

# L'INFORMATORE AGRARIO

[www.informatoreagrario.it](http://www.informatoreagrario.it)



Edizioni L'Informatore Agrario

Tutti i diritti riservati, a norma della Legge sul Diritto d'Autore e le sue successive modificazioni. Ogni utilizzo di quest'opera per usi diversi da quello personale e privato è tassativamente vietato. Edizioni L'Informatore Agrario S.r.l. non potrà comunque essere ritenuta responsabile per eventuali malfunzionamenti e/o danni di qualsiasi natura connessi all'uso dell'opera.

# Riscoprire la fertilità del suolo con la semina su sodo

di Danilo Marandola

**I**l concetto di fertilità del suolo sembra essere antico quanto l'agricoltura. Un concetto talmente acquisito e consolidato che Sébillotte (1989) lo considerava più una rappresentazione sociale che una conoscenza scientifica consolidata. Solo in tempi relativamente recenti, infatti, la scienza si è dedicata a indagare i meccanismi biologici, chimici e fisici che si instaurano nei suoli e che sono alla base della loro attitudine a ospitare i processi produttivi dell'agricoltura.

Il concetto di fertilità del suolo è stato spesso trascurato dall'agricoltura moderna e intensiva. Per molti anni si è creduto, anche solo implicitamente, che i progressi della meccanica, della chimica e della tecnica potessero rappresentare la «panacea», la soluzione a qualsiasi difficoltà produttiva connessa all'uso del suolo. Un approccio che spesso ha ricondotto i suoli al ruolo di «semplici» substrati su cui poter fare agricoltura. Eppure **lo stato di salute di un suolo è l'alleato migliore e, per certi versi il più economico, di cui l'agricoltore può disporre per condurre al meglio le proprie coltivazioni.** Per il vero, il crescente impiego di input culturali e l'elevata efficienza delle tecnologie di cui la moderna agricoltura oggi si avvale possono spesso riuscire a mascherare le perdite di produttività dei terreni associate alla riduzione della fertilità (Reeves, 1997).

La fertilità del suolo si lega oggi in modo sempre più forte a tematiche di carattere ambientale, come cambiamento climatico, desertificazione, risorse idriche e biodiversità. La semina su sodo può contribuire in tal senso, migliorando le caratteristiche microbiologiche, fisiche e chimiche del terreno

Il crescente ricorso a questi input, però, espone l'agricoltore all'aumento (ormai sempre meno sostenibile) dei costi di produzione e accresce il rischio di impattare in modo ancor più negativo sulla qualità ecologica dei terreni (Nrc, 1993).

**Oggi si torna a parlare con ritrovato interesse di fertilità e di qualità dei suoli, anche perché questo tema si lega in modo sempre più stretto a tematiche di carattere ambientale. Il degrado del suolo ha infatti ripercussioni dirette sulla qualità delle acque e dell'aria, sulla biodiversità e sui cambiamenti climatici** (vedi *L'Informatore Agrario* n. 17/2012 a pag. 19). L'Unione Europea ha anche elaborato una propria strategia tematica finalizzata a contenere i sempre più diffusi problemi di degrado che stanno interessando i suoli del territorio europeo (vedi *approfondimento* a pag. 68).

Gli agricoltori, che sono i custodi di gran parte dei suoli del Vecchio continente, sono chiamati direttamente in causa

nella gestione razionale, efficiente e sostenibile dei terreni, un tema che assumerà crescente importanza anche nell'ambito della futura pac (Colombo *et al.*, 2011).

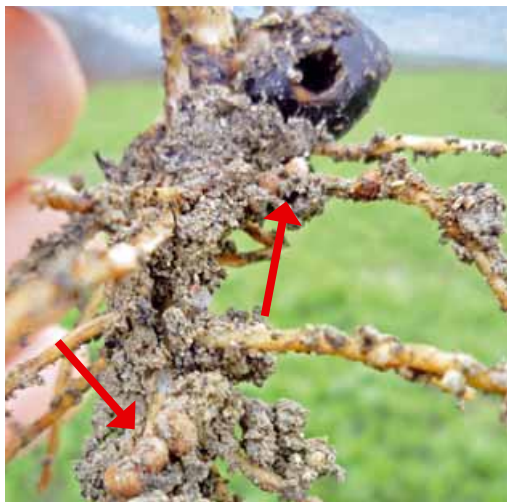
Il declino della produttività dei suoli è un fenomeno molto esteso e ancora poco quantificato che, anche nel breve periodo, rischia di annullare tutti i miglioramenti sinora ottenuti nel campo delle tecnologie agrarie (Iiasa-Fao, 2001). Questo significa che **l'agricoltura dovrà presto imparare a migliorare, ripristinare o conservare la fertilità dei propri suoli almeno per riuscire a garantire (e per garantirsi) gli attuali livelli di efficienza produttiva.** Anche perché, non bisogna dimenticarlo, fare agricoltura su terreni fertili e in buona salute significa riuscire a produrre con minori difficoltà e, soprattutto, con costi più contenuti e con minore ricorso agli input culturali. Aspetto, quest'ultimo, che assume una importanza sempre più strategica alla luce dell'attuale congiuntura economica e del continuo aumento dei costi di produzione.

Gli equilibri «naturali» che possono instaurarsi in un suolo agrario, sono in grado di svolgere funzioni essenziali per le colture, come la fornitura di elementi minerali, la giusta distribuzione delle risorse idriche o anche il controllo di organismi patogeni.

## Il concetto di fertilità dei suoli

L'interesse della scienza per i meccanismi che sono alla base della fertilità dei suoli prende forma agli inizi del 1900.

In generale tutte le definizioni maturate dagli studiosi nel corso del tempo sembrano **esaltare la componente biologica della fertilità del suolo, una componente**



**Foto 1** Un esempio classico di interazione positiva fra agricoltura e microrganismi del suolo: tubercoli radicali (frecce rosse) su plantula di favino coltivato su sodo. I tubercoli sono il risultato di una simbiosi che si instaura tra la pianta ospite e alcuni batteri del terreno (di solito appartenenti al genere *Rhizobium*). È in questi tubercoli che avviene l'azotofissazione, il processo attraverso il quale i batteri simbiotici fissano l'azoto atmosferico e lo rendono disponibile per la pianta «in cambio» dell'ospitalità radicale offerta. Le leguminose sono in grado di costituire questa simbiosi. Foto Aipas

## La degradazione dei suoli e le strategie politiche

cui contribuiscono a diversi organismi che vivono nel terreno anche attraverso le relazioni reciproche che possono instaurare fra di loro e con le colture (presenza/assenza di microrganismi utili; accumulo di microrganismi patogeni e di funghi parassiti; presenza di parassiti vegetali) (Doran *et al.*, 1994). Sulla componente biologica influiscono in modo considerevole le modalità di lavorazione dei suoli, la gestione della sostanza organica e gli avvicendamenti culturali.

A ogni modo quella biologica, seppure fondamentale, non è l'unica componente che concorre a definire la fertilità di un suolo. Altrettanto importanti, infatti, sono altre due voci della fertilità, quella chimica e quella fisica. Appartengono alla **dimensione chimica** tutti gli aspetti connessi alla disponibilità-assenza di elementi nutritivi (macro e micro) o alla presenza nel suolo di sostanze fitossiche e allelopatiche. Su questa componente influiscono in modo determinante la scelta delle rotazioni culturali e la restituzione, mediante fertilizzazioni minerali od organiche, degli elementi nutritivi asportati dalle colture.

La **dimensione fisica** della fertilità, invece, deriva dalle caratteristiche strutturali del suolo (porosità, densità apparente o resistenza degli aggregati) e gioca un ruolo fondamentale nella distribuzione dell'acqua e delle sostanze nutritive, nonché nel determinare le caratteristiche di abitabilità del terreno per i diversi microrganismi e le forme di vita che possono colonizzarlo. Viene influenzata in modo determinante dalle modalità di gestione agronomica (lavorazioni, rotazioni, fertilizzazioni) e dal contenuto di sostanza organica. Su tutte le componenti della fertilità influiscono, ovviamente, anche i fattori indipendenti come la tessitura, il clima o l'orografia che possono incidere notevolmente sulle dinamiche biologiche, chimiche e fisiche che hanno luogo nel terreno.

### Ruolo della sostanza organica e della semina su sodo

Un ruolo fondamentale nella determinazione delle diverse componenti della fertilità di un suolo è svolto dalla sostanza organica. Questa rappresenta la principale risorsa vitale per gli organismi tellurici, tanto che esiste una forte relazione che lega l'abbondanza delle forme di vita presenti in un terreno con il contenuto stesso di sostanza

In Europa circa 115 milioni di ettari (una superficie pari a tre volte l'Italia), sono soggetti a erosione idrica, mentre 42 milioni di ettari sono soggetti a erosione eolica ([Com (2006) n. 231 def.]; Boardman e Poesen, 2006).

In Italia l'erosione idrica è particolarmente intensa nelle aree montane e collinari con una perdita di suolo che supera anche le 40-50 t/ha/anno (Grimm *et al.*, 2003).

Si stima che circa il 45% dei suoli europei presenti uno scarso contenuto di sostanza organica.

Nell'area del Mediterraneo e in Italia il contenuto medio di sostanza organica si aggira intorno all'1,5% (Montanarella e Jones, 1999).

Uno studio dell'European Soil Bureau effettuato sugli orizzonti superficiali (0-30 cm) dei suoli nell'Europa meridionale, ha evidenziato che l'86,4% della superficie di suolo totale in Italia è caratterizzato da valori di carbonio organico  $\leq 2\%$ , mentre solo il 12,4% ne contiene più del 2% (Zdruli *et al.*, 2004).

Nel 2006 la Commissione europea ha proposto una Strategia tematica del suolo [Com (2006) 231/def.] (ancora in attesa di essere adottata) per prevenire il degrado del suolo, preservarne le funzioni e limitare fenomeni deleteri come erosione, diminuzione della sostanza organica, contaminazione, impermeabilizzazione, compattazione, diminuzione della biodiversità, salinizzazione e frane (da Colombo *et al.*, 2011).

organica (Cookson *et al.*, 1998; Wardle *et al.*, 2001; Nakamoto & Tsukamoto, 2006). La sostanza organica è riportata da numerosissimi studi come uno degli indicatori chiave importante della fertilità-qualità dei suoli e della sostenibilità dei processi produttivi (Reeves, 1997), tanto che il ripristino del contenuto di carbonio organico di un suolo è considerato un fattore essenziale per il miglioramento della fertilità, per l'aumento della produttività agricola, per la gestione razionale delle risorse idriche e per la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera (Robertson *et al.*, 2000; Bouma, 2002).

**Studi di lungo corso hanno dimostrato come le lavorazioni meccaniche dei terreni, pur in presenza di buone rota-**

**zioni e letamazioni, determinino una riduzione del contenuto di sostanza organica del suolo (Reeves, 1997). In questa prospettiva, un significato particolarmente strategico viene assunto dai sistemi di agricoltura conservativa e, in particolare, dalla semina su sodo.** La non lavorazione del terreno, infatti, accresce la quantità di residui vegetali superficiali e favorisce l'accumulo di carbonio organico nei primi strati di suolo, contrariamente a quanto fanno le lavorazioni che, incorporando i residui nel terreno, accelerano, invece, processi di mineralizzazione e decomposizione della sostanza organica (Wander *et al.*, 1998).

L'intensa attività di disturbo operata sul suolo dall'agricoltura convenzionale (quella basata sull'aratura e sulle lavorazioni ripetute, su periodi lunghi di terreno «nudo», sullo scarso ricorso alle notazioni e alle colture di copertura) ha accresciuto negli ultimi anni le preoccupazioni relative ai possibili impatti negativi che possono essere generati dalle attività agricole sulla fertilità dei suoli e sull'ambiente in genere (Tebrügge e Düring, 1999; Uri *et al.*, 1999). Questi sistemi di coltivazione, infatti, incrementano i fenomeni di compattamento e di erosione del suolo, accrescendo notevolmente i rischi di contaminazione dei corsi d'acqua da parte di sedi-



**Foto 2** Tumuli prodotti da lombrichi (*L. terrestris*) in un campo coltivato su sodo. I tumuli creati da *L. terrestris* durante le sue attività di scavo sono dei veri e propri hot spots (punti caldi) della biodiversità. Sono habitat privilegiati di numerosi microrganismi del suolo e anche una importante sede di elementi minerali (Subler e Kirsch, 1998). Foto Aipias

# I lombrichi combattono il *Fusarium*

I lombrichi del suolo possono essere distinti in tre categorie. **Gli ipogei (*Aporrectodea caliginosa*)** vivono negli strati più profondi del terreno (10-20 cm) e tendono a nutrirsi di residui vegetali in avanzato stato di decomposizione. **Gli epigei (*Lumbricus rubellus*)** vivono tendenzialmente in superficie (5 cm) e si nutrono di sostanza organica poco decomposta. Solitamente, se disturbati, impiegano tempi lunghi per ricolonizzare un suolo. **Gli anecici (*Lumbricus terrestris*)** si nutrono di sostanza organica poco decomposta e scavano gallerie nel terreno, per cui si trovano sia in superficie sia in profondità (Lee, 1985).

I lombrichi sembrano essere in grado di ridurre l'incidenza di *Fusarium*, uno dei funghi patogeni più temuti dai cerealicoltori. Questo è quanto emerso da un lavoro di ricerca sviluppato da Wolfarth *et al.* (2011). Questi ricercatori hanno studiato la decomposizione della paglia di frumento coltivato su sodo e contaminata con spore di *Fusarium culmorum*, valutando il ruolo svolto in questo processo da due diverse specie di lombrichi (*Lumbricus terrestris* e *Aporrectodea caliginosa*). *L. terrestris* è sembrato in grado di degradare quasi completamente il *Fusarium* (-98,8%) e di annullare (-99,7%) la concentrazione della micotossina deossinivalenolo (DON) presente nella paglia. Questi risultati sembrano confermare come gli equilibri

naturali di un suolo possano contribuire in modo importante allo svolgimento dell'attività agricola. Pare, infatti, che i lombrichi preferiscano nutrirsi di paglia contaminata da *Fusarium* e non di paglia non infetta (Moody *et al.*, 1995).

L'esperienza di ricerca di Wolfarth *et al.* si dimostra particolarmente interessante per chi fa semina su sodo. Questo sistema di coltivazione, infatti, consente di conservare in superficie abbondanti residui colturali che, nel caso dei cereali e in funzione delle condizioni pedoclimatiche, possono rappresentare una fonte importante di conservazione del *Fusarium* (Pereyra *et al.*, 2004; Pereyra e Dill-Macky, 2008). Per fortuna, però, è anche dimostrato che la semina su sodo può favorire la ricomparsa e la proliferazione dei lombrichi. Edwards e Lofty (1982), per esempio, hanno osservato un aumento del 30% della popolazione di lombrichi dopo 8 anni di agricoltura conservativa. In particolare, sembra proprio che sia *L. terrestris* quello che più beneficia delle lavorazioni ridotte del terreno (Edwards, 1983; Edwards *et al.*, 1995). In questo modo il sistema seminaturale ricreato dalla semina su sodo promette di essere in grado di sapersi autoregolare per gestire la diffusione e l'incidenza di funghi patogeni come il *Fusarium*.

menti, fertilizzanti e agrofarmaci (Basso *et al.*, 2002). Ultimamente, inoltre, i sistemi agronomici basati sull'ampio ricorso alle lavorazioni meccaniche sono entrati anche nel mirino delle strategie di lotta al cambiamento climatico, visto che, a livello globale, contribuiscono all'emissione in atmosfera di decine di miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub> (Lal, 2004).

I sistemi agronomici conservativi come quelli proposti dalla semina su sodo, invece, si sono dimostrati un'alternativa efficace per migliorare la qualità e la fertilità dei suoli, così come per migliorare i raccolti e la stabilità delle rese in condizione pedoclimatiche di tipo mediterraneo (Marocco, Spagna, Tunisia, Australia, ecc.).

**Con la semina su sodo, grazie alla presenza di residui superficiali o di cover crops dedicate, i suoli sono protetti dall'azione battente delle piogge e dai fenomeni di erosione.** La pacciamatura naturale fornita dai residui accresce il livello di biodiversità e l'attività biologica dei suoli, cosa che contribuisce a migliorare il ciclo naturale dei nutrienti e le proprietà strutturali dei terreni (Hobbs, 2007; Holland, 2004).

Il rilascio di residui superficiali dopo la raccolta può accrescere il contenuto di carbonio organico del suolo, ma questo beneficio può essere perso molto rapidamente se un terreno non lavorato viene nuovamente ara-

to, Stockfish *et al.* (1999), ad esempio, riportano come l'accumulo di sostanza organica ottenuto in vent'anni di agricoltura conservativa sia stato completamente perso nell'arco di una stagione dopo il ricorso a un singolo intervento di aratura.

**Il ritorno alle lavorazioni impoverisce il suolo non solo del carbonio organico, ma anche di tutti gli altri minerali che, normalmente legati alla materia organica, possono poi facilmente allontanarsi attraverso fenomeni di lisciviazione.** Lisciviazione che può sia generare problemi di carattere ambientale (pensiamo ai nitrati e all'inquinamento delle falde e dei corsi d'acqua) sia costringere l'agricoltore a rimpinguare la fertilità chimica del suolo attraverso nuove (e ormai sempre

più costose) fertilizzazioni. L'entità e la natura dei meccanismi che sono alla base delle differenze di fertilità che esistono fra i suoli no till e quelli in regime di agricoltura convenzionale devono essere ancora indagate a fondo (Kassam *et al.*, 2012). L'efficienza (produttiva e ambientale) dei sistemi di non lavorazione dipende spesso, infatti, dal contesto aziendale (ordinamento produttivo, abilità dell'operatore) e pedoclimatico (tipi di suolo, orografia, clima) nel quale ci si trova a operare (Gillert *et al.*, 2009; Lahmar, 2008).

## Gli aspetti della fertilità del suolo

Numerosi microrganismi favoriscono l'assorbimento dei nutrienti da parte delle radici delle colture agrarie. La fissazione dell'azoto da parte dei batteri *Rhizobium* è l'effetto meglio conosciuto e più noto al «grande pubblico» (foto 1). Il 90% dei microrganismi del suolo è ancora oggi sconosciuto. Ogni grammo di terra conta 100 milioni di batteri, da 4.000 a 7.000 specie diverse (Maché *et al.*, 2012).

Oltre ai batteri, anche i funghi possono svolgere un ruolo fondamentale nel determinare le caratteristiche di fertilità biologica dei suoli. L'intreccio di funghi che attraversa i suoli,



**Foto 3** Trasemina (su sodo) di trifoglio squaroso e avena su prato polifita. L'introduzione di trifoglio nelle rotazioni contribuisce ad accrescere numerosità e massa di lombrichi del suolo (Edwards e Lofty, 1982). Foto Aipas

ad esempio, sviluppa tolleranze a patologie, protegge le piante dalla siccità e migliora la struttura del suolo. **Lo sviluppo delle micorrize (la simbiosi che si ricrea fra i funghi e le piante) è incoraggiato dalla non lavorazione del suolo e dalle rotazioni diversificate, specialmente quelle che comprendono le leguminose** (Maché *et al.*, 2012). Le rotazioni colturali che prevedono l'introduzione delle leguminose, infatti, svolgono un ruolo virtuoso nell'accrescere la vitalità biologica complessiva del suolo.

I microrganismi giocano un ruolo fondamentale all'interno dell'ecosistema telurico. Possono, ad esempio, controllare alcuni fitopatogeni (Friberg *et al.*, 2005), migliorare le caratteristiche fisiche dei suoli (Logsdon e Linden, 1992; Deneff *et al.*, 2001) e fornire nutrienti alle colture (Bonkowski *et al.*, 2000; Wardle *et al.*, 2001).

La valorizzazione degli organismi utili del terreno ha la potenzialità di offrire effetti molto durevoli che si basano sul mantenimento e sul sostegno dell'equilibrio naturale dell'ecosistema «terreno» (Wurst, 2012). I microrganismi presenti nel suolo (numero e tipologia) risentano rapidamente dei cambiamenti delle modalità di gestione agronomica (sistemi di coltivazione, fertilizzazione, controllo di patogeni e infestanti) (Lupwayi *et al.*, 1998; Coleman *et al.*, 2002; Miyazawa *et al.*, 2002) e il tasso di decomposizione dei residui vegetali può essere considerato un buon indicatore della loro attività (Fließbach *et al.*, 1995; Bradford *et al.*, 2002).

In generale la quantità di batteri, funghi e lombrichi presenti in un suolo è positivamente associata al contenuto di carbonio e di azoto perché è anche da questi elementi che dipende la loro attività alimentare (Frey *et al.*, 1999; Clarholm, 1994; Vreeken-Buijs *et al.*, 1998; Villenave *et al.*, 2004; Nakamoto e Tsukamoto, 2006).

**Il lombrico si conferma essere un grande amico dell'agricoltore in quanto, oltre a contribuire al ciclo dei nutrienti e alla creazione di una naturale porosità, dimostra di essere in grado anche di neutralizzare funghi fitopatogeni e tossici come il *Fusarium*** (Wurst, 2012) (vedi approfondimento a pag. 69). Un alleato fidato, dunque, che sembra gradire particolarmente i terreni coltivati secondo tecniche di agricoltura conservativa. Edwards e Lofty (1982), per esempio, hanno osservato un aumento del 30% della popolazione di lombrichi dopo 8 anni di lavorazioni ridotte del terreno. Whalen e Parmelee (1999) hanno stimato che la decomposizione della sostanza organica operata dai lombrichi può raggiungere le 8 t/ha/anno per *L. terrestris* e le 6 t/ha/an-



**Foto 4** Una giovane plantula di mais seminata (su sodo) su medicaio invecchiato. La medica non compete con il mais per l'azoto anzi, grazie all'azotofissazione, può garantire al mais una fertilizzazione naturale (ed economica). L'introduzione di medica e veccia nelle rotazioni, unita alla riduzione delle lavorazioni meccaniche, accresce il quantitativo di sostanza organica del terreno rispetto alla monocultura o all'alternanza cereale-maggese (Masri e Ryan, 2006) Foto Aipas

no per *A. tuberculata*. Una importante attitudine del *L. terrestris* è la capacità di effettuare una sorta di «aratura sotterranea» (Cortez, 1998; Cortez e Bouché, 1998) che non solo favorisce la decomposizione dei residui, ma sembra anche migliorare le caratteristiche fisiche del suolo come porosità e densità apparente. Durante le sue attività, *L. terrestris* crea sulla superficie del suolo delle strutture conosciute con il nome di «tumuli» (foto 2).

**Un ruolo fondamentale nel mantenimento della fertilità biologica, fisica e chimica del suolo è svolto dalle rotazioni colturali e, specialmente, da quelle che prevedono l'introduzione di specie leguminose** (Ball *et al.*, 2005) (foto 3). Questo sembra essere vero soprattutto in ambienti tendenzialmente siccitosi e, in modo particolare, per la buona riuscita della semina su sodo.

In condizioni di siccità un fattore chiave della fertilità è rappresentato dalla quantità di sostanza organica presente nel suolo la quale, a sua volta, dipende anche dai residui colturali e dalla biomassa radicale lasciata nel terreno dalle colture (Parton *et al.*, 1987) (foto 4). Nei suoli soggetti a lavorazioni meccaniche, il declino della sostanza organica si traduce inevitabilmente in una diminuzione della porosità naturale e nell'aumento della densità apparente del terreno (Tisdall e Oades, 1982). Per questa ragione, in condizioni non irrigue, **la riduzione della sostanza organica può diminuire l'efficienza d'uso delle acque**

**piovane influendo in modo determinante sulla capacità di infiltrazione della pioggia e sulla conducibilità idraulica del suolo.** Fattori, questi, che in ambienti collinari si traducono inevitabilmente in un aumento dei fenomeni di ruscellamento superficiale e di erosione.

**Le lavorazioni del terreno e la continua esportazione dei residui colturali rappresentano i principali fattori di perdita della sostanza organica dei suoli** (Rasmussen *et al.*, 1989); (Rasmussen e Collins, 1991). Le arature espongono la sostanza organica del suolo a forte areazione, accrescendo tutti i processi ossidativi e di mineralizzazione (Cannell e Hawes, 1994). I microrganismi del suolo, ad esempio, beneficiano della rapida (ma transitoria) areazione prodotta dall'aratura degradando rapidamente la materia organica e liberando anidride carbonica (Reicosky *et al.*, 1995; Borin *et al.*, 1997). Questo processo porta, per un verso, alla riduzione della potenziale attività biologica e biochimica del suolo (Doran *et al.*, 1998; Riffaldi *et al.*, 2002) e, per un altro, alla distruzione degli aggregati strutturali (Golchin *et al.*, 1994; Bossuyt *et al.*, 2002; Plante e McGill, 2002; Achmed *et al.*, 2003).

La recente e rapida diffusione dei sistemi agronomici conservativi è stata ampiamente guidata proprio dalla necessità di accrescere il contenuto di sostanza organica del terreno (Zibilske *et al.*, 2002; Franzluebbers, 2002). Questa necessità potrebbe persistere anche nel prossimo futuro, soprattutto alla luce degli scenari proposti dalla lotta al cambiamento climatico.

**Daniilo Marandola**

Inea - Rete rurale nazionale

**V** Per commenti all'articolo, chiarimenti o suggerimenti scrivi a: [redazione@informatoreagrario.it](mailto:redazione@informatoreagrario.it)

Per consultare gli approfondimenti e/o la bibliografia: [www.informatoreagrario.it/rdLia/12ia19\\_6341\\_web](http://www.informatoreagrario.it/rdLia/12ia19_6341_web)

#### ALTRI ARTICOLI SULL'ARGOMENTO

- *Semina su sodo, molto più di una semplice innovazione.* Pubblicato su L'Informatore Agrario n. 11/2012 a pag. 44.
- *Meccanizzazione sostenibile è meglio.* Pubblicato sul Supplemento a L'Informatore Agrario n. 4/2012 a pag. 11.
- *Semina su sodo «filosofia» produttiva delle aree marginali.* Pubblicato su L'Informatore Agrario n. 1/2012 a pag. 60.

[www.informatoreagrario.it/bdo](http://www.informatoreagrario.it/bdo)

# Riscoprire la fertilità del suolo con la semina su sodo

## BIBLIOGRAFIA

- Achmed R., Anderson S.H., Gantzer C.J., Thompson A.L. (2003) - *Influence of long-term cropping systems on soil physical properties related to erodibility*. Soil Sci. Soc. Am. J., 67: 637-644.
- Acton D.F., Gregorich L.J. (1995) - *Understanding soil health*. In: Acton D.F., Gregorich L.J. (Eds.), *The Health of Our Soils-Toward Sustainable Agriculture in Canada*. Centre for Land and Biological Resources Research, Research Branch, Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, ON: 5-10.
- Ball B.C., Bingham I., Rees R.M., Watson C.A., Litterick A. (2005) - *The role of crop rotations in determining soil structure and crop growth conditions*. Can. J. Soil Sci., 85: 557-577.
- Basso F., Pisante M., Basso B. (2002) - *Chapter 25: Soil erosion and land degradation*. In: Geeson N.A., Brandt C.J., Thornes J.B. (eds.): *Mediterranean desertification: A mosaic of processes and responses*: 347-359. John Wiley & Sons Ltd.
- Ben Moussa-Machraoui S., Errouissi F., Ben-Hammouda M., Nouira S. (2010) - *Comparative effects of conventional and no-tillage management on some soil properties under Mediterranean semi-arid conditions in north-western Tunisia*. Soil & Tillage Research, 106: 247-253.
- Boardman J., Poesen J. (2006) - *Soil Erosion in Europe*. John Wiley & Sons, Ltd., London, UK.
- Bonkowski M., Griffiths B.S., Ritz K. (2000) - *Food preferences of earthworms for soil fungi*. Pedobiologia, 44: 66-676.
- Borin M., Menini C., Sartori L. (1997) - *Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy*. Soil & Tillage Research, 40: 209-226.
- Bossuyt H., Six J., Hendrix P.F. (2002) - *Aggregate-protected carbon in no-tillage and conventional tillage agroecosystems using carbon-14 labeled plant residue*. Soil Sci. Soc. Am. J., 66: 1965-1973.
- Bouma J. (2002) - *Land quality indicators of sustainable land management across scales*. Agriculture, Ecosyst. and Environ., 88: 129-136.
- Bradford M.A., Tordoff G.M., Eggers T., Jones T.H., Newington J.E. (2002) - *Microbiota, fauna, and mesh size interactions in litter decomposition*. Oikos, 99: 317-323.
- Bünemann E.K., Marschner P., Smernik R.J., Conyers M., McNeill A. M. (2008) - *Soil organic phosphorus and microbial community composition as affected by 26 years of different management strategies*. Biology and Fertility of Soils, 44: 717-726.
- Cannell R.Q., Hawes J.D. (1994) - *Trends in tillage practices in relation to sustainability crop production with special reference to temperate climates*. Soil & Tillage Research, 30: 245-292.
- Clarholm M. (1994) - *The microbial loop in soil*. In: Ritz K., Dighton J., Giller K.E. (Eds.), *Beyond the Biomass*. Wiley, Chichester: 221-230.
- Coleman D.C., Fu S., Hendrix P.F., Crossley Jr. D.A. (2002) - *Soil foodwebs in agroecosystems: impacts of herbivory and tillage management*. European Journal of Soil Biology, 38: 21-28.
- Colombo C., Palumbo G., Belliggiano A. (2011) - *Il degrado della risorsa suolo, quale futuro per l'agricoltura e per l'ambiente?* Italian Journal of Agronomy, volume 6 (s2): e1
- Cookson W.R., Beare M.H., Wilson P.E. (1998) - *Effects of prior crop residue management on microbial properties and crop residue decomposition*. Applied Soil Ecology, 7: 179-188.
- Cortez J., Bouché M.B. (1998) - *Field decomposition of leaf litters: earthworm microorganism interactions e the ploughing-in effect*. Soil Biology and Biochemistry, 30: 795-804.
- Cortez J. (1998) - *Field decomposition of leaf litters: relationships between decomposition rates and soil moisture, soil temperature and earthworm activity*. Soil Biology and Biochemistry, 30: 783-793.
- Crabtree B. (2010) - *Search for Sustainability with No-Till Bill in Dryland Agriculture*. Crabtree Agricultural Consulting, Australia.
- Denef K., Six J., Bossuyt H., Frey S.D., Elliott E.T., Merckx R., Paustian K. (2001) - *Influence of dry-wet cycles on the interrelationship between aggregate, particulate organic matter, and microbial community dynamics*. Soil Biology & Biochemistry, 33: 1599-1611.
- Doran J.W., Parkin T.B. (1994) - *Defining and assessing soil quality*. In: Doran J.W., Coleman D.C., Bezdicek D.F., Stewart B.A. (Eds.), *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*, SSSA Special Publication No. 35, Soil Sci. Soc. Amer., Amer. Soc. Agron., Madison, WI: 3-21.
- Doran J.W., Elliott E.T., Paustian K. (1998) - *Soil microbial activity, nitrogen cycling and long-term changes in organic carbon pools as related to fallow tillage management*. Soil & Tillage Research, 49: 3-18.
- Edwards C.A., Bohlen P., Linden D.R., Subler S. (1995) - *Earthworms in agroecosystems*. In: Hendrix P.F. (Ed.), *Earthworm Ecology and Biogeography in North America*. Lewis Publishers, Boca Raton: 185-213.
- Edwards C.A., Lofty J.R. (1982) - *The effect of direct drilling and minimal cultivation on earthworm populations*. Journal of Applied Ecology, 19: 723-734.
- Edwards C.A. (1983) - *Earthworm ecology in cultivated soils*. In: Satchell J.E.

(Ed.), Earthworm Ecology: From Darwin to Vermiculture. Chapman and Hall, London: 123-137.

Fao(2009) - *Conservation Agriculture in Uzbekistan*. Crop and Grassland Service Working Paper 2. Fao, Rome.

Fao-Isric-Iuss (2006) - *World reference base for soil resources 2006. A framework for international classification, correlation and communication*. World Soil Resources Report, 106, Fao, Rome, Italy.

Fernández-Ugalde O., Virto I., Bescansa P., Imaz M.J., Enrique A., Karlen D.L. (2009) - *No-tillage improvement of soil physical quality in calcareous, degradation-prone, semiarid soils*. Soil & Tillage Research, 106: 29-35.

Fileccia T. (2009) - *Conservation Agriculture and Food Security in Kazakhstan*. Working Paper, Fao Investment Centre Division, June, Rome.

Fließbach A., Sarig S., Walenzik G., Steinberger Y., Martens R. (1995) - *Mineralisation and assimilation processes of <sup>14</sup>C-labelled shoots of *Stipa capensis* in a Negev desert soil*. Applied Soil Ecology, 2: 155-164.

Franzluebbers A.J. (2002) - *Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth*. Soil & Tillage Research, 66:197-205.

Frey S.D., Elliott E.T., Paustian K. (1999) - *Bacterial and fungal abundance and biomass in conventional and no-tillage agroecosystems along two climatic gradients*. Soil Biology & Biochemistry, 31: 573-585.

Friberg H., Lagerlof J., Ramert B. (2005) - *Influence of soil fauna on fungal plant pathogens in agricultural and horticultural systems*. Biocontrol Science and Technology, 15: 641-658.

Giller K.E., Witter E., Corbeels M., Tittonell P. (2009) - *Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: the heretics' view*. Field Crop. Res., 114: 23-34, doi:10.1016/j.fcr.2009.06.017.

Golchin A., Oades J.M., Skjemstad J.O., Clark P. (1994) - *Soil structure and carbon cycling*. Aust. J. Soil Res., 32: 1043-1068.

Grimm M.J.A., Jones R., Rusco E., Montanarella L. (2003) - *Soil Erosion Risk in*

*Italy: a revised USLE approach*. 28 pp. in European Soil Bureau Research Report No.11, EUR 20677 EN (2002). Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Hayes M.H.B., Swift R.S. (1990) - *Genesis, isolation, composition and structures of soil humic substances*. In: de Boodt M.F., Hayes M.H.B., Herbillon A. (Eds.), Soil Colloids and their Associations in Aggregates. New York: 245-305.

Hobbs P.R. (2007) - *Conservation agriculture: what is it and why is it important for future sustainable food production?* Journal of Agricultural Science, 145: 127-137.

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

Howard A. (1940) - *Testament agricole - pour une agriculture naturelle, first edition*. Oxford University Press, London.

Iiasa-Fao (2001) - *Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21<sup>st</sup> Century*. Roma and Luxembourg.

Karlen D.L., Ditzler C.A., Andrews S.S. (2003) - *Soil quality: why and how?* Geoderma, 114: 145-156.

Kassam A., Friedrich T., Derpsch R., Lahmard R., Mrabet R., Basch G., González-Sánchez E.J., Serrajh R. (2012) - *Conservation agriculture in the dry Mediterranean climate*. Field Crops Research doi:10.1016/j.fcr.2012.02.023

Katsvairo T.W., Cox W.J., Van Es H.M. (2002) - *Tillage and rotation effects on soil physical characteristics*. Agron. J., 92: 299-304.

Lahlou S., Ouadia M., Malam Issa O., Le Bissonnais Y., Mrabet R. (2005) - *Modification de la porosité du sol sous les techniques culturales de conservation en zone semi-aride Marocaine*. Étude et Gestion des Sols, 12: 69-76.

Lahmar R. (2008) - *Adoption of conservation agriculture in Europe: lessons of the KASSA project*. Land Use Policy 27, 4-10, doi:10.1016/j.landusepol.2008.02.001.

Lal R. (1993) - *Tillage effects on soil degradation, soil resilience, soil quality, and*

*sustainability*. Soil & Tillage Research, 27: 1-8.

Lal R. (2004) - *Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security*. Science, 604: 1623-1627.

Larson W.E., Pierce F.J. (1991) - *Conservation and enhancement of soil quality. Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World*. Vol. 2. IBSRAM Proc. 12, 2 Technical Papers, International Board for Soil Research and Management, Bangkok, Thailand: 175-203.

Lee K.E. (1985) - *Earthworms e their ecology and relationships with soils and land use*. Academic Press Australia, Sydney.

Llewellyn R.S., D'Emden F., Gobbett D. (2009) - *Adoption of no-till and conservation farming practices in Australian grain growing regions: current status and trends*. Preliminary Report for South Australia No-Till Farmers Association (Santfa) and Caaanz, 26 January.

Logsdon S.D., Linden D.R. (1992) - *Interactions of earthworms with soil physical conditions influencing plant growth*. Soil Science, 154: 330-337.

López-Fando C., Almendros G. (2000) - *Interactive effects of tillage and crop rotations on yield and chemical properties of soils in semi-arid central Spain*. Soil & Tillage Research, 36: 45-57.

Lupwayi N.Z., Rice W.A., Clayton G.W. (1998) - *Soil microbial diversity and community structure under wheat as influenced by tillage and crop rotation*. Soil Biology & Biochemistry, 30: 1733-1741.

Maché R., Marcos C., Leroy A., Jensen D. (2012) - *Viaggio alla scoperta del suolo*. Il Solco, 1.

Magnan N., Lybbert T.J., Mrabet R., Faddaoui A. (2011) - *The quasi-option value of delayed input use under catastrophic drought risk: the case of no-till in Morocco*. Am. J. Agric. Econ., 93: 498-504.

Maliszewska W. (1969) - *Comparison of the biological activity of different soil types*, Agrokém. Tlajt., 18: 76-81.

Masri Z., Ryan J. (2006) - *Soil organic matter and related physical properties in a Mediterranean wheat-based rotation trial*. Soil & Tillage Research, 87: 146-154.

- Miyazawa K., Tsuji H., Yamagata M., Nakano H., Nakamoto T. (2002) - *The effect of cropping systems and fallow managements on microarthropod populations*. Plant Production Science, 5: 257-265.
- Montanarella L., Jones R.S.A. (1999) - *The European Soil Bureau*. In: P. Bullock, R.J.A. Jones and L. Montanarella (eds.) Soil Resources of Europe. European Soil Bureau Research Report N. 6, EUR 18991 EN, 3-14. Office for official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Moody S.A., Briones T.G., Dighton J. (1995) - *Selective consumption of decomposing wheat straw by earthworms*. Soil Biology and Biochemistry, 27: 1209-1213.
- Moreno F., Arrúe J.L., Cantero-Martínez C., López M.V., Murillo J.M., Sombrero A., López-Garrido R., Madejón E., Moret D., Álvaro-Fuentes J. (2010) - *Conservation agriculture under Mediterranean conditions in Spain*. Sust. Agric. Rev., 5: 175-193.
- Mrabet R., Saber N., El-Brahli A., Lahlou S., Bessam F. (2001) - *Total particulate organic matter and structural stability of a calcixeroll soil under different wheat rotations and tillage systems in a semiarid area of Morocco*. Soil & Tillage Research, 57: 225-235.
- Nakamoto T., Tsukamoto M. (2006) - *Abundance and activity of soil organisms in fields of maize grown with a white clover living mulch*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 115: 34-42.
- National Research Council (1993) - *Monitoring and managing soil quality*. Soil and Water Quality, National Academy Press, Washington, DC: 189-236.
- Parton W.J., Schimel D.S., Cole C.V., Ojima D.S. (1987) - *Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grassland*. Soil Sci. Soc. Am. J., 51: 1173-1179.
- Payne D. (1988) - *Soil structure, tilth and mechanical behaviour*. In: Wild A. (Ed.), Russell's Soil Conditions and Plant Growth. 11<sup>th</sup> ed. Longman Scientific and Technical, Essex, UK: 378-411.
- Pereyra S.A., Dill-Macky R., Sims A.L. (2004) - *Survival and inoculum production of Gibberella zeae in wheat residue*. Plant Disease, 88: 724-730.
- Pereyra S.A., Dill-Macky R. (2008) - *Colonization of the residues of diverse plant species by Gibberella zeae and their contribution to Fusarium head blight inoculum*. Plant Disease, 92: 800-807.
- Pierce F.J., Larson W.E. (1993) - *Developing criteria to evaluate sustainable land management*. In: Kimble J.M. (Ed.), Proc. 8<sup>th</sup> Int. Soil Management Workshop: Utilization of Soil Survey Information for Sustainable Land Use. May 1993, USDA-SCS, National Soil Survey Center, Lincoln, NE: 7-14.
- Piggin C., Haddad A., Khalil Y. (2011) - *Development and promotion of zero-tillage in Iraq and Syria*. In: Proceedings of the 5<sup>th</sup> World Congress on Conservation Agriculture, Brisbane, Australia, 26-29 September: 304-305.
- Plante A.F., McGill W.B. (2002) - *Soil aggregate dynamics and the retention of organic matter in laboratory-incubated soil with differing simulated tillage frequencies*. Soil & Tillage Research, 66: 79-92.
- Power J.F., Myers R.J.K. (1989) - *The maintenance or improvement of farming systems in North America and Australia*. In: Stewart J.W.B. (Ed.), Soil Quality in Semi-Arid Agriculture. Proc. Int. Conf. sponsored by the Canadian International Development Agency, Saskatchewan Inst. of Pedology, Univ. of Saskatchewan, Saskatoon, Canada: 273-292.
- Rasmussen P.E., Collins P.H., Smiley R.W. (1989) - *Long term management effects on soil productivity and crop yield in semi-arid regions of eastern Oregon*. Oregon State University Bulletin no. 675. Corvallis, Oregon, USA.
- Rasmussen P.E., Collins P.H. (1991) - *Long-term impact of tillage, fertilizer and crop residues on soil organic matter in temperate semiarid regions*. Adv. Agron., 45: 93-134.
- Reeves D.W. (1997) - *The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems*. Soil & Tillage Research, 43: 131-167.
- Riffaldi R., Saviozzi A., Lev-Minzi R., Cardelli R. (2002) - *Biochemical properties of a Mediterranean soil as affected by long-term crop management systems*. Soil & Tillage Research, 67: 109-114.
- Reicosky D.C. (1995) - *Impact of tillage on soil as a carbon sink*. In: Farming for a better environment. A White Paper, 50-53. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, Iowa, USA.
- Robertson G.P., Paul E.A., Harwood R.R. (2000) - *Greenhouse gases in intensive agriculture: contributions of individual gases to the radiative forcing of the atmosphere*. Science, 289: 1922-1925.
- Sébillotte M. (1989) - *Fertilité et systèmes de production*. Inra Editions, Paris: 369.
- Ştefanic G. (1994) - *Biological definition, quantifying method and agricultural interpretation of soil fertility*. Romanian Agricultural Research, 2: 107-116.
- Stagnari F., Ramazzotti S., Pisante M. (2010) - *Conservation agriculture: a different approach for crop production through sustainable soil and water management: a review*. Sust. Agric. Rev. 1: 55-83.
- Stockfisch N., Forstreute T., Ehler T. (1999) - *Ploughing effects on soil organic matter after twenty years of conservation tillage in Lower Saxony, Germany*. Soil & Tillage Research, 52: 91-01.
- Subler S., Kirsch A.S. (1998) - *Spring dynamics of soil carbon, nitrogen, and microbial activity in earthworm middens in a no-till cornfield*. Biology and Fertility of Soils, 26: 143-249.
- Tebrügge F., Düring R.A. (1999) - *Reducing tillage intensity: a review of results of a long-term study in Germany*. Soil & Tillage Research, 53: 15-28.
- Tisdall J.M., Oades J.M. (1982) - *Organic matter and water-stable aggregates in soils*. J. Soil Sci., 33: 141-163.
- Uri N.D., Atwood J.D., Sanabria J. (1999) - *The Environmental benefits and costs of conservation tillage*. Environmental Geology, 38: 111-125.
- Vaillant V. (1901) - *Petite chimie de l'agriculteur*. Edit. F. Alcan: 26-27.
- Villénave C., Ekschmitt K., Nazaret S., Bongers T. (2004) - *Interactions between nematodes and microbial communities in a tropical soil following manipulation of the soil food web*. Soil Biology & Biochemistry, 36: 2033-2043.
- Vreeken-Buijs M.J., Hassink J., Brussaard L. (1998) - *Relationships of soil mi-*



*croarthropod biomass with organic matter and pore size distribution in soils under different land use.* Soil Biology & Biochemistry, 30: 97-106.

**Waksman S. (1932)** - *Principles of soil microbiology.* Edit. Baillière, Tindall et Con, London.

**Wander M.M., Bidart M.G., Aref S. (1998)** - *Tillage impacts on depth distribution of total and particulate organic matter in three Illinois soils.* Soil Science Society of America Journal, 62: 1704-1711.

**Wardle D.A. (1995)** - *Impacts of disturbance on detritus food webs in agroecosystems of contrasting tillage and weed management practices.* Advances in Ecological Research, 26: 105-185.

**Wardle D.A., Yeates G.W., Bonner K.I., Nicholson K.S., Watson R.N. (2001)** - *Impacts of ground vegetation management strategies in a kiwifruit orchard on the composition and functioning of the soil biota.* Soil Biology & Biochemistry, 33: 893-905.

**Whalen J.K., Parmelee R.W. (1999)** - *Quantification of nitrogen assimilation efficiencies and their use to estimate organic matter consumption by the earthworms Aporrectodea tuberculata (Eisen) and Lumbricus terrestris*

*L. Applied Soil Ecology, 13: 199-208.*

**Whitbread A.M., Blair G.J., Lefroy R.D.B. (2000)** - *Managing legume leys residues and fertilizers to enhance the sustainability of wheat cropping systems in Australia.* 2. Soil physical fertility and carbon. Soil & Tillage Research, 54: 77-89.

**Wolfarth F., Schrader S., Oldenburg E., Weinert J., Brunotte J. (2011)** - *Earthworms promote the reduction of Fusarium biomass and deoxynivalenol content in wheat straw under field conditions.* Soil Biology & Biochemistry, 43: 1858-1865.

**Wurst S. (2012)** - *La valorizzazione degli organismi del suolo capaci di contrastare gli effetti dei parassiti è un concetto veramente durevole.* Il Solco, 1.

**Zibilske L.M., Bradford J.M., Smart J.R. (2002)** - *Conservation tillage induced changes in organic carbon, total nitrogen and available phosphorus in a semi-arid alkaline tropical soil.* Soil & Tillage Research, 66: 156-163.

**Zdruli P., Jones R.J.A., Montanarella L. (2004)** - *Organic Matter in the soils of Southern Europe.* European Soil Bureau Research Report, EUR 21083 EN, 16. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.