

Innovare i sistemi colturali cerealicoli riducendo le lavorazioni del suolo



MINISTERO DELLE POLITICHE AGRICOLE
ALIMENTARI E FORESTALI

 REGIONE
PIEMONTE

FEASR

Fondo europeo agricolo di Sviluppo rurale
L'Europa investe nelle zone rurali

Scheda di assistenza tecnica finanziata dal Programma di Sviluppo rurale 2007-2013
Misura 111.1 – Sottosazione B) Informazione in campo agricolo. Interventi a titolarità regionale

Ricerca finanziata da Regione Piemonte, Assessorato all'Agricoltura, foreste, caccia e pesca.

Innovare i sistemi colturali cerealicoli riducendo le lavorazioni del suolo

Coordinamento editoriale: Andrea Marelli (Regione Piemonte)

Coordinamento tecnico: Alberto Turletti (Regione Piemonte)

Redazione testi e conduzione della ricerca:

Barbara Moretti¹, Natale Sanino¹, Emiliano Remogna¹,
Carlo Grignani¹, Fernando De Palo¹, Francesco Vidotto¹,
Aldo Ferrero¹, Teresa Borda¹, Cristina Lerda¹, Giovanni De Luca¹,
Elisabetta Barberis¹, Luisella Celi¹, Piercarlo Tivano², Dario Sacco¹

¹ DISAFA: Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari,
Università di Torino.

² Scuola Agraria Salesiana, Lombriasco (TO).

Stampa: L'Artistica Savigliano (Savigliano - CN)
Tiratura: 1000 copie - Marzo 2014



Pubblicazione in distribuzione gratuita.
È vietata la riproduzione dei testi e dei materiali iconografici senza autorizzazione e citazione della fonte
Supplemento al n. 81 dei "Quaderni della Regione Piemonte – Agricoltura"
Direttore responsabile: Luciano Conterno
Redazione presso Regione Piemonte – Direzione Agricoltura
Corso Stati Uniti 21, 10128 Torino
Tel. 011/432.4722 - Fax 011/537726
E-mail: quaderni.agricoltura@regione.piemonte.it
Web: www.regione.piemonte.it/agri

Introduzione

La sostenibilità dell'agricoltura del futuro va cercata nell'equilibrio dei fattori economici, produttivi e ambientali tra cui il sostegno delle produzioni, l'aumento dell'efficienza energetica e la riduzione dei gas ad effetto serra. Già dal 1997 la comunità scientifica e politica internazionale si è occupata dei cambiamenti climatici provocati dalle attività antropiche con il Protocollo di Kyoto, firmato da 184 paesi impegnati a ridurre l'emissione dei gas serra del 5.2% rispetto ai livelli di emissione del 1990.

Le politiche agricole comunitarie, poi nazionali e regionali, avendo chiaro che l'agricoltura è chiamata a rispondere ad una sempre maggiore domanda dei prodotti agricoli (food security), sostengono attivamente le pratiche agricole finalizzate alla riduzione diretta o indiretta delle emissioni di gas serra e all'aumento dell'efficienza produttiva ed energetica, mantenendo l'agricoltore nel suo ruolo primario di produttore di cibo, ma trasformandolo anche in produttore di servizi ambientali utili e importanti per tutta la collettività (Marandola e De Maria, 2013).

L'agricoltura Conservativa, o Agricoltura Blu, in quanto gestione di un sistema innovativo che aumenta la sostenibilità della produzione agricola conservando il suolo, l'acqua e l'energia (Pisante, 2013), può rappresentare una valida alternativa all'agricoltura convenzionale. Tra i suoi principi costituenti vi è la conservazione della composizione, struttura e biodiversità del suolo riducendo o annullando

interventi di lavorazione profondi e invasivi. Si sostituiscono, quindi, alla classica operazione di aratura, tecniche di lavorazione superficiali o di non lavorazione del suolo (semina su sodo) che ne preservano o aumentano la sostanza organica (Brenna et al., 2013, Alluvione et al., 2011, Moretti et al. 2011, Olson et al., 2005), riducono i fenomeni erosivi e stabilizzano il suolo anche attraverso la creazione di un habitat favorevole agli organismi tellurici (Gardi et al., 2013, Moretti et al., 2011).

Oltre a questi vantaggi agronomici ed ambientali vi sono concreti effetti di risparmio energetico ed economico. Si stima che l'agricoltura conservativa riduca del 60-80% i consumi-costi energetici diretti (carburanti e mezzi di produzione) e indiretti (consumo delle macchine e degli attrezzi) e del 50-70% il carico di lavoro aziendale (Marandola, 2011, Moretti et al., 2010).

Esistono, d'altro canto, alcuni svantaggi rappresentati, in primo luogo, dalla riduzione della produzione agraria. I risultati ottenuti sono variabili in base alle condizioni pedoclimatiche, alla rotazione colturale, al controllo delle infestanti. Il frumento tenero, la soia, il colza meno si adattano alla semina su sodo o alla minima lavorazione (Colombari et al., 2013, Mazzoncini et al., 2008, Bonari et al., 1995), mentre mais e girasole, generalmente, non mostrano perdite produttive (Marandola, 2013, Alluvione et al. 2013). Il limitato controllo delle malerbe (Mazzoncini et al., 2008) e i possibili ristagni idrici sono le cause principali della riduzione produttiva.

L'interesse verso l'agricoltura conservativa nasce dal fatto che la riduzione di produzione dovrebbe essere proporzionalmente inferiore alla riduzione degli input portando in ogni modo ad un incremento dell'efficienza del sistema.

La diffusione in Italia delle tecniche di minima lavorazione del suolo e, ancor più, della semina su sodo è aumentata negli ultimi anni soprattutto nel settore dei seminativi. Secondo i risultati del VI censimento generale dell'agricoltura del 2010, circa il 6.3% delle aziende con seminativi in Italia praticano sodo e il 3.4% lavorazioni conservative (Marandola e De Maria, 2013). L'interesse verso l'agricoltura conservativa potrebbe aumentare con l'attenuazione degli aspetti negativi. L'innovazione meccanica opera verso il raggiungimento di tale obiettivo. Lo strip tillage, ad esempio, è la tecnica conservativa di più recente introduzione e consiste in



Foto 1: minima lavorazione con combinata erpice a dischi, rullo e seminatrice

una lavorazione a strisce dove andrà seminata la coltura, lasciando l'interfila intatta (Porceddu e Trevini, 2012). Tecnologie basate sul GPS e la guida assistita sono necessarie per questo tipo di lavorazione per la possibilità di alternare negli anni la collocazione della striscia lavorata nella precedente interfila.

Da circa un ventennio, l'Università di Torino opera in diversi progetti di applicazione delle tecniche conservative del suolo sia di minima lavorazione che semina su sodo ottenendo risultati dall'interessante risvolto agronomico, economico ed ambientale.

La minima lavorazione

Nel 1996, nel sito sperimentale di Lombriasco, si è avviato un progetto finanziato dalla Regione Piemonte dove si sono confrontati sistemi colturali gestiti con diversi input produttivi, tra cui un sistema gestito con aratura e uno gestito con minima lavorazione. Negli anni 1996 - 2003 la sperimentazione ha previsto una rotazione quadriennale prima frumento-soia-mais-mais, poi frumento-mais-soia-mais. Contemporaneamente (dal 1997 al 2003), la stessa Regione Piemonte ha finanziato un'altro progetto con l'obiettivo di testare tecniche di minima lavorazione e semina su sodo in quattro siti diversi (Fossano, Pianezza, Tortona e Santhià). Le colture coinvolte sono state mais, frumento e orzo.

Dal 2006 al 2008 nel centro sperimentale dell'Università di Torino a Carmagnola, nell'ambito di un progetto FISR finanziato dal MIUR e MIPAAF, si sono valutate alcune strategie agronomiche volte a preservare e aumentare la sostanza organica del suolo tra cui la minima lavorazione.

Produzioni

L'adozione della minima lavorazione nel clima mediterraneo può essere considerata una valida alternativa all'aratura (Alluvione et al., 2013). A Lombriasco (fig. 1 e 2), la preparazione del letto di semina con solo erpice a dischi, ha portato ad una riduzione della produzione di granella del 5% sia nel frumento che nel mais, e tale riduzione è significativa in frumento solo in tre anni su sette e nel mais solo in due anni su otto (Monaco et al., 2005).

La buona adattabilità del mais alla minima lavorazione è confermata dal progetto svolto-

si sulla rete regionale Piemontese 1997-2003, dove le riduzioni di produzioni sono solo di circa il 5% rispetto ai sistemi arati (Zavattaro et al., 2006), e dal progetto MESCOSAGR dove le tesi con minima lavorazione e quelle arate hanno raggiunto entrambe produzioni pari a 12 t ha⁻¹ al 14% umidità (Alluvione et al., 2013).

Nella soia, invece, la riduzione della produzione è sistematica, con perdite annuali che vanno dal 4% fino al 19%.

Ristagni idrici ed asfissie radicali si sono rivelati le cause principali della riduzione produttiva. Ad esempio, nonostante il buon contenuto di sabbia del suolo di Lombriasco, che dovrebbe significare una buona capacità di drenare l'acqua in eccesso, eventi piovosi abbondanti o concentrati in alcuni momenti del ciclo col-

Nelle tabelle e nelle figure, quando sono riportate lettere in prossimità dei valori medi diversi le medie sono da considerarsi statisticamente diverse.

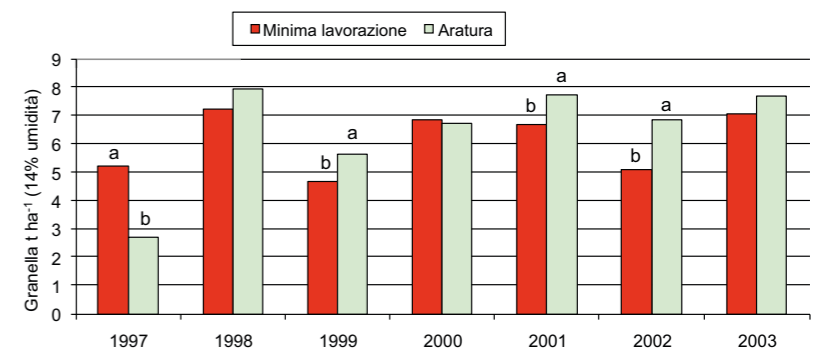


Fig. 1: Produzioni di frumento dal 1997 al 2003 a Lombriasco

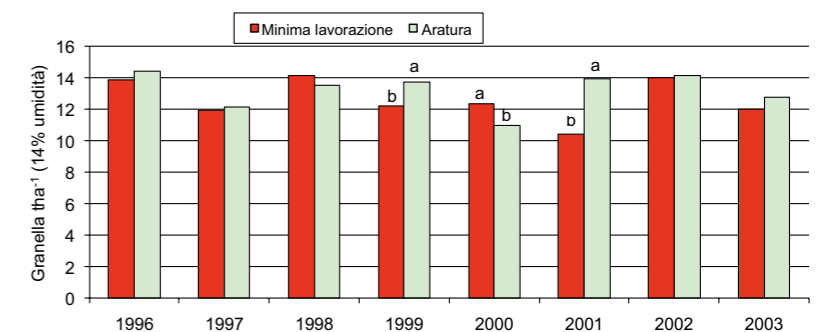


Fig. 2: Produzioni di mais dal 1996 al 2003 a Lombriasco.

turale, hanno provocato riduzioni di crescita, sviluppo colturale e produzione. Nel frumento il periodo più critico è risultato febbraio-marzo (piena fase di accostamento e differenziazione dei culmi produttivi), mentre nel mais il periodo successivo alla semina (germinazione dei semi).

Anno	Peso ettolitrico (kg hl ⁻¹)		Peso 1000 semi (g)	
	Minima Lavorazione	Aratura	Minima Lavorazione	Aratura
1997	79,1	79,9	41,3	b 46,8 a
1998	80,3	81,3	41,8	b 45,4 a
1999	71,8 b	74,6 a	35,5 b	38,8 a
2000	76,5	75,6	32,9	31,0
2001	79,0 b	80,7 a	37,4	38,5
2002	71,4 b	77,7 a	30,6 b	33,8 a
2003	74,8 b	76,5 a	32,5 b	36,8 a
media	76,1 b	78,0 a	36,0 b	38,7 a

Tab 1. Valori delle caratteristiche commerciali della granella di frumento in minima lavorazione ed aratura a Lombriasco.

Nota: quando riportate, le lettere indicano differenze tra le lavorazioni all'interno dello stesso anno, altrimenti i valori sono uguali statisticamente.



Foto 2 e 3. Semina su sodo di frumento (foto 1) e soia (foto 2) in rotazione con il mais da granella. Evidente difficoltà del seme di soia ad attecchire sui residui colturali lasciati dal mais

Qualità

La minima lavorazione riduce il peso ettolitrico e il peso di 1000 semi della granella di frumento rispetto all'aratura con una certa variabilità tra gli anni (tab. 1). Il primo è inferiore nella minima lavorazione di una percentuale compresa tra il 2 e l'8% mentre il secondo tra il 3 e il 13%.

La qualità del glutine, espressa in termini di forza della farina, appare anch'essa depressa dalla minima lavorazione, con riduzioni del 40% rispetto all'aratura (indice W uguale a 73,3 e 123,1 10⁻⁴ joule rispettivamente per minima lavorazione e aratura).

Nessuna influenza si ha sulla quantità di glutine, con tenori medi di 12,8 e 12,7% di proteina grezza sulla sostanza secca per la minima lavorazione e l'aratura.

La semina su sodo

Dal 2004 al 2009, nel campo sperimentale di Lombriasco, si sono valutati gli effetti agronomici della semina su sodo attraverso:

- 1) i livelli produttivi e qualitativi di importanti colture erbacee diffuse nella pianura padana;
- 2) il cambiamento della fertilità chimica, fisica e biologica del suolo e
- 3) la corretta tecnica di gestione delle infestanti. La rotazione colturale è stata: frumento-mais-pisello proteico-mais dal 2004 al 2006, mentre le ultime due colture sono state sostituite dal 2007 al 2009 con colza e girasole.

Produzioni

Secondo Colombari et al. (2013) la semina su sodo causa maggior compattamento superficiale del suolo, ristagno idrico, accumulo dei residui colturali e di infestanti e diminuisce la temperatura del suolo nel periodo fine inverno-inizio primavera, rispetto all'aratura. Questi aspetti hanno influenzato negativamente la germinazione e lo sviluppo soprattutto delle colture a semina autunnale a Lombriasco, riducendo, in media, la produzione del frumento del 20% rispetto all'analogo sistema arato (fig. 3). Le perdite sono progressivamente crescenti con il trascorrere degli anni (perdite produttive del 12% nei primi anni, e successivamente fino a medie del 26%).

Anche il colza, con semina autunnale, mostra un limitato adattamento alla semina su sodo, con riduzioni di produzione fino al 71%.

Come per la minima lavorazione, positiva è stata la risposta delle colture primaverili alla semina su sodo, come mais e girasole (Santilocchi e Bianchelli, 2006; Marandola, 2013; Peruzzi et al., 2006).

Eccetto che per il 2009, semina su sodo e aratura hanno mostrato produzioni di granella di mais statisticamente non differenti (fig. 4). Inoltre, il mais si adatta anche a periodi prolungati di semina su sodo sul suolo franco-sabbioso di Lombriasco, senza progressive riduzioni di produzione.

Come il mais, anche il girasole (triennio sperimentale 2007-2009) ha mostrato produzioni simili tra semina su sodo e aratura e pari a 3 t ha⁻¹ di granella (al 9% umidità commerciale), mostrando limiti che prescindono dalla tecnica colturale ma, piuttosto, legati alla gestione della fauna avicola selvatica che ha provocato abbattimento della produzione fino al 50% (Moretti et al., 2011).

Il pisello proteico in semina su sodo ha avuto una scarsa adattabilità, come la soia nella minima lavorazione, con perdite fino al 15%.

Qualità

La qualità commerciale della granella di frumento è inferiore nella semina su sodo sia per il peso dei 1000 semi (meno 7%) sia per il peso ettolitrico (fig. 5). Nessun effetto si ha sulla concentrazione della proteina (12,0 e 12,3% sulla sostanza secca rispettivamente per semina su sodo e aratura) e sulla sua qualità (Moretti et al., 2011).

Allo stesso modo, i parametri qualitativi del biodiesel ottenuto dal colza e dal girasole (acidità, numero di iodio, analisi gascromatografica, stabilità ossidativa, numero di cetano) non sono influenzati dalla tecnica colturale adottata (Moretti et al., 2010, Moretti et al., 2011).

A seguito dell'emanazione dei regolamenti comunitari Reg (CE) N. 1881/2006 e Reg (CE) N. 1126/2007, dal 2004 è stata valutata anche la qualità sanitaria delle granelle.

Con la semina su sodo si è avuto un aumento delle concentrazioni di DON (deossinivalenolo) nella granella di frumento e in due anni su cinque hanno superato il limite consentito dai

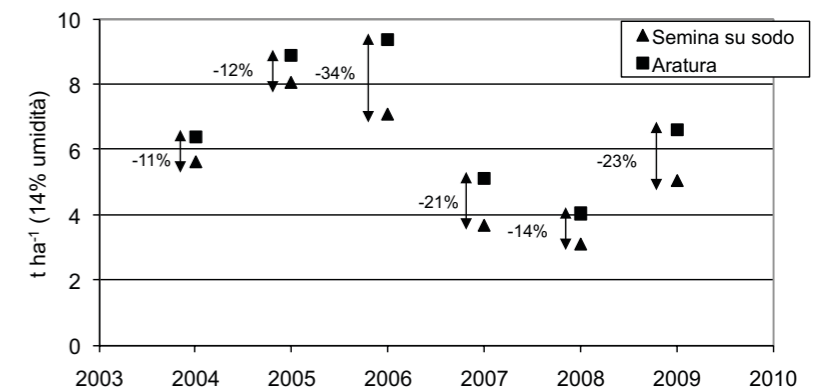


Fig 3. Produzioni di granella di frumento a Lombriasco.

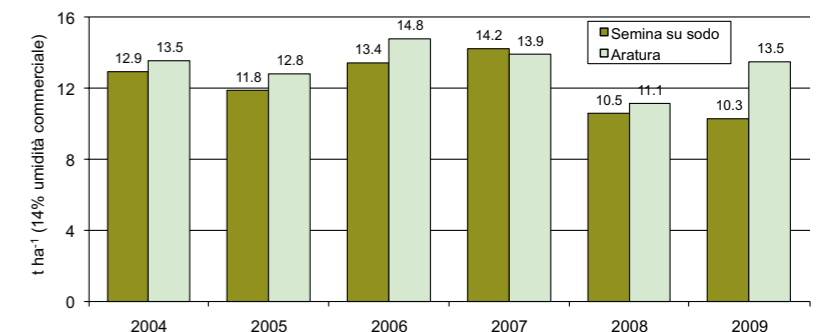


Fig 4. Produzioni di granella di mais in semina su sodo a Lombriasco.

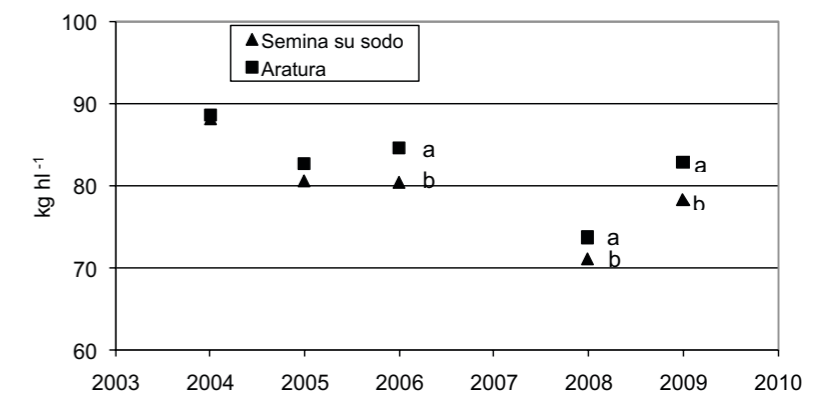


Fig 5. Peso ettolitrico della granella di frumento in semina su sodo a Lombriasco al 14% di umidità.

regolamenti per l'uso alimentare umano (fig. 6). Ciò può essere attribuito ad un aumento dell'inoculo sulla superficie del suolo dei funghi responsabili della produzione delle micotossine a causa dell'accumulo dei residui colturali non interrati.

Inferiore è l'influenza di tale tecnica sulla qualità sanitaria del mais (fig. 7). La concentrazione di Fumonisine nella granella pare essere più

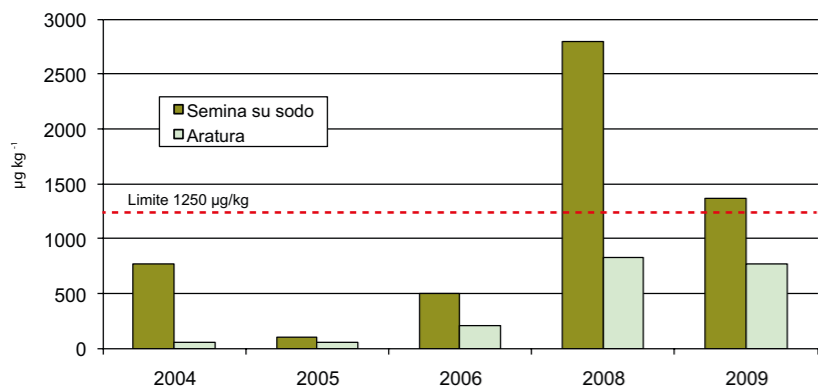


Fig 6. Concentrazioni di diossinivalenolo (DON) nella granella di frumento a Lombriasco.

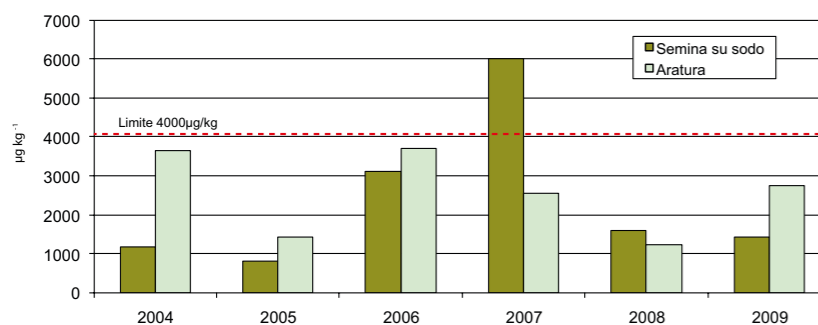


Fig 7. Concentrazioni di fumonisine (B1+ B2) nella granella di mais a Lombriasco.

influenzata dalla variabilità interannuale e dalla presenza di piralide piuttosto che dalla lavorazione del suolo.

In quattro anni su sei, è il sistema arato a presentare le concentrazioni maggiori di fumonisine mentre solo nel 2007 il sistema semina su sodo supera la soglia consentita nella granella per uso alimentare zootecnico.

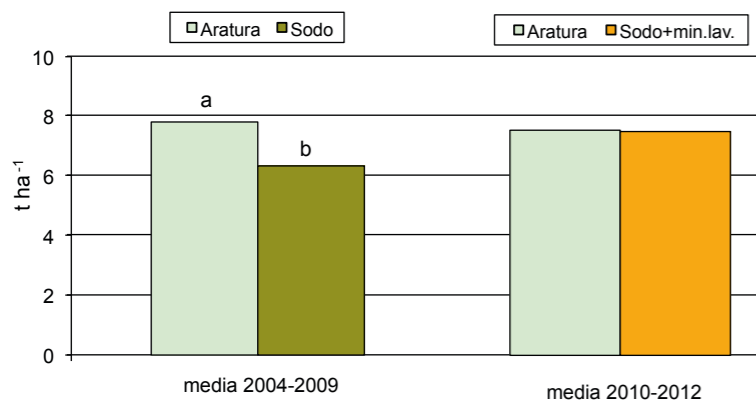


Fig 8. Confronto delle produzioni (t ha⁻¹) di granella di frumento (14% umidità) in diversa gestione.

Alternanza della semina su sodo con tecniche di minima lavorazione

Dal 2010 al 2012 presso il campo sperimentale di Lombriasco è stato predisposto un sistema colturale misto con minima lavorazione sulle colture estive alternata a semina su sodo nel frumento. La rotazione è stata frumento-mais-soia-mais. In questo sistema si è operato come segue: un passaggio con rotofresa combinata con rullo prima della semina delle colture estive e semina diretta con seminatrice da sodo Gaspardo per il frumento. Il sistema colturale è stato confrontato con un sistema arato analogo caratterizzato solo da una diversa concimazione fosfatica (68 kg ha⁻¹ di P₂O₅ in sistema minima lavorazione + semina su sodo e nulla in sistema arato).

Produzioni

Passando da semina su sodo pura al sistema misto, il frumento (fig. 8) ha migliorato le prestazioni produttive con un aumento del 16% rispetto alla semina su sodo precedente (6.3 t ha⁻¹ di granella in semina su sodo verso 7.3 t ha⁻¹ in minima lavorazione + sodo).

Come atteso, il mais produce 15.5 t ha⁻¹ di granella (al 14% umidità commerciale) in entrambi i sistemi colturali.

A differenza dei risultati ottenuti in precedenza, la soia ha dato in questo periodo buone produzioni producendo 4.3 t ha⁻¹ e 4.6 t ha⁻¹ di granella (al 14% umidità) rispettivamente nel sistema minima lavorazione+sodo e nel sistema arato.

Qualità

Il peso ettolitrico del frumento è stato in media inferiore del 3% rispetto al sistema arato (tab. 2), come già precedentemente osservato. La quantità e la qualità della proteina è stata simile tra i due sistemi.

L'andamento delle concentrazioni del DON nella granella di frumento con l'alternanza di minima lavorazione e semina su sodo è risultato del tutto simile a quello della sola semina su sodo. Il sistema non arato ha presentato concentrazioni di diossinivalenolo (DON) maggiori rispetto a quello arato e nel 2012 ha superato la soglia consentita per il consumo umano (media 2010-2012 pari a 1580 µg kg⁻¹ di granella in minima lavorazione + semina su sodo verso 131 µg kg⁻¹ nel sistema arato).

Le concentrazioni di fumonisine nel mais hanno dimostrato ancora una stretta dipendenza con

Anno	Sistema colturale	Proteine granella (Nx5,70) %s.s.	W (10 ⁴ joule)	P/L	L mm	Peso ettolitrico (14% umidità) kg/hl	1000 semi (14% umidità) g
2010	Sodo+min.lav.	14,8	233,3	0,5	126,0	88,5	38,7
	Aratura	15,5	240,0	0,5	138,7	90,7	39,2
2011	Sodo+min.lav.	15,7	500,0	0,9	112,7	86,5	36,0
	Aratura	14,7	493,3	1,7	103,0	87,6	35,8
2012	Sodo+min.lav.	12,3	115,0	0,3	107,0	75,5	26,4
	Aratura	12,4	238,3	0,5	117,7	79,2	28,8
Media	Sodo+min.lav.	14,3	282,8	0,6	115,2	83,5	33,7
	Aratura	14,2	323,9	0,9	119,8	85,8	34,6
	Trat p(f)	ns	ns	ns	ns	0,00	ns
	Anno p(f)	ns	0,00	ns	ns	0,00	0,00
	Trat*anno p(f)	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Tab 2. Qualità merceologica della granella di frumento nel confronto tra l'aratura e sodo + minima lavorazione.

i fattori ambientali e con la pressione della piralide, piuttosto che con l'interramento dei residui colturali. Nel triennio 2010-2012, solo il primo anno si sono registrate concentrazioni superiori alla soglia limite per entrambi i sistemi colturali, e maggiori nel sistema arato rispetto al sistema con alternanza di lavorazioni (rispettivamente 13283 e 8788 µg/kg).

La fertilità del suolo

Le caratteristiche chimiche

Le lavorazioni conservative del suolo proteggono il Carbonio organico (quindi la sostanza organica) favorendone l'incremento, generalmente visibile su medi-lunghi periodi e negli strati più superficiali di suolo (Brenna et al., 2013). Il rivoltamento del suolo con l'aratura dei primi 30 cm, invece, origina una equa distribuzione del carbonio organico nell'intero orizzonte. Nel suolo franco limoso di Carmagnola, ad esempio, la minima lavorazione dopo tre anni, ha mostrato una tendenza crescente del contenuto di carbonio nei primi 30 cm di suolo, andando verso il raggiungimento di un nuovo equilibrio. Tuttavia non si è ancora raggiunto un vero e proprio significativo incremento (Alluvione et al., 2013).

Sul lungo periodo l'incremento del Carbonio organico nel suolo è stato tangibile nel primo

orizzonte di Lombriasco (tab. 3). La minima lavorazione dal 1996 al 2003, associata a erbai da sovescio seminati in autunno, ha incrementato del 28% il carbonio organico del suolo nello strato superficiale rispetto al sistema arato (Alluvione et al., 2011, Desogus et al., 2008). La maggiore concentrazione di Carbonio nel primo orizzonte è ancora visibile in seguito all'adozione della semina su sodo, ma ancor più con l'alternanza delle tecniche di minima lavorazione con incorporazione dei residui colturali associate alla semina su sodo. La concentrazione di Carbonio organico nello strato sottosuperficiale e in quelli più profondi è risultata inferiore o al massimo uguale rispetto all'aratura.

La protezione nei confronti della sostanza organica determinata dalle tecniche conservative è dovuta ad un minor disturbo del suolo e a una maggiore protezione dalla mineralizzazione legata sia alla formazione di aggregati più o meno stabili, sia all'interazione diretta con la fase minerale. Con la semina su sodo (fig. 9) si osserva, nei primi 15 cm di suolo, un accumulo di sostanza organica fresca e non protetta (fPOM) maggiore rispetto al suolo arato, il cui turnover veloce permette anche una maggior disponibilità di nutrienti per la coltura. Inoltre, essa consente una maggior formazione di sostanza organica occlusa negli aggrega-

	Prof cm	* Min. lav.		Aratura		** Sodo (3 anni)		Aratura		** Sodo (6 anni)		Aratura		Min. lav. +sodo		Aratura	
C org. g 100g ⁻¹ suolo secco	0-15	1,12	a	0,81	b	1,02	a	0,76	b	1,09	0,99	1,16	a	0,80	b		
	15-30	0,79		0,83		0,64	b	0,80	a	0,67	b	0,76		0,79			
	30-60	0,49		0,54		0,39	b	0,49	a	0,42	b	0,47		0,51			
	60-90	0,34		0,38		0,30		0,38		0,32	0,42	0,30		0,35			
	media	0,68		0,64		0,59		0,61		0,62	0,73	0,67		0,61			
Effetti (Pf)																	
Lavorazione				ns			ns				0,002			ns			
Profondità				0,000			0,000				0,000			0,000			
Lav.*prof.				0,000			0,000				0,002			0,000			
N tot g 100g ⁻¹ suolo secco	0-15	0,11	a	0,09	b	0,11	a	0,08	b	0,12	0,11	0,13	a	0,09	b		
	15-30	0,08		0,09		0,07	b	0,09	a	0,08	b	0,08		0,09			
	30-60	0,05		0,06		0,04		0,06		0,05	b	0,06	a	0,06			
	60-90	0,04		0,05		0,03		0,04		0,04	b	0,06	a	0,05			
	media	0,08		0,06		0,07		0,06		0,08	0,07	0,09		0,06			
Effetti (Pf)																	
Lavorazione				ns			ns				0,002			0,019			
Profondità				0,000			0,000				0,000			0,000			
Lav.*prof.				0,002			0,000				0,007			0,000			

Tab 3. Concentrazioni di Carbonio organico e azoto totale a diversa profondità nel suolo di Lombriasco. Note: * Minima lavorazione dal 1996 al 2003; ** Semina su sodo dal 2004 al 2006 (3 anni) e 2006-2009 (6 anni). Lettere diverse distinguono valori diversi sulle righe per ogni periodo.

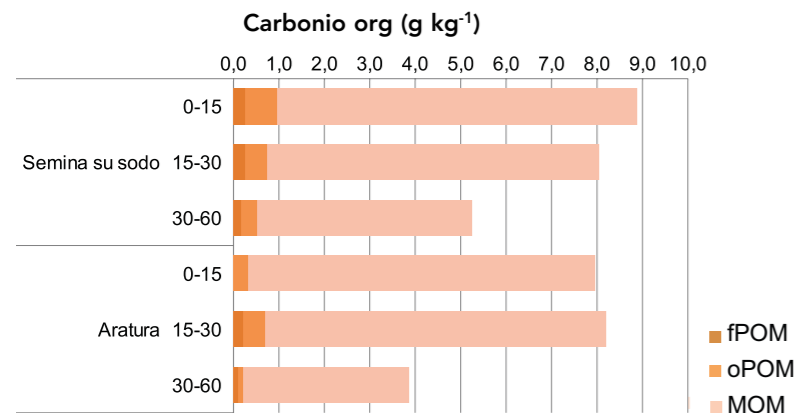


Fig 9. Contenuto di carbonio organico nella frazione libera della sostanza organica (fPOM), nella frazione occlusa negli aggregati (oPOM) e nella frazione fortemente legata ai minerali (MOM) nel suolo di Lombriasco in semina su sodo e aratura.

ti (oPOM) ma che diventa potenzialmente mineralizzabile al momento della rottura degli stessi. Questa frazione se rimane indisturbata

per un tempo maggiore nel suolo è quella che garantisce un aumento della fertilità fisica del suolo cioè regola la formazione dei pori e l'equilibrio tra l'aria e l'acqua (Cerli et al., 2012). La mancata incorporazione dei residui colturali riduce, però, l'input di Carbonio organico e l'aumento significativo della frazione stabile della sostanza organica (MOM) che risulta perfino inferiore rispetto al sistema arato.

Se alla semina su sodo segue la minima lavorazione in un sistema con alternanza di lavorazioni (fig. 10), si favorisce l'incorporazione dei residui vegetali e una maggiore decomposizione della sostanza organica interrata che da un lato aumenta la mineralizzazione della sostanza organica interrata (infatti le frazioni della sostanza organica fresca e della sostanza organica labile occlusa negli aggregati si riducono) dall'altro porta ad una maggiore interazione del Carbonio organico con la fase minerale,

creando una frazione più stabilizzata proprio dai legami formatesi con i minerali (MOM). Tutto ciò determina un aumento progressivo del quantitativo totale del carbonio (tab. 3). Con l'aratura e soprattutto con alcune lavorazioni del suolo, come la fresatura, la frazione fortemente stabilizzata dall'interazione con la fase minerale (MOM, fig. 9 e 10) è inferiore rispetto alle tecniche conservative del suolo (Six et al., 2002) ma costante e all'equilibrio nel tempo. L'aratura provoca un rimescolamento del suolo e un trasferimento dei residui vegetali anche sotto il primo strato di suolo con un maggior accumulo di sostanza organica labile occlusa o libera tra 15 e 30 cm (tab. 3 e fig 9 e 10). Anche questa frazione risulta costante nel tempo.

Le lavorazioni conservative incrementano nel tempo la concentrazione dell'azoto totale significativamente rispetto all'aratura (tab 3) con evidente accumulo dell'elemento nei primi 15 cm.

Tuttavia, ciò non si riflette in un aumento dell'azoto inorganico solubile (azoto ammoniacale e nitrico) (fig. 11) dove si osserva una diminuzione nel tempo (tra il 1996-2003 e 2010-2012) e lungo il profilo di suolo, senza differenze tra i sistemi di lavorazione. La minore disponibilità di azoto minerale è ben accompagnata da una riduzione delle frazioni più labili della sostanza organica che si osserva passando dalla semina su sodo al periodo di minima lavorazione 2010-2012 (fig. 12).

La minore disponibilità di azoto rilevata nel secondo periodo potrebbe anche derivare da un maggiore asporto come precedentemente osservato dalle più alte produzioni misurate nel periodo 2010-2012 di alternanza di lavorazioni rispetto a quello precedente di sola semina su sodo.

Le caratteristiche biologiche

È ormai provato da molteplici ricerche che un suolo non disturbato e non contaminato, contenente buone percentuali di sostanza organica, costituisce un ambiente idoneo per la vita e la stabilità delle comunità edafiche che lo popolano (Hendrix et al., 1986; Ferrazzi et al., 2003). Gli studi più recenti di biomonitoraggio si sono orientati nel valutarne in specifico la componente animale, che effettua la prima serie di azioni demolitive sulla sostanza organica presente sul terreno e le diverse tappe di

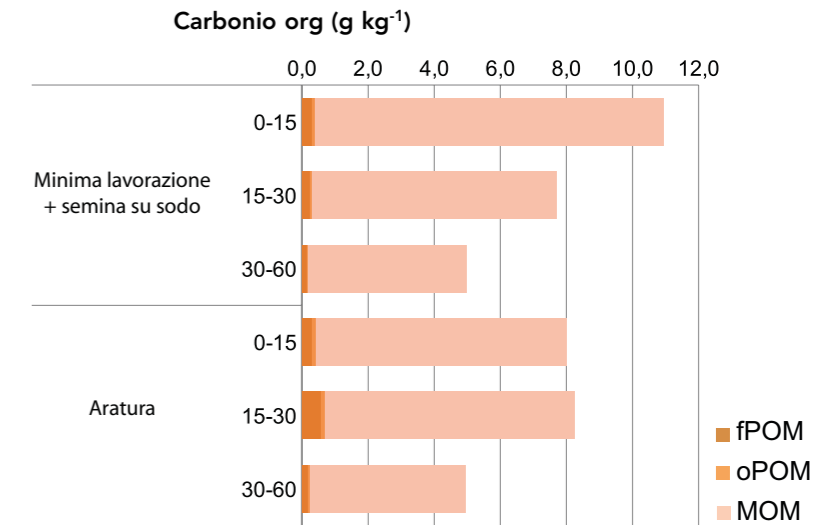


Fig 10. Contenuto di carbonio organico nella frazione libera della sostanza organica (fPOM), nella frazione occlusa negli aggregati (oPOM) e nella frazione fortemente legata ai minerali (MOM) nel suolo di Lombriasco in alternanza di lavorazioni e aratura.

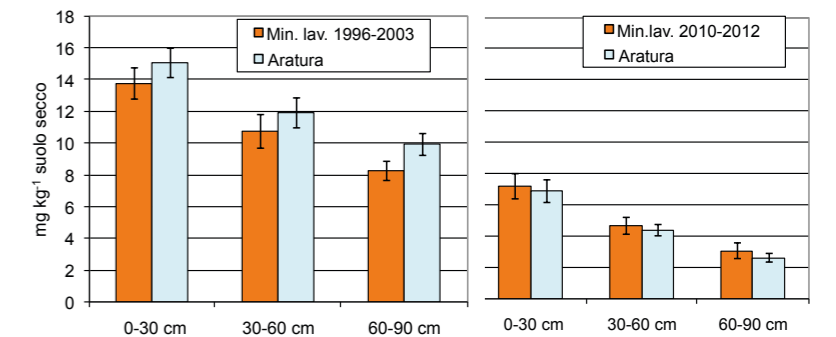


Fig 11. Concentrazioni di azoto minerale totale nei tre orizzonti nel suolo di Lombriasco in minima lavorazione o aratura.

degradazione che portano all'umificazione dei residui colturali.

L'attenzione principale è posta nei confronti dei microartropodi, (insetti, acari e altre specie appartenenti alla mesofauna), e dei lombrichi, specie particolarmente idonee per incrementare il contenuto di humus, l'aerazione e la fertilità dei suoli.

Per l'analisi dei microartropodi è stato applicato il QBS-ar indice di qualità biologica del suolo calcolato tenendo presente il gruppo di appartenenza e l'adattamento al suolo. Per la valutazione dei lombrichi sono stati presi in esame l'abbondanza, il peso vivo e la densità di deiezioni.

L'aratura ha avuto effetti negativi sul numero totale di microartropodi, sul rapporto acari/collemboli, sul numero di acari e, solo in un anno, anche sui Collemboli.

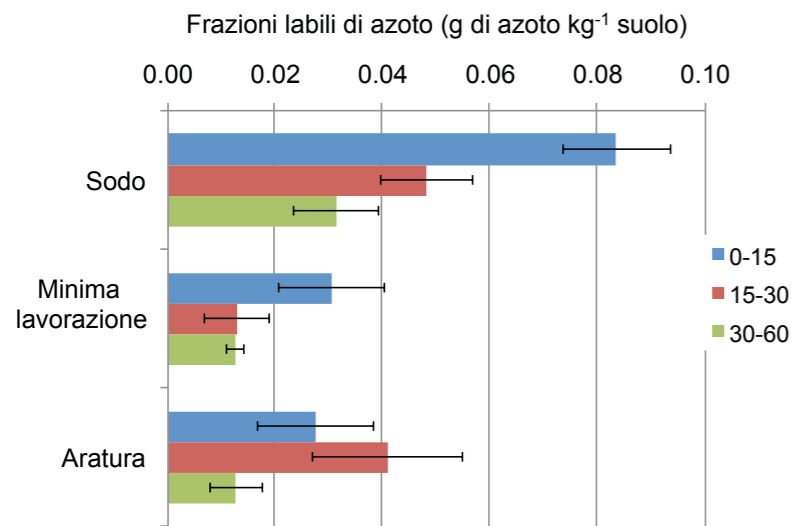


Fig 12. Contenuto di azoto nelle frazioni più labili della sostanza organica (fPOM e oPOM) nel suolo di Lombriasco in semina su sodo (2008), minima lavorazione (2009-2012) e aratura. (2008-2012)

Il QBS-ar non ha presentato differenze significative tra i due sistemi colturali, ma generalmente i valori più alti sono stati registrati nelle parcelle con semina su sodo.

Gli indici di biodiversità hanno dato valori più alti nelle parcelle arate; probabilmente la maggiore compattezza del suolo nella semina su sodo ha influito negativamente su alcuni ordini e famiglie di microartropodi.

Dall'analisi delle comunità di lombrichi (fig. 13) emerge l'effetto negativo esercitato dalle lavorazioni del suolo sui Lumbricidi.

Le caratteristiche fisiche

Sia la minima lavorazione (Sacco et al., 2003) che la semina su sodo (Moretti et al, 2010) a Lombriasco hanno determinato un compattamento dello strato superficiale di suolo e modificato le proprietà idrologiche. La quantità di acqua movimentata e contenuta nei primi strati di suolo non lavorato (fig. 14) è inferiore rispetto al suolo lavorato. Il compattamento del suolo e quindi la minore presenza di acqua drenabile e libera, ha quindi, ridotto le produzioni totali delle colture, perchè provocato fenomeni di ristagno idrico nel suolo non lavorato nei momenti con abbondanti precipitazioni.

Il suolo non lavorato, inoltre, a differenza di quanto atteso, ha rilevato una minore capacità di contenere acqua disponibile per la pianta. Perfino intorno al punto di appassimento, cioè

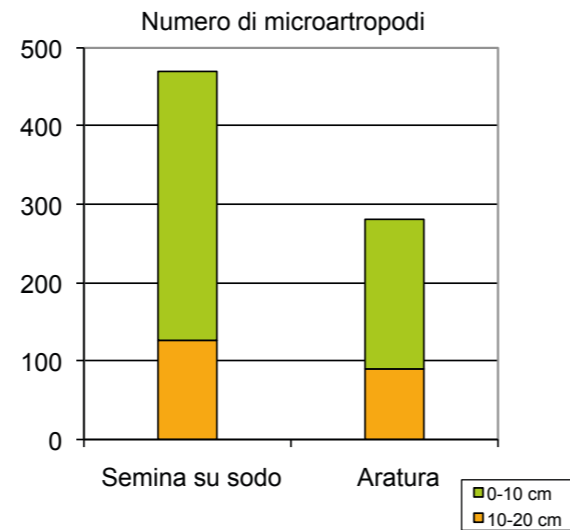


Fig 13. Numero di microartropodi nel sistema con semina su sodo e aratura di Lombriasco

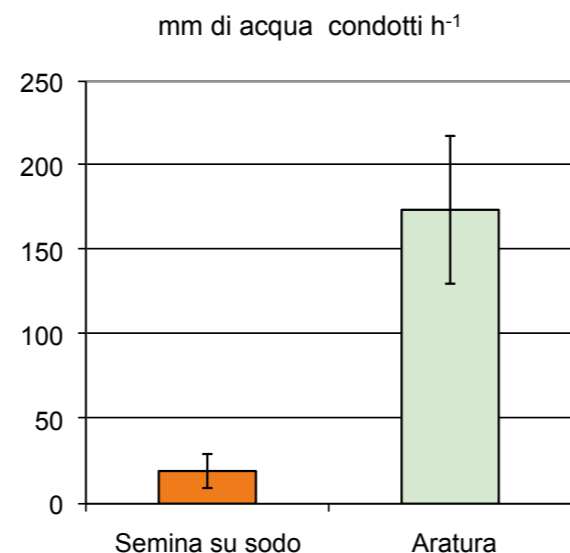


Fig 14. Velocità d'infiltrazione dell'acqua nel suolo in semina su sodo o in aratura a Lombriasco nello strato 0-15 cm.

quando le molecole di acqua presenti sono fortemente trattenute dal suolo, l'acqua presente è inferiore rispetto al sistema arato, con un conseguente maggior stress idrico per la pianta. Alcune misure effettuate con termocamera tra il 2010 e il 2012 confermano che il mais in minima lavorazione nei momenti precedenti la fase di irrigazione, ha temperature fogliari significativamente maggiori rispetto al sistema non arato (27.7 °C verso 26.7) che significa la presenza di un maggiore stress idrico.

Gestire le infestanti senza l'aratura

L'adozione di pratiche di minima lavorazione favorisce l'accumulo progressivo dei semi delle malerbe negli strati superficiali del terreno, determinando un maggiore sviluppo di infestanti rispetto ai sistemi che prevedono l'aratura (Ferrero et al., 2007). Questa condizione favorisce a sua volta emergenze più precoci ed abbondanti, che possono risultare più difficilmente controllabili sia con interventi meccanici che chimici e incrementare progressivamente la banca semi (fig. 15). L'aratura, invece, grazie al continuo rivoltamento degli orizzonti del terreno, è in grado di portare in profondità i semi prodotti delle malerbe e accumulati sulla superficie del terreno. Nel lungo periodo la densità di semi presente nello strato 21-40cm di suolo arato infatti tende ad aumentare.

Analogamente alla minima lavorazione, anche la semina su sodo crea condizioni favorevoli allo sviluppo di malerbe. L'impiego di queste pratiche di conservazione del suolo favorisce la diffusione di specie perennanti, quali lo stoppione (Cirsium arvense), la gramigna (Cynodon dactylon) e il vilucchio (Convolvulus arvensis).

Come conseguenza all'aumento della banca semi corrisponde un incremento molto accentuato della densità di infestazione reale nei sistemi di minima lavorazione e di semina su sodo, rispetto alla situazione iniziale. Nel mais gestito con minima lavorazione, ad esempio, si passa da circa 160 piante m² nel 1997 a circa 800 piante m² nel 2003 (fig. 16). Questo aspetto risulta di rilevante importanza nelle colture estive, che si caratterizzano per una maggiore densità di infestazione in assenza di lavorazioni profonde. Le colture autunno-vernine, come il frumento, gestite con sistemi di minima lavorazione, sono invece poco suscettibili alle infestazioni poiché maggiormente competitive nei confronti delle malerbe.

Rispettare l'ambiente riducendo le lavorazioni

Circa il 25% delle emissioni di CO₂ in atmosfera proviene dalle pratiche agricole e le lavorazioni del suolo contribuiscono più di qualsiasi altra pratica all'emissione di questo gas (Stavi

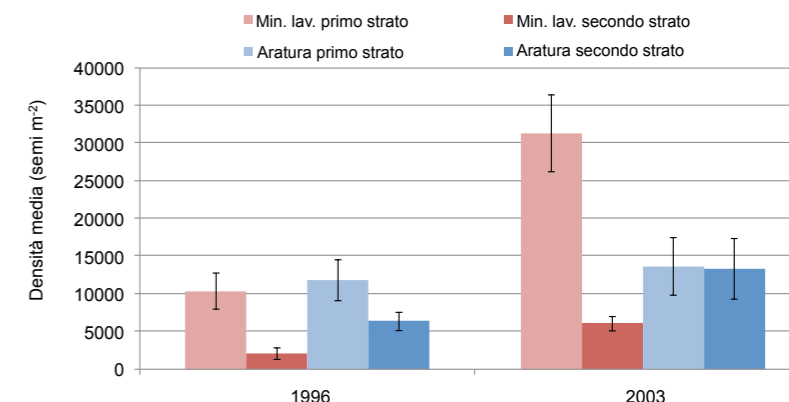


Fig 15. Densità della banca semi complessiva di Lombriasco relativa agli anni 1996 e 2003. Le barre rappresentano l'errore standard della media

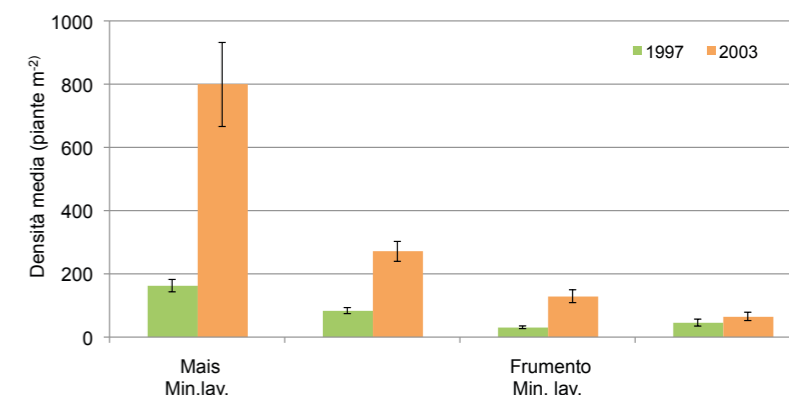


Fig 16. Densità media di infestazione delle parcelle di mais e frumento relativa agli anni 1997 e 2003 a Lombriasco. Le barre rappresentano l'errore standard della media.

e Lal, 2013). L'aratura, attraverso l'arieggiamento del suolo, la rottura degli aggregati e il rimescolamento dei residui colturali, determina in generale un aumento dell'ossidazione della sostanza organica con incremento della CO₂ e una probabile riduzione dello stock di Carbonio organico nel suolo.

È noto, inoltre, che la semina su sodo aumenta il Carbonio organico nei primissimi strati di suolo, con risultati variabili in base alle zone climatiche, alla durata della pratica, all'intensificazione dei sistemi colturali (Six et al., 2004). L'incremento della sostanza organica nei primissimi strati può correlarsi ad un aumento delle emissioni di gas serra, come dimostrato da Six et al. (2004) per CH₄ e N₂O, ma anche per la CO₂.

L'emissione di CO₂ dal suolo, quindi, così come indicato dall'International Panel on Climate Change (IPCC), non può essere considerato

come un indice significativo e assoluto per la valutazione dell'impatto di un sistema colturale sui cambiamenti climatici. Piuttosto rappresenta un indice della misura dell'attività microbica del suolo spesso correlata direttamente all'incremento della sostanza organica nel suolo che si verifica sia nel caso in cui un sistema riceva maggiori input di carbonio organico o nel caso di applicazioni di tecniche conservative del suolo. Per cui, nonostante l'aumento di CO₂ emessa, il sistema deve essere considerato meno impattante.

Ridurre i costi di produzione

Tra il 2006 e il 2009 è stata valutata l'analisi tecnico economica di sistemi colturali condotti con semina su sodo o con aratura, considerando una superficie aziendale di 30 ha, sulla quale insisteva la rotazione quadriennale

	Frumento	Mais da granella
Totale costi meccanici	51%	61%
Totale costi per risorse	95%	113%
Totale costi extra-aziendali	119%	100%
Totale costi	88%	94%
Plv	81%	86%
Totale ricavi	78%	83%

Tab. 4. Analisi tecnico-economica di frumento e mais prodotti con semina su sodo. Indici espressi come percentuale del rapporto tra i valori ottenuti con applicazione di semina su sodo e i valori ottenuti con applicazione di aratura.

con alternanza frumento, mais da granella. Le operazioni meccaniche sono state svolte con macchinari di proprietà dell'azienda ad eccezione delle operazioni di semina su sodo, raccolta ed essiccazione del prodotto, svolte da contoterzisti.

L'adozione della semina su sodo per la produzione di frumento e mais comporta una riduzione dei costi totali, soprattutto nel frumento (tab. 4). Le voci di costo maggiori sono i costi extra-aziendali, essendo l'operazione di semina effettuata da contoterzisti, e i costi per le risorse, perchè. aumenta l'impiego di mezzi chimici specialmente per il controllo delle infestanti nel mais. L'analisi dei ricavi indica che con la semina su sodo in media si ottiene l'81% dei ricavi che si ottengono con aratura, e questo è imputabile alla riduzione della produzione che rappresenta l'83% in valore di quella ottenibile con l'aratura.

Conclusioni

Le tecniche conservative del suolo possono ridurre le produzioni agrarie in funzione dell'ambiente pedoclimatico e delle colture. Nell'area mediterranea e in suoli mediamente drenanti il frumento ha sul medio periodo perdite produttive del 5% in caso di minima lavorazione e raggiungono il 19% in semina su sodo. Il colza in semina su sodo ha un potenziale produttivo limitato con produzioni inferiori al colza arato del 71%. L'adattabilità di colture a semina primaverile come mais o girasole è, invece, elevata sia alla minima lavorazione sia alla semina su sodo.

La gestione di un sistema colturale con prevalente minima lavorazione alternata alla semina su sodo ha permesso un maggior arieggiamento del suolo e di migliorare la gestione delle acque superficiali in eccesso con conseguenti aumenti produttivi delle colture quali il frumento. L'esperienza maturata in queste sperimentazioni dimostra quindi che la riduzione delle lavorazioni va sapientemente testata suolo per suolo, ma anche che conviene spingersi quanto possibile verso la riduzione, perché questo può non pregiudicare le produzioni.

Le tecniche di lavorazione conservative influenzano negativamente la qualità merceologica e sanitaria della granella di frumento ma non del mais. La granella di frumento ha un peso specifico inferiore rispetto ad un frumento arato probabilmente per una densità di culmi di produzione spesso elevata derivata da una più elevata densità di semina, ma soprattutto per la relazione diretta che esiste tra qualità e sviluppo di *Fusarium* spp.. *Fusarium* attacca la cariosside e ne limita lo sviluppo modificando il rapporto tra crusca ed endosperma, e lasciando nella granella elevate quantità di micotossine che in alcuni anni possono superare la soglia limite per il consumo umano.

È consigliabile, quindi, in caso sia di minima lavorazione e di semina su sodo, intervenire con fungicidi specifici sulla coltura di frumento per contenere lo sviluppo di *Fusarium* spp. e aumentarne le qualità sanitarie.

Le tecniche di agricoltura conservativa determinano un incremento, misurabile sul medio lungo periodo, del Carbonio organico e dell'Azoto

totale nei primi 15 cm di suolo. Al di sotto di tale strato le quantità di tali elementi sono generalmente inferiori rispetto ad un suolo arato.

Oltre alla stratificazione, le diverse lavorazioni modificano anche le forme in cui la sostanza organica è presente nel suolo. La semina su sodo aumenta soprattutto la frazione della sostanza organica più labile e quindi potenzialmente più mineralizzabile.

L'aumento della fertilità del suolo e soprattutto l'incremento dello stock di Carbonio organico in suoli di medio impasto sembra essere favorito da lavorazioni periodiche piuttosto che da semine su sodo prolungate considerando anche che il maggior accumulo della sostanza organica negli strati sotto superficiali, favorito dall'aratura o anche da minime lavorazioni, potrebbe proteggerla maggiormente dalle perdite come erosioni superficiali o aumenti di emissioni di gas serra (CH₄ e N₂O).

Dall'analisi della fertilità biologica del suolo emerge la sensibilità delle comunità edafiche a differenti tipologie di trattamenti colturali. Il sistema con semina su sodo ha presentato comunità più numerose di microartropodi e di lombrichi rispetto al sistema sottoposto ad aratura, nonché valori più elevati di QBS-ar, in



Foto 4. Semina su sodo di colza su stocchi di mais

relazione alla maggior presenza di sostanza organica nello strato superficiale e ai ridotti disturbi meccanici, tuttavia la maggiore compattezza del suolo ha influito negativamente su alcuni gruppi di microartropodi e in generale sugli indici di biodiversità.

Nell'ottica dello sviluppo di un'agricoltura sostenibile, l'adeguato controllo delle malerbe in sistemi basati su un ridotto input energetico rappresenta un aspetto fondamentale. Esistono delle difficoltà oggettive sulla gestione delle infestanti in caso di assenza di aratura legata all'incremento nel tempo della flora potenziale, cioè al numero di semi potenzialmente germinabili, nella parte superficiale del suolo, ad un conseguente aumento della flora reale e alla selezione di infestanti perennanti di difficile controllo sia chimico che meccanico, e ad una probabile riduzione dell'efficacia del controllo chimico dovuto alla presenza di residui colturali che possono limitare la normale distribuzione e un regolare assorbimento del principio attivo da parte dell'infestante.

Quindi l'impiego di colture adatte alle lavorazioni conservative e le rotazioni colturali, il ricorso a interventi meccanici quali le sarchiature estive o strigliature, gli interventi tempestivi con l'impiego di prodotti fitosanitari idonei sono le principali strategie di lotta da adottare per aumentare le probabilità di successo del controllo delle infestanti in sistemi colturali gestiti con tecniche di lavorazione conservati-

ve del suolo. Inoltre, l'introduzione dell'aratura eseguita periodicamente, rappresenta una valida alternativa alle strategie precedenti grazie alla possibilità di portare in profondità i semi accumulati nello strato superficiale con benefici effetti sulla flora reale e potenziale.

La riduzione delle operazioni consente di abbassare i costi di coltivazione. L'assenza di aratura comporta riduzioni nei costi della meccanizzazione. In particolare, la riduzione dei costi potrebbe essere ancora più importante se si considerassero superfici più elevate, in modo da elevare l'impiego delle macchine e soprattutto delle trattrici.

Tuttavia, l'utilizzo della tecnica di semina su sodo richiede l'impiego di macchine dedicate, quindi un incremento dei costi extra-aziendali. I costi delle macchine sono contenuti in particolar modo se si opera su superfici grandi. La valutazione della convenienza alla semina su sodo va quindi considerata per superfici superiori ai 30 ha.

Si può pertanto concludere che la migliore tecnica di lavorazione conservativa deve essere cercata in relazione al tipo di suolo. La tecnica mista pare comunque dare ottimi risultati sotto vari punti vista anche se alcuni aspetti quali la qualità della produzione e l'aspetto malerbologico vanno tenuti sotto stretto controllo.

Bibliografia

- Alluvione F., Moretti B., Sacco D., Grignani C., 2013. "EUE (energy use efficiency) of cropping systems for a sustainable agriculture. Energy 36: 4468-4481.
- Bertocco M. "Lavorazioni e gestione del residuo". L'Informatore Agrario, 26: 35-41
- Bonari E., Mazzoncini M., Peruzzi A., 1995. "Effects of conventional and minimum tillage on winter oilseed rape in a sandy soil". Soil and Tillage research, 33: 91-108.
- Brenna S., Rocca A., Sciacaluga M., 2013. "Stock di carbonio organico in funzione del cambiamento dell'uso del suolo". In: "Il ruolo dell'agricoltura conservativa nel bilancio del carbonio". Quaderni della Ricerca n. 153- giugno 2013. Regione Lombardia.
- Cerli C., Celi L, Kalbitz K, Guggenberger G, Kaiser K. (2012). Separation of light and heavy organic matter fractions in soil Testing for proper density cut-off and dispersion level . GEODERMA, vol. 170, p. 403-416.
- Colombari G., Negri F, Bondi A., Araldi F., Marchesi M., 2013. "Frumento tenero su minima e su sodo". Supplemento Terra e Vita 27: 26-30.
- Desogus S., Moretti B., Sacco D., Grignani C., Gaudino S., Ferrero A., Vidotto F., Tesio F., Berruto R., Busato P., Ghiotti G., Barra S., Bonino M., 2008. "Sistemi colturali erbacei". Supplemento Quaderni della Regione Piemonte-Agricoltura, 60
- Ferrazzi P., Elia E., Porta F., 2003 "Effects of a new agricultural management method derived from "natural" farming on soil arthropodofauna". XXX CIOSTA-CIGR V Congress, Management and technology applications to empower agro-food systems, Turin, September 22-24, 2003: 654-659
- Ferrero A., Vidotto F., Saglia A.A. editors 2007. Risposta delle comunità di malerbe in sistemi colturali erbacei a diversi livelli di input energetico. Atti del XVI convegno S.I.R.F.I. "Uso sostenibile degli agrofarmaci: la nuova direttiva comunitaria, problematiche applicative e ruolo della ricerca", 5 aprile 2007, Bologna, Italy. 176 p.
- Gardi C., Conti F. D., Menta C., 2013. "Biodiversità edafica". In: "Il ruolo dell'agricoltura conservativa nel bilancio del carbonio". Quaderni della Ricerca n. 153- giugno 2013. Regione Lombardia.
- Hendrix P.F., Parmelee R.W, Crossley D.A. Jr., Coleman D.C., Odum E.P., Groffman P.M. 1986. "Detritus foodwebs in conventional and no-tillage agroecosystems." Bioscience, 36: 374-380.
- Maiorano A., Blandino M., Reyneri A., Vasara F., 2007. "Come gestire i residui colturali per evitare le micotossine". L'Informatore Agrario, 38: 51-54.
- Marandola D., 2011. "Conservativa, una via sostenibile per l'agricoltura". L'Informatore Agrario 36: 33-34.
- Marandola D., De Maria M., 2013. "La semina su sodo: numeri e situazione in Italia". L'Informatore Agrario 27: 42-46.
- Mazzoncini M., Di Bene C., Coli A., Antichi D., Petri M., Bonari E.. "Rainfed wheat and soybean in a long-term tillage experiment in central Italy". Agronomy Journal, volume 100, issue 5: 1418-1429.
- Monaco S., Grignani C., Sacco D., Moretti B., Desogus S., Ferrero A., Vidotto F., 2005. "Confronto tra sistemi colturali a diversa intensità. Risultati agronomici ed ambientali". Supplemento Quaderni della Regione Piemonte-Agricoltura n.51, 36-39.
- Monaco S., Moretti B., Grignani C., Sacco D., Desogus S., Ferrero A., Vidotto F., Berruto R., Ghiotti G., Mastromonaco G., Turletti A., Giacomelli P., Saglia A., Barra S., 2005. "La riduzione degli input in sistemi colturali erbacei." Supplemento Quaderni della Regione Piemonte-Agricoltura, 43.
- Moretti B., Remogna E., Sanino N., Grignani C., Vidotto F., Tesio F., Ferrero A., Celi L., Said-Pulicino D., Borda T., Barberis E., Ferrazzi P., Berger F., Sacco D., 2011. "Semina su sodo, valorizzare l'ambiente contenendo i cali produttivi". L'Informatore Agrario 44: 52-55.
- Olson K.R., Lang J.M., Ebelhar S.A., 2005. "Soil organic carbon changes after 12 years of no-tillage and tillage of Grantsburg soils in southern Illinois. Soil and Tillage Research 81: 217-225".
- Peruzzi A., Raffaelli M., Ginanni M., Fontanelli M., 2006. "Maggior reddito dal girasole seminato su sodo". L'Informatore Agrario, 4: 71-76.
- Pisante M., 2013. "Con l'agricoltura sostenibile si volta pagina". Supplemento Terra e Vita 27: 4-6.
- Porceddu P. R., Trevini M., 2012. "Strip tillage: cosa sapere per ottenere risultati". L'Informatore Agrario, 28: 62-65.
- Sacco D., Monaco S., Zavattaro L., Grignani C., 2003. "The sustainability of low input systems in comparison to traditional system for erbaceous crops." XXX CIOSTA-CIGR V Congress proceedings, vol. 2.
- Six J., Ogle S. M., Breidt F. J., Conant R. T., Mosier A. R and Paustian K., 2004. "The potential to mitigate global warming with no-tillage management is only realized when practised in the long term". Global Change Biology, 10: 155-160.
- Stavi I., Lal R., 2013. "Agriculture and greenhouse gases, a common tragedy. A review." Agronomic sustainable development, 33: 275-289.
- Tanaglio V., 2013. "La gestione delle lavorazioni". Supplemento Terra e Vita 27: 8-9.
- Zavattaro L., Grignani C., Vidotto F., Moretti B., Berruto R., Piccarolo P., Turletti A., Saglia A., Baldassi A., Fiorina P., Margara G., Barra S., 2006. "Minima lavorazione o aratura? Non c'è una risposta univoca". Terra e Vita, 38: 60-64.