo

Nel novembre del 2013, dopo 10 anni di gestioni alternative delle parcelle sperimentali, sono state effettuate le analisi del suolo a due profondità (0-5 cm e 5-20 cm) per verificare la variazione delle caratteristiche chimiche rispetto alla situazione iniziale.

Nelle parcelle interessate dalla semina su sodo, in entrambi i siti sperimentali, è stato osservato un incremento dell'1% circa del contenuto di sostanza organica nel suolo nei primi 5 cm (fig. 20). Considerato che, nelle parcelle

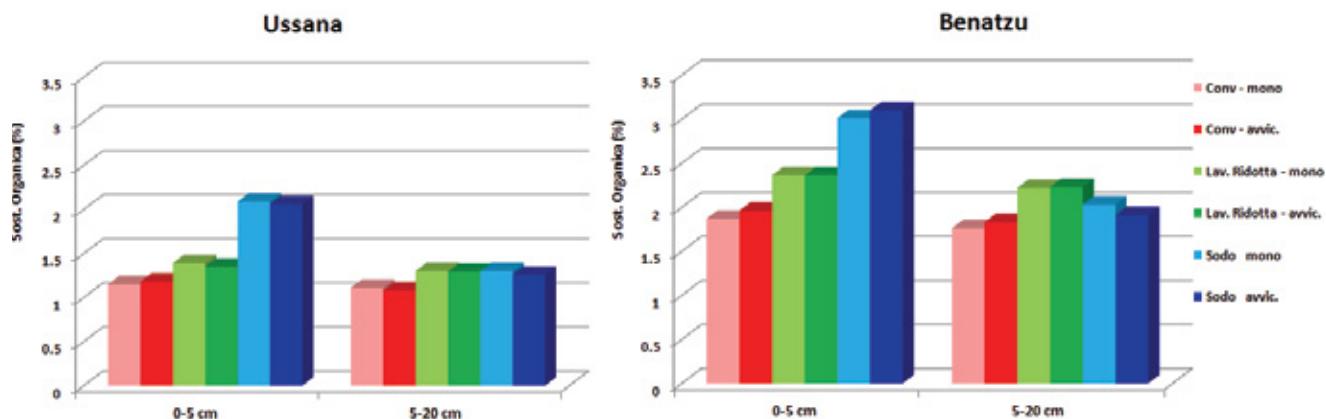


Figura 20 - Contenuto di sostanza organica del suolo dopo 10 anni di gestioni colturali alternative

sperimentali messe a confronto per i diversi tipi di lavorazioni, le restanti operazioni colturali non si sono differenziate (stesse condizioni e stessa gestione dei residui colturali), il maggiore accumulo di sostanza organica avuto con la semina su sodo può essere attribuito principalmente al fatto che in quest'ultimo caso l'interramento dei residui non avviene e si accumula negli strati superficiali. Con la lavorazione tradizionale e quella ridotta (o lavorazione minima) i residui, invece, venivano incorporati in uno strato di spessore maggiore (rispettivamente 10-12 cm con lavorazione ridotta e circa 25-30 cm con quella convenzionale) determinando un effetto di "diluizione" della sostanza organica su uno strato di terreno maggiore. Con le lavorazioni conservative, inoltre, la mineralizzazione della sostanza organica (processo ossidativo) avviene più lentamente rispetto a quelle convenzionali (Fig. 21). Occorre infatti considerare che a maggior compattamento corrisponde minore ossigenazione del suolo e quindi minore ossidazione (perdita) della sostanza or-

Effetto delle lavorazioni sulla sostanza organica



Figura 21 - La sostanza organica del suolo, in condizioni favorevoli (es. condizioni ossidative) viene mineralizzata (processo ossidativo) più rapidamente. Il suo "consumo" è quindi maggiore con la gestione convenzionale

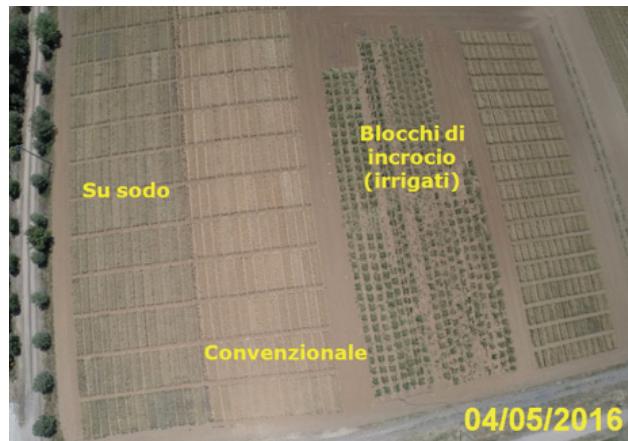


Figura 22 - Veduta aerea di prove "nazionali" di grano duro (seminate nello stesso periodo): le piante seminate su sodo (a sinistra) sono ancora verdi mentre su convenzionale (a destra) sono in via di disseccamento (Ussana 04/05/2016)

ganica. I rilievi penetrometrici, infatti, hanno evidenziato livelli di compattazione inferiori (maggiore ossigenazione) con la gestione convenzionale nei primi 40 cm di profondità (Fig. 19). Le tecniche di lavorazione conservative, da alcuni autori, vengono definite come tecniche utilizzate con lo scopo di conservare acqua e suolo (Lal, 1997). Nel corso della sperimentazione molto spesso sono state fatte osservazioni che hanno confermato queste affermazioni. In numerose annate e colture si è notato un rallentamento delle fasi fenologiche (es. fioritura, spigatura e maturazione semi) rispetto alla gestione convenzionale. In ambienti mediterranei le piante tendono ad accelerare le fasi fenologiche (risposta eco-fisiologica) in condizioni di stress idrico che si verifica spesso in primavera ed in annate siccitose. Il rallentamento dei processi di senescenza osservato con la gestione conservativa è dunque dovuto alle migliori condizioni per lo sviluppo presenti per le piante (maggiori riserve idriche presenti nel suolo) rispetto alla gestione convenzionale (terreno più secco) (Fig. 22).

Il contenuto d'acqua del suolo molto spesso è maggiore con la gestione conservativa anche immediatamente dopo la semina. Come esempio si riporta l'annata 2015/16, nella quale l'inverno è stato particolarmente siccitoso. Successivamente alle semine, avvenute a metà dicembre, non è piovuto fino a fine gennaio con problemi di emergenza delle colture per scarso contenuto d'acqua del suolo.

In tali condizioni le emergenze sono state più regolari con la gestione conservativa rispetto alla gestione convenzionale (Fig. 23 - Fig. 24).



3.2. Sistemi foraggeri

3.2.1. Effetti sulle produzioni

Passando a illustrare alcuni dei principali risultati sin qui ottenuti dall'esperienza nel sistema foraggero possiamo anche in questo caso suddividere gli effetti sulle produzioni e sul suolo. Nelle foto che seguono si possono vedere le parcelle con le varie tipologie di semina (Fig. 25), la crescita delle piantine in mezzo ai residui colturali (Fig. 26), le parcelle nel pieno sviluppo (Fig. 27).



Figura 23 - Il terreno "lavorato" tende a ridurre il contenuto d'acqua del suolo più rapidamente: a sinistra, dopo un mese dalla semina, la coltura non emerge; a destra, con la semina su sodo il grano è emerso senza difficoltà (Ussana 14/01/2016)



Figura 24 - Prove nazionali confronto varietali grano al Benatzu: a sinistra grano seminato su sodo (emergenza regolare); a destra, grano in gestione convenzionale con emergenza della coltura irregolare (Benatzu 14/01/2016)



Figura 25 - Campo prove lavorazioni foraggere dopo le semine con le tre tipologie di conduzione: sinistra sodo dischi, centro sodo falcioni, destra lavorazione ridotta su sodo; a destra con gestione convenzionale



Figura 26 - Campo prove lavorazioni foraggere dopo le semine con le tre tipologie di conduzione: sinistra sodo dischi, centro sodo falcioni, destra lavorazione ridotta su sodo; a destra con gestione convenzionale



Figura 27 - Veduta delle parcelle di orzo in primavera

Come commento generale si può dire che si nota una sostanziale buona riuscita delle colture con le varie tipologie di semina. Visivamente le differenze sono minime mentre all'analisi dei dati sono più rilevanti. Se nelle prime fasi di sviluppo i campi sembrano "sporchi" con il progredire del ciclo le parcelle si rivestono della coltura seminata senza grosse difficoltà sino alla raccolta.

I grafici riportati nella figura 28 mostrano come le diverse colture reagiscono in maniera differente alle gestioni conservative sperimentate. La medica polimorfa sembra gradire una semina su sodo con i falcioni che gli permette di sfruttare la lavorazione ridotta, data dagli stessi, per prendere il sopravvento sulle infestanti. L'erbaio di vecchia avena non sembra prediligere una particolare lavorazione

e infine, l'orzo si adatta bene alla semina su sodo con i dischi sia quando è utilizzato come pascolo precoce sia quando è utilizzato per produrre granella. Sulle produzioni va fatta la considerazione generale che i dati di lungo periodo evidenziano un'interazione significativa annata x lavorazione e che il consiglio tecnico generale è di alternare anni di semina su sodo con almeno un anno di minima lavorazione per evitare il formarsi di una uno strato superficiale indurito, specialmente nel caso di uso della seminatrice a dischi. Inoltre, sarebbe opportuno eseguire una ripuntatura, o un intervento di decompattazione, dopo alcuni anni di gestione su sodo per arieggiare nuovamente l'intero profilo del suolo.

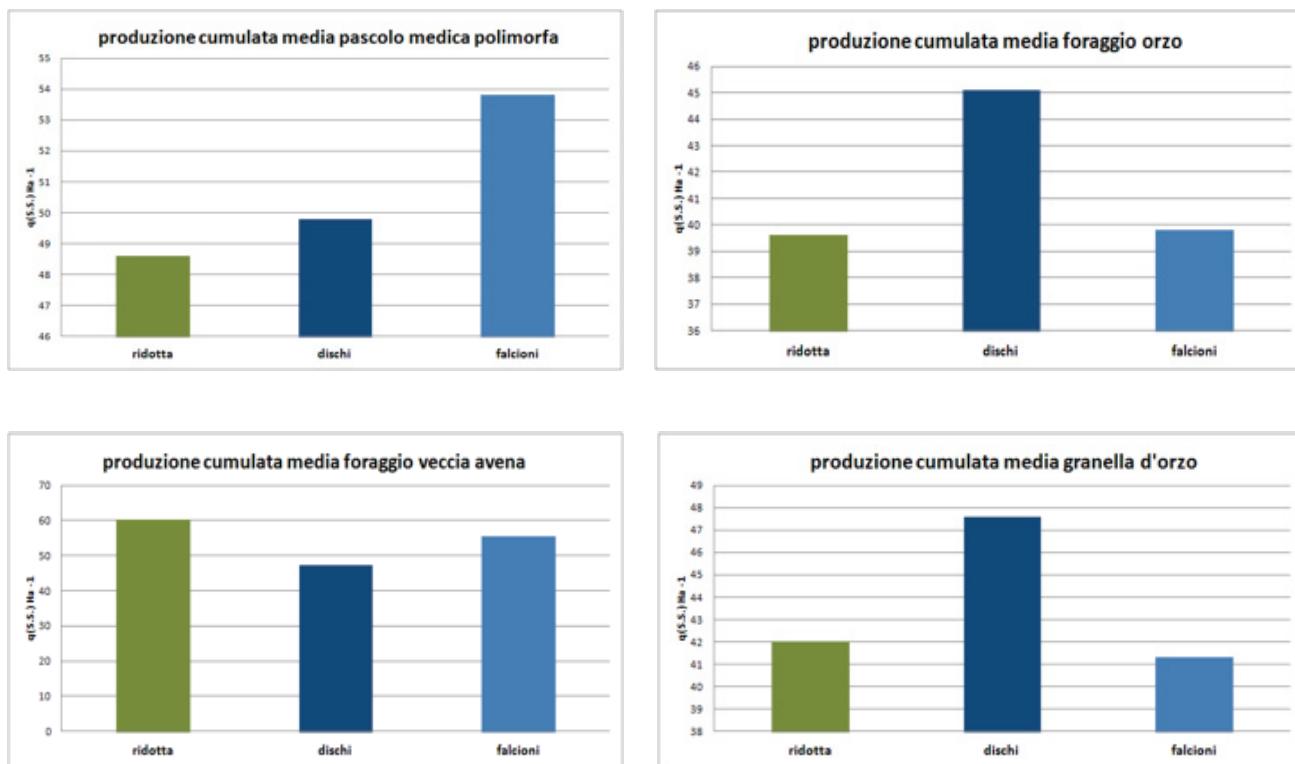


Figura 28 - Dati medi delle varie produzioni in agricoltura conservativa

Nei grafici della figura 29, invece, sono riportati alcuni dati relativi all'ultima annata agraria che evidenziano come il fattore annata e lavorazione siano strettamente legati tra loro. Date le basse precipitazioni, la poca umidità presente nel terreno, seminato da anni con la seminatrice a dischi, ha permesso, nel caso della granella di orzo, di ottenere un risultato decisamente superiore alle altre due gestioni (a titolo di confronto la produzione media di grano duro in azienda è stata pari a 10 q per ettaro). Nel caso dell'erbaio di veccia-avena invece è stata maggiormente produttiva la tecnica della semina con falcioni.

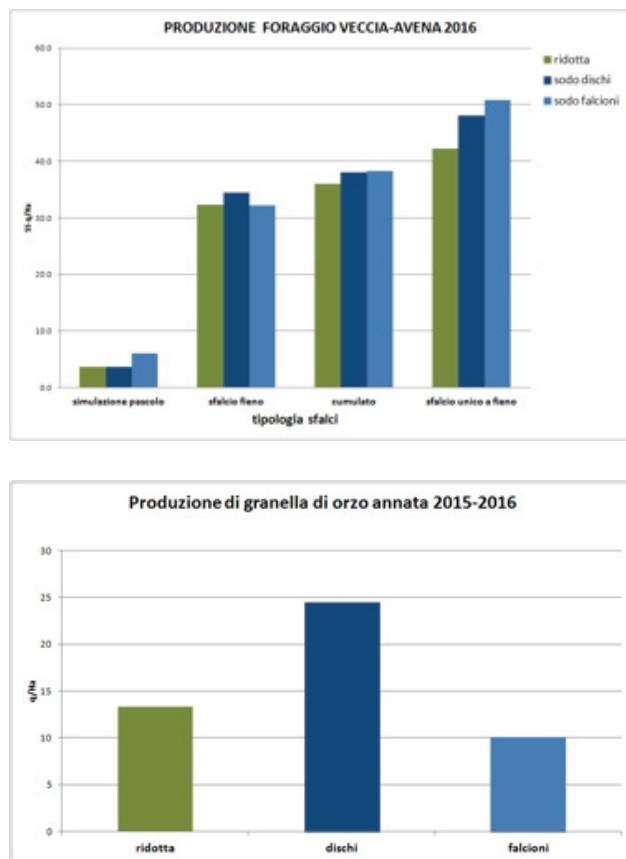


Figura 29 - Dati dell'ultima annata agraria caratterizzata da una forte siccità

3.2.2. Effetti sul suolo

Per quanto riguarda gli effetti sul suolo della gestione conservativa sui sistemi colturali foraggeri i risultati sono riportati nei grafici delle figure 30, 31 e 32. Dalla loro analisi emerge che nei primi 5 cm di suolo, dopo 6 anni di coltivazione, la quantità di sostanza organica e di azoto risulta maggiore nella semina su sodo eseguita con seminatrice a falcioni seguita dalla semina su sodo realizzata con seminatrice a dischi e dalla semina su lavorazione ridotta. Nell'intervallo di profondità tra 5 e 20 cm, invece, l'accumulo di sostanza organica è maggiore nel suolo delle parcelle interessate dalla lavorazione ridotta rispetto a quello delle parcelle interessate dalla semina su sodo a falcioni o a dischi. Confrontando, infine, l'accumulo della sostanza organica, in base alla tipologia di coltura, è l'orzo che lascia solitamente maggiori residui colturali alla fine del suo ciclo e ne permette un maggiore accumulo.

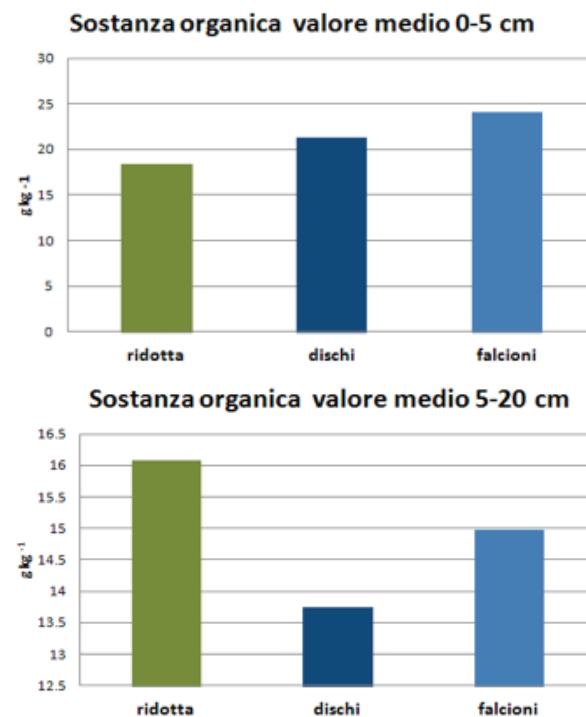


Figura 30 - Andamento Sostanza organica nelle diverse tipologie di semina

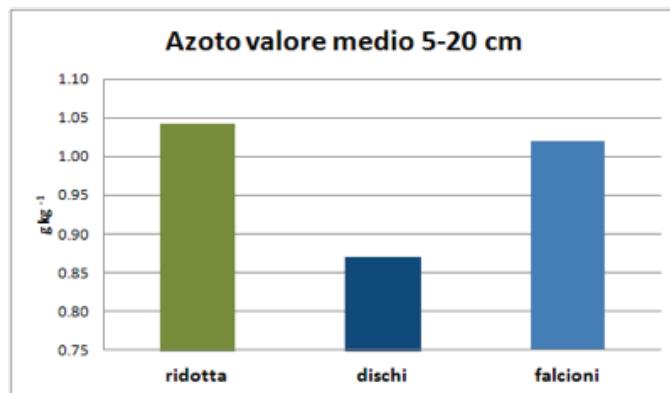
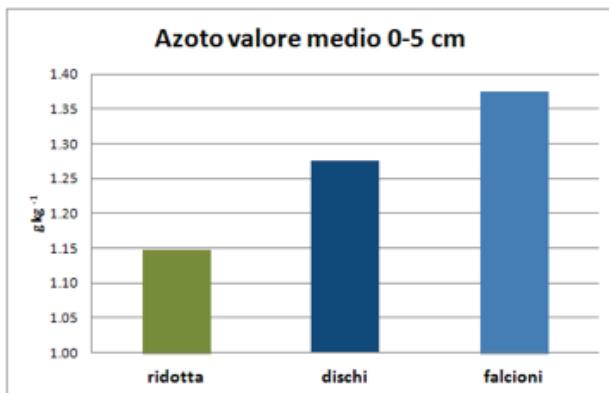


Figura 31 - Andamento Azoto nelle diverse tipologie di semina

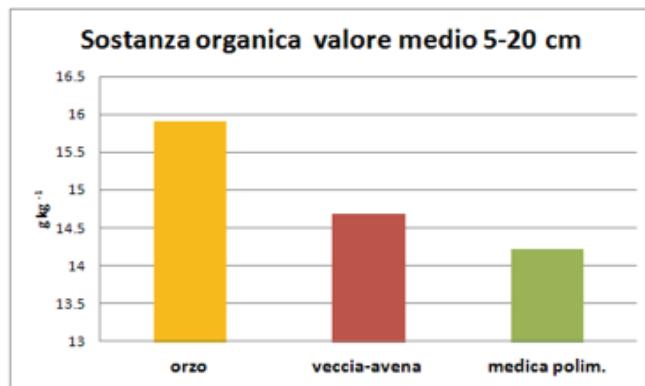
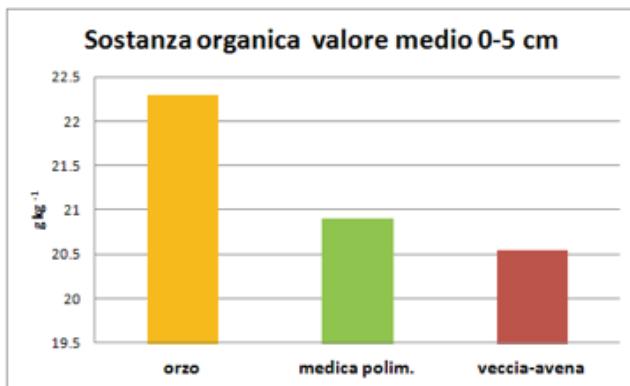


Figura 32 - Andamento Sostanza organica con le differenti colture

I dati inerenti l'accumulo di sostanza organica e azoto nel suolo in entrambe le tipologie di esperimenti precedentemente descritti così come l'adozione delle tecniche di agricoltura conservativa giocano un ruolo chiave per garantire una maggiore sostenibilità ambientale ed economica dell'agricoltura come verrà descritto nel successivo paragrafo.

4.1. Quadro storico e politico

L'originario impulso della Politica Agricola Comunitaria (PAC), avente come obiettivo fondamentale l'incremento delle derrate alimentari e, con esso, la stabilità degli approvvigionamenti e il raggiungimento di un soddisfacente reddito degli operatori agricoli, ha originato, a fianco dell'indubbia evoluzione e crescita agricola, insostenibili e diseconomiche eccedenze produttive, accompagnate da consistenti squilibri ambientali, oltreché alimentari. Nello specifico, nei riguardi del suolo, spesso erroneamente considerato un bene infinito e perennemente disponibile, si è osservato un preoccupante decadimento del suo "stato di salute". Questo viene evidenziato da una consistente diminuzione della fertilità, oltreché da una colpevole limitazione e/o blocco delle sue svariate e correlate funzioni, nel frattempo "riscoperte" negli ultimi anni nella loro vitale importanza e racchiuse nei cosiddetti "servizi eco-sistemici", non circoscritti al solo approvvigionamento alimentare. Anche in Sardegna, complici, a volte, gli incentivanti "miglioramenti fondiari", la messa a coltura di terreni non idonei, sottratti spesso a boschi e macchia, le lavorazioni profonde e/o la «messa a nudo» del terreno nei periodi piovosi, le ripetute mono-successioni di cereali autunno vernini, l'irrazionale e prolungata pressione e/o presenza animale sulle cotiche hanno procurato, nel loro insieme, oltre al decadimento delle risorse idriche e alla perdita di habitat con la loro biodiversità, azioni di erosione sul suolo, procurando, al contempo, il depauperamento della struttura e l'impovertimento della dotazione di sostanza organica. A partire dagli anni '80 del secolo scorso, viste le notevoli criticità che man mano andavano manifestandosi, la PAC intervenne attraverso una serie

di misure di contenimento (ritiro seminativi dalla produzione o set-aside, quote latte, espianati dei vigneti, ecc.), tendenti a calmierare gli eccessi produttivi, e di accompagnamento (estensivizzazione degli allevamenti, riduzione concimi, agricoltura biologica, metodi di produzione eco-compatibili, ecc.). Queste ultime misure, invertendo parzialmente la "primitiva rotta", tendevano a promuovere "nuovi" (od antichi?) sistemi produttivi a beneficio, in particolare, dell'ambiente (quindi, anche del suolo), della "sicurezza alimentare" e, in ultima analisi, della salute dei cittadini. In questa maniera, attraverso le rinnovate e periodiche riforme, si è gradualmente generato nelle maglie della Politica comunitaria un nuovo "patto" con l'agricoltura, non più reciprocamente sancito nell'assicurare "sostegni alle rese produttive", ma "sostegni all'azienda", ossia "al produttore", a condizione che quest'ultimo si impegnasse non solo a garantire

Il suolo e i "servizi eco-sistemici"

Il suolo svolge diverse funzioni:

- a) **approvvigionamento:** fornisce cibo, acqua, legname e altre materie prime;
- b) **supporto:** ospita la vita delle piante e degli animali (habitat) e conserva la diversità biologica (biodiversità);
- c) **regolazione:** regola il clima, la qualità dell'aria e le acque, l'impollinazione, l'assimilazione dei rifiuti e mitiga i rischi naturali, quali erosione, ecc.;
- d) **culturale:** garantisce benefici non materiali, quali le attività umane, i valori estetici e ricreativi, l'arricchimento spirituale e intellettuale, l'archivio storico e archeologico.

un sufficiente e sicuro approvvigionamento alimentare, ma che promuovesse allo stesso tempo, durante l'esercizio delle sue quotidiane attività, un'agricoltura sostenibile e socialmente accettabile, con la simultanea fornitura/tutela dei cosiddetti "beni pubblici", assimilabili ai predetti servizi eco-sistemici, a disposizione e a godimento di tutti i cittadini (Fig. 33). I premi comunitari, sempre più limitati e sotto la lente dei contribuenti, desiderosi di maggiori e più concrete giustificazioni sui finanziamenti agricoli, si ponevano in questa maniera, tra l'altro, come "contropartita" alla difesa e rispetto dell'ambiente, del paesaggio agro-forestale e della completa funzionalità del suolo.

Il "patto" fra l'Agricoltura e l'Ambiente



Figura 33 Il "patto" fra l'Agricoltura e l'Ambiente

4.2. Il regime della Condizionalità

È da questo fondamentale e reciproco equilibrio tra la sfida reddituale (competitività aziendale) e la sfida ambientale (sostenibilità delle risorse naturali) che è scaturito, a partire dal 2003, con la "Riforma Fischler", il cosiddetto regime della Condizionalità, il cui pieno rispetto garantisce il percepimento e, nel caso in cui l'azienda venga sottoposta a controllo, l'integrale mantenimento dei pagamenti diretti e di alcuni sostegni provenienti dal Programma di Sviluppo Rurale (PSR).

La Condizionalità viene consegnata agli imprenditori agricoli come basilare strumento attuativo della PAC, affinché, in armonia con la primaria esigenza dell'approvvigionamento alimentare, salvaguardi le risorse idriche, il suolo, la biodiversità, il paesaggio, oltreché la sicurezza e salubrità alimentare e il benessere degli animali. Questa sfida, ulteriormente rafforzata all'interno della nuova programmazione della politica agricola (PAC 2020), che s'incrocia sempre di più con le politiche climatiche ambientali, diventa così un rinnovato e fondamentale fulcro di sviluppo aziendale e territoriale. All'interno del Settore Ambiente, la Condizionalità riserva uno specifico tema per la tutela dello "stato di salute" del suolo e per lo stoccaggio del carbonio attraverso l'osservanza di alcuni "criteri minimi" ricompresi nelle cosiddette Buone Condizioni Agronomiche e Ambientali (BCAA). Nello specifico, come brevemente descritti nella Fig. 34, gli impegni aziendali, in perfetta simbiosi e sincronia fra di loro, tendono a:

- attutire, specie nei periodi più piovosi, i fenomeni erosivi, adottando, in alternativa alla copertura vegetale, tecniche meno invasive, quali la discissura, la ripuntatura e il rilascio dei residui colturali;
- regimare il deflusso dell'acqua piovana, specie sui seminativi posti in pendio;
- conservare/stoccare la sostanza organica, vietando l'abbruciamento delle stoppie;
- mitigare i fenomeni dei cambiamenti climatici.

IL SUOLO

*"Il suolo, **non rinnovabile**, è uno dei beni più preziosi dell'umanità. Consente la vita dei vegetali, degli animali e dell'uomo sulla superficie della terra".*

(Carta Europea del Suolo - Consiglio d'Europa, 1972)



Se i suoli sono degradati, se il loro «stato di salute» è precario, come possiamo parlare di sicurezza alimentare?

LA NUOVA SFIDA DELLA CONDIZIONALITÀ 2020 CON FINESTRA SUL TEMA SUOLO

SETTORI	TEMI			AZIONI SUL SUOLO
1) Ambiente, cambiamenti climatici e buone condizioni agronomiche del terreno	1) Acque			
	2) Suolo e stoccaggio del carbonio	BCAA 4	Copertura minima del suolo (Su terreni declivi, in presenza di incisioni, «rivestire» il suolo)	a) Sui seminativi set-aside: durante tutto l'anno
				b) Su seminativi e pascoli: dal 15 gennaio al 14 aprile
				c) Su colture permanenti: dal 1° dicembre al 28 febbraio
		BCAA 5	Gestione minima delle terre per limitare l'erosione (Su terreni declivi, adibiti a seminativi)	a) Realizzazione di solchi acquai temporanei, oppure fasce inerbite
				b) Divieto di eseguire livellamenti non autorizzati
				c) Manutenzione della rete idraulica e della baulatura
	BCAA 6	Mantenere i livelli di sostanza organica del suolo mediante pratiche adeguate	a) Divieto di abbruciamento di stoppie e paglie sui seminativi	
	3) Biodiversità			
	4) Livello minimo di mantenimento del paesaggio			
2) Sanità pubblica, salute degli animali e delle piante	1) Sicurezza alimentare			
	2) Identificazione e registrazione degli animali			
	3) Malattie degli animali			
	4) Prodotti fitosanitari			
3) Benessere degli animali	1) Benessere degli animali			

Figura 34

4.3. Il greening

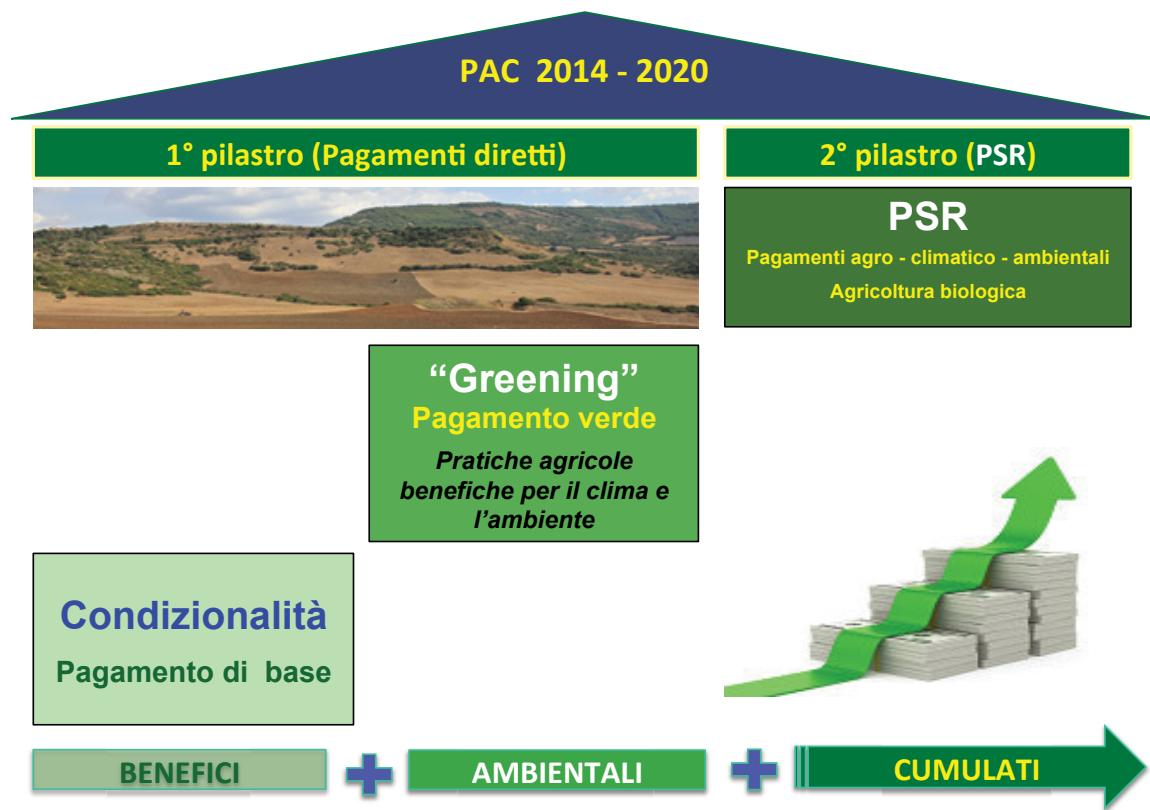
I “criteri minimi” della Condizionalità vengono rafforzati nello “strato verde” del Pagamento unico, rappresentato dal cosiddetto “greening” (o “pagamento verde”), il cui percepimento, sommato a quello di base, richiama l’osservanza di alcune pratiche agricole obbligatorie, benefiche per il clima e l’ambiente.

Tali pratiche sono richieste in maggior misura alle aziende intensive di medie grandi estensioni, dove normalmente si ricorre e/o si è fatto ricorso in passato alla monocoltura sui seminativi. I tre impegni (diversificazione delle colture, mantenimento dei prati naturali e la creazione di aree di

interesse ecologico - EFA) agiscono nel loro insieme, oltre che sulla fertilità del suolo, sulla “restituzione” e/o produzione di beni pubblici a vantaggio dell’ambiente, del paesaggio, della biodiversità e, in ultima analisi, dei cittadini, i quali sono disposti in questa maniera a remunerare sul mercato la “nuova” offerta dei prodotti aziendali.

L’agricoltore che non rispetta gli impegni “greening” subisce un abbattimento dello stesso premio e, in aggiunta, vedrà ridursi il pagamento base del premio unico di una frazione pari al 20% del “pagamento verde” nel 2017 e del 25% dal 2018.

Figura 35



4.4. PSR, la Difesa del suolo e l'Agricoltura conservativa

Gli “obiettivi verdi” della PAC vengono ulteriormente rafforzati all’interno del 2° pilastro della PAC, ossia nel Programma di Sviluppo Rurale (PSR), il più importante strumento finanziario che le Regioni hanno a disposizione per poter garantire agli imprenditori agricoli una consistente e vitale fonte di aiuti e sostegni. Questi vanno a cumularsi, per i benefici ambientali da essi apportati, a quelli corrisposti dal premio base della PAC (previa osservanza della Condizionalità) e dal secondo “pacchetto” del premio unico, costituito dal greening (Fig. 35).

La Regione Sardegna, all’interno del PSR 2014-2020, a prosecuzione e a conferma di analoghi interventi promossi con la precedente programmazione finanziaria, ha attivato dal 2016 alcuni bandi che nel loro complesso, all’interno della Misura 10 (Pagamenti agro-climatico-ambientali) e della Misura 11 (Agricoltura biologica), si collocano per dare risposte alla cosiddetta Priorità 4 (“Preservare, ripristinare e valorizzare gli ecosistemi connessi all’agricoltura e alla silvicoltura attraverso il miglioramento della biodiversità, dell’acqua e del suolo”).

A tal proposito, specificatamente al “bene pubblico” suolo, in Sardegna continuano a persistere alcuni punti deboli che, tra l’altro, indicano come fragile e/o critica alla

desertificazione una consistente quota delle aree regionali, interessate, specie nelle aree con elevate pendenze, a rinnovate azioni erosive, che generano una insostenibile compromissione delle funzioni vitali del suolo.

Alla fine di far fronte a queste criticità, risulta di notevole interesse l’adozione volontaria di metodi di coltivazione e/o di modalità d’uso del suolo orientati in maniera trasversale ad altre a mitigare i cambiamenti climatici.

Tali metodi, compresi all’interno della Misura 10 (Pagamenti agro-climatico-ambientali), si riferiscono nello specifico al Tipo di intervento 10.1.1, meglio conosciuto dagli operatori agricoli come “Difesa del suolo”.

L’osservanza delle specifiche tipologie di azioni, graficamente rappresentate nella figura 36, e aventi entrambe una durata di sei anni, il più delle volte generanti maggiori costi produttivi e minori guadagni, viene ricompensata da apposito pagamento annuale per ettaro di superficie.

È possibile aderire ad uno o ad entrambi gli interventi in funzione dell’ordinamento culturale esistente. Tuttavia, in caso di adesione ad entrambi, i relativi premi non sono cumulabili tra loro nel caso in cui vengano richiesti sulle medesime superfici.

Figura 36

PROGRAMMA DI SVILUPPO RURALE 2014 - 2020

Misura 10 : *Pagamenti agro - climatico - ambientali*

Sottomisura 10.1 : *Pagamenti per impegni agro - climatico - ambientali*

Intervento 10.1.1 : *Difesa del suolo*

INTERVENTI	DESCRIZIONE	PREMIO/ ETTARO/6 ANNI
Intervento 1	Conversione dei seminativi in prati permanenti	242,00
Intervento 2	Agricoltura conservativa	250,00

4.4.1. Difesa del suolo - Intervento 1 Conversione dei seminativi in prati permanenti

L'intervento 1 consiste nel convertire i seminativi in prato permanente (naturale o artificiale), sfalciabile e/o pascolabile. Le superfici interessate, prima dell'inizio del periodo di impegno, devono risultare coltivate con colture avvi-cendate, riscontrabile tale requisito sul fascicolo aziendale. Durante l'intero periodo di impegno non è consentita l'aratura del terreno, fatta eccezione di quella da effettuarsi nel primo anno, qualora si programmasse l'impianto di un prato artificiale, utilizzando foraggiere permanenti seminate. Con questo intervento si amplia, rispetto alla Condizionalità (BCAA 4), in particolare su tutti i terreni che manifestano fenomeni erosivi evidenziabili da incisioni diffuse (rigagnoli), siano essi seminativi o pascoli, oppure colture permanenti, il periodo di "vestizione" del suolo, assicurando ad esso una copertura vegetale più duratura che permette da un lato un miglioramento della struttura, della sostanza organica e della fertilità e, al contempo, a

fronte delle mancate arature annuali, una diminuzione dei fenomeni erosivi superficiali di origine idrica ed eolica, contribuendo, altresì, al miglioramento della biodiversità.

4.4.2. Difesa del suolo - Intervento 2 Agricoltura conservativa

In questo secondo intervento, il suolo diviene ancora "più armato" per poter fronteggiare eventuali criticità dovute a fenomeni erosivi. I due impegni richiesti, coerenti uno con l'altro e portatori di indubbi vantaggi ambientali, sono riportati nella Fig. 37. Il primo consiste nell'applicazione di alcune tecniche agronomiche, meglio definite dalla minima lavorazione del suolo ("minimum tillage"), oppure dalla semina su sodo ("zero tillage"), che permettono entrambe di poter determinare un "minor disturbo" sul terreno. A fronte dell'osservanza di una o di entrambe le predette tecniche agronomiche, dettate da opportune e specifiche scelte aziendali, deve necessariamente seguire, quale secondo impegno, l'adozione di una rotazione biennale, che consiste nell'alternanza di due colture sulla medesima superficie. Nel caso specifico, seguendo un ordine prestabilito al momento della sottoscrizione della domanda iniziale di impegno, si dovranno alternare nei tre bienni una coltura miglioratrice azotofissatrice (L - Leguminosa) con un cereale autunno vernino da granella (Cg).

NB: Nel corso di esecuzione degli impegni previsti dagli interventi 1 (Conversione dei seminativi in prati permanenti) e 2 (Agricoltura conservativa) non è permesso lo scambio di particelle che beneficino degli aiuti.

Pertanto, le azioni programmate, al fine di poter espletare appieno le funzioni miglioratrici, devono essere osservate sulle stesse superfici ammesse a premio sin dall'origine della domanda di sostegno.

PROGRAMMA DI SVILUPPO RURALE 2014 - 2020

MISURA 10 - SOTTOMISURA 10.1 - INTERVENTO 10.1.1 - DIFESA DEL SUOLO INTERVENTO 2 : AGRICOLTURA CONSERVATIVA

IMPEGNI		PRINCIPALI COLTURE MIGLIORATRICI AZOTOFISSATRICI (L) DA INTRODURRE NELLA ROTAZIONE
1	✓ utilizzo di tecniche di minima lavorazione («minimum tillage») o di semina su sodo («zero tillage»).	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Trifoglio incarnato ➢ Trifoglio alessandrino ➢ Trifoglio resupinato ➢ Veccia comune ➢ Veccia villosa ➢ Favino ➢ Pisello proteico
2	✓ adozione di una rotazione biennale tra cereali autunno-vernini da granella (Cg) e colture miglioratrici azotofissatrici (L).	
 <p><i>Le colture miglioratrici da rinnovo (es. mais, pomodoro, carciofo) non sono ammesse nella rotazione biennale, perché richiedono lavorazioni profonde (arature) del terreno, non compatibili con l'impegno 1.</i></p>		

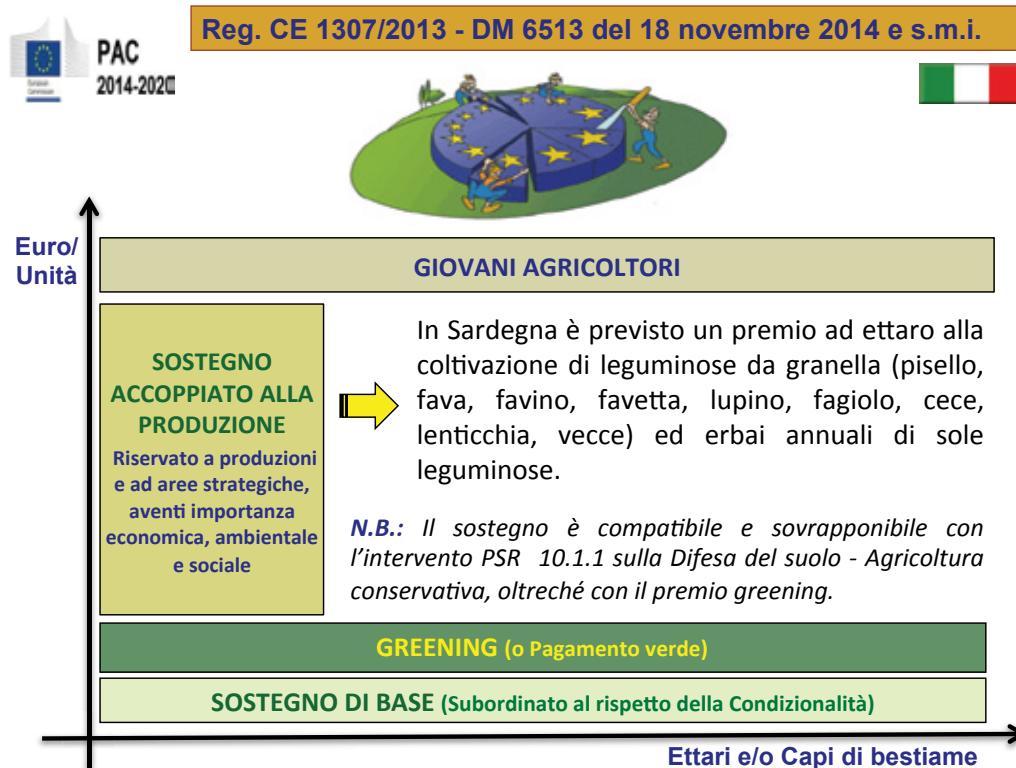
Figura 37

4.5. Sostegno accoppiato alla produzione

A conclusione del sintetico quadro normativo e tecnico/finanziario, riservato alle strategie attuate dalla Politica Agricola Comune a difesa del “bene pubblico” suolo, merita di essere ricordato il sostegno accoppiato alla produzione, che, a partire dal 2015, assieme al pagamento di base, al greening e al pagamento riservato per i giovani agricoltori, costituisce una quota dello “spacchettamento” dei pagamenti diretti della PAC 2020 (Fig. 38), tutti associati a obiettivi e funzioni specifiche. A differenza delle prime tre quote, tutte obbligatorie, l'accesso ai sostegni accoppiati alla produzione è a titolo facoltativo.

L'aiuto, concesso prioritariamente per sostenere la fornitura di materia prima per l'industria di trasformazione locale, oltreché per evitare il rischio di abbandono o per compensare eventuali perturbazioni di mercato, ha una sua notevole funzione sulla sostenibilità del suolo, vista la caratterizzante funzione miglioratrice delle specie autorizzate alla coltivazione sulla sostanza organica. Il premio è riconosciuto per ettaro di superficie, seminata e coltivata secondo le normali pratiche colturali e mantenuta in normali condizioni almeno fino alla piena maturazione dei semi, per le colture di leguminose da granella, e fino all'inizio della fioritura, per gli erbai.

Figura 38



5 . BIBLIOGRAFIA

Basch G., Kassam A., González-Sánchez E.J., Streit B., 2012. Making sustainable agriculture real in cap 2020. The role of Conservation Agriculture in the CAP reform. ECAF, Brussels (ISBN 978-84-615-8106-1), 43pp.

Bonari E., Mazzoncini M., Di Bene C., Coli A., Petri M., 2005. Esperienze di semina su sodo del frumento in Italia. L'Informatore Agrario, 24: 33-36.

Carboni G., Viridis A., Musio F., 2006. Lavorazioni conservative per un grano duro migliore. L'Informatore Agrario, 44: 32-37.

Carboni G., 2015. L'Agricoltura conservativa. Poster divulgativo Agris Sardegna.

De Vita P., Di Paolo E., Fecondo G., Di Fonzo N., Pisante M., 2007. No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. Soil and Tillage Research, 92, 69-78.

Dettori G., 2014. Influenza della gestione colturale su *Heterodera avenae* Wollenweber (Nematoda, Heteroderidae) in campi di frumento. Tesi di Laurea magistrale.

FAO, 2015. What is Conservation Agriculture? FAO Conservation Agriculture. Website at: <http://www.fao.org/ag/ca/1a.html>.

FAO. 2016. AQUASTAT Main Database, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Faulkner, E.H., 1942. Plowman's Folly. University of Oklahoma Press, Norman, OK, 155 pp.

Giambalvo D., Stringi L., Frenda A.S., Di Miceli G., 1999. Effects of crop rotation and soil tillage techniques on wheat production and quality in a Sicilian hilly environment. Rivista di Agronomia, 33: 202-208.

Holland J., 2004. The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. Agriculture, Ecosystems and Environment, 103(1): 1-25.

Lal R., Reicosky D., Hanson J., 2007. Evolution of the plow over 10,000 years and the rationale for no-till farming. Soil and Tillage Research 93, 1–12.

Pisante M. and Basso F., 2000. Influence of tillage systems on yield and quality of durum wheat in Southern Italy. In: Royo C., Nachit M.M., Di Fonzo N., Araus J.L. EDS.. Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges. p. 549-554, Zaragoza.

Sedda N., 2015. Osservazioni preliminari sulle proprietà nematocide del neem cake. Tesi di Laurea magistrale.

West T.O. and Marland G., 2002. A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: comparing tillage practices in the United States. Agriculture, Ecosystems and Environment, 91, 217-232.

Laore

Agenzia regionale
pro s'isvilupu in agricoltura
Agenzia regionale
per lo sviluppo in agricoltura



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Agris

Agenzia pro sa chirca in agricoltura
Agenzia regionale per la ricerca in agricoltura

Laore

Agenzia regionale
pro s'isvilupu in agricoltura
Agenzia regionale
per lo sviluppo in agricoltura



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNIA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Agris

Agenzia pro sa chirca in agricoltura
Agenzia regionale per la ricerca in agricoltura

