

MICHELE PISANTE\*

## Le innovazioni agronomiche: l'Agricoltura Conservativa

### INTRODUZIONE

L'indiscriminato e continuo sfruttamento del suolo agrario basato sulle monosuccessioni e lavorazioni profonde con inversione degli strati, ha determinato nel tempo una progressiva degradazione della struttura, compattamento e diminuzione del contenuto in sostanza organica. Riflessi negativi che si ripercuotono anche sulla fertilità del suolo, erosione idrica ed eolica, aumento delle emissioni di carbonio e una generale riduzione della presenza degli organismi viventi nel suolo. Gli eventi piovosi sempre più erratici e di elevata intensità, causati dal cambiamento climatico globale, hanno amplificato e accelerato queste problematiche (Osborn et al., 2000; Pisante et al., 2010).

Tra i sistemi di gestione alternativi all'agricoltura convenzionale, per la sostenibilità dei sistemi colturali, l'Agricoltura Conservativa (AC) rappresenta uno dei modelli più avanzati in continua e rapida evoluzione. L'AC è definita dalla *Food and Agriculture Organization* (FAO; AC website, 2004) un sistema di produzione agricola sostenibile per la protezione dell'acqua e del suolo agrario che integra aspetti agronomici, ambientali ed economici, diffuso a scala mondiale su una superficie di oltre 100 milioni di ettari corrispondenti a circa il 7% delle terre coltivate. Un'agricoltura che va oltre i requisiti ambientali di base, per i metodi e le migliori pratiche che vanno introdotte e incoraggiate per dare la possibilità agli agricoltori di usufruire dei benefici e delle nuove opportunità che saranno contemplate dai sistemi di produzione sostenibili, già riportati nelle direttive della Commissione Europea, che focalizzano

\* *Centro di ricerca e formazione in agronomia e produzioni vegetali, Dipartimento Scienze degli Alimenti, Università degli Studi di Teramo*

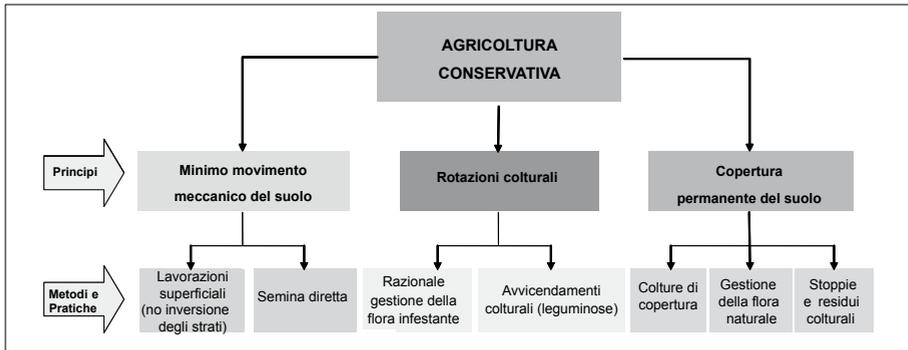


Fig. 1 *Principi, pratiche e obiettivi dell' Agricoltura Conservativa (da Stagnari et al., 2009, modificato)*

esplicitamente l'aspetto conservativo del suolo, attraverso l'incremento della sostanza organica e la biodiversità, riducendo l'erosione, la contaminazione e il compattamento, implementando la "conservazione e il controllo delle risorse naturali". A questi importanti obiettivi si aggiunge anche la possibilità di contribuire a mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici, riducendo l'emissione di gas a effetto serra, in particolare CO<sub>2</sub> (per il minore consumo di combustibili) e di sequestrarla, attraverso la preservazione del carbonio organico nel suolo, migliorando l'efficienza energetica, tutelando la qualità delle acque superficiali, conservando il suolo e la sua fertilità, valorizzando le funzioni di protezione svolte dai residui colturali e favorendone l'umificazione (e quindi immobilizzando il carbonio organico dalle piante). Tuttavia, la conservazione della fertilità del suolo (Karlen et al., 1994), delle risorse idriche e biologiche, la riduzione dell'impiego di input esterni (Garcia-Torres et al., 2003) rappresentano obiettivi da perseguire indipendentemente dalla tutela delle risorse naturali.

Pertanto, l'adozione di pratiche agronomiche conservative, sfruttando a proprio vantaggio i processi naturali utili alla produzione, prevede il minimo disturbo meccanico del suolo e una copertura permanente, integrate da avvicendamenti colturali (ad es. leguminose), così come riportato in figura 1.

In Italia, per favorire una migliore percezione del sistema di produzione è stata anche introdotta una nuova terminologia: Agricoltura Blu, per sottolineare l'importanza particolare dell'acqua – identificata cromaticamente nel colore blu – sul delicato equilibrio che l'agricoltura riveste nei riguardi dell'ambiente e con l'auspicio di contrassegnare un marchio di produzione riconoscibile nella complessa filiera agro-alimentare (Pisante, 2007).

## SUOLO

La qualità del suolo è definita sinteticamente come la capacità di sostenere la produttività biologica, promuovere la salute animale e vegetale e sostenere la produzione e la crescita delle colture (Doran e Parkin, 1994).

Le pratiche conservative hanno dimostrato di aumentare (Lal et al., 1998) il tasso di accumulo della sostanza organica con valori che possono arrivare anche a  $1,15 \text{ t C ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ . La non lavorazione, inoltre, riduce drasticamente il transito delle macchine e di conseguenza il compattamento superficiale del suolo.

L'utilizzo delle *cover crops* influenza positivamente l'aggregazione delle particelle del suolo e i cicli bio-geo-chimici di carbonio e azoto, aumentando la produttività delle colture (Holeplass et al., 2004). L'impiego di specie vegetali differenti permette la presenza di radici (e quindi una distribuzione di nuovo humus) a diverse profondità, migliora la fertilità fisica e chimica, determina un rallentamento dei processi di mineralizzazione. Inoltre, la copertura superficiale ha un effetto di volano termico sulla temperatura del suolo (fatto particolarmente positivo in ambienti caldi e aridi), protegge il suolo e gli aggregati strutturali dall'azione battente della pioggia, contribuendo peraltro a prevenire fenomeni erosivi, di lisciviazione e di compattamento, oltre a evitare la formazione di crosta superficiale (Dormaar e Carefoot, 1996).

In conclusione, la gestione dei residui colturali sulla superficie del suolo favorisce la ritenzione idrica, l'infiltrazione e la stabilità degli aggregati (Ekwue, 1992).

## ACQUA

L'agricoltura è tra le attività di origine antropica quella che comporta il maggior consumo di acqua, nonché una delle principali cause di inquinamento delle falde e delle acque superficiali (Quine e Walling, 1993).

È dimostrato che l'adozione dell'AC riduce il rischio di inquinamento delle falde dovuto a erosione superficiale (Logan, 1993; Fawcett, 1995). Una ricerca di 15 anni ha evidenziato valori di perdita di sedimenti superficiali nel caso dell'aratura e della non lavorazione rispettivamente di  $1,15$  e  $532,82 \text{ kg ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$  (Owens et al., 2002). In areali caratterizzati da ridotta piovosità, la semina diretta associata alla gestione dei residui colturali, in un confronto con l'aratura, risulta ridurre significativamente il *run-off* superficiale e, nel caso di residui vegetali secchi, incrementare l'infiltrazione (Carter e Steed,

MISURE	ARATURA	NON LAVORAZIONE	BENEFICI RISPETTO ALL'ARATURA
Runoff (l ha <sup>-1</sup> )	213,3	110,3	48% di riduzione
Perdita dei sedimenti (kg ha <sup>-1</sup> )	2045	649	68% di riduzione
Perdita di P totale (kg P ha <sup>-1</sup> )	2,2	0,4	81% di riduzione
Perdita di P disponibile (kg P ha <sup>-1</sup> )	3 x 10 <sup>-2</sup>	8 x 10 <sup>-3</sup>	73% di riduzione
Azoto organico (mg N s <sup>-1</sup> )	1,28	0,08	94% di riduzione
Fosfato solubile (µg P s <sup>-1</sup> )	0,72	0,16	78% di riduzione
Isoproturon (µg s <sup>-1</sup> )	0,011	-	100% di riduzione

Tab. 1 *Effetto delle lavorazioni sulla qualità dell'acqua (Jordan et al., 2000)*

1992). Inoltre, l'inerbimento in terreni con caratteri vertici, pur considerando l'incremento in evapotraspirazione, riduce notevolmente le perdite per ruscellamento, garantendo l'infiltrazione e di conseguenza un ragguardevole risparmio idrico.

I dati disponibili riguardanti l'influenza dell'AC sulla lisciviazione degli agrofarmaci sono contrastanti. Durante la fase di transizione dall'agricoltura convenzionale a quella conservativa, è stato riscontrato un aumento dei residui, dovuto all'utilizzo di erbicidi a largo spettro (Elliot e Coleman, 1988); tuttavia in una fase successiva, l'incremento di attività biologica e di sostanza organica nel suolo comporta una loro maggiore degradazione e immobilizzazione (Sadeghi e Isensee, 1997). Si osserva, inoltre, che le pratiche conservative, coadiuvando il controllo dei parassiti, determinano una riduzione nell'impiego di agrofarmaci (che sono a elevato costo di carbonio). In Usa, alcuni Autori hanno dimostrato come la semina diretta arrivi a ridurre il *run-off* degli erbicidi del 70-100% (Fawcett, 1995) e la lisciviazione fino al 100% (tab. 1).

## ATMOSFERA

L'adozione dell'AC è integralmente complementare al ruolo insostituibile che il suolo svolge nel sequestro del carbonio e nella stabilizzazione della concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera (Bernoux et al., 2006). Un sistema come quello convenzionale, nel quale la capacità naturale del suolo di mantenere o rigenerare la fertilità è sostituita dall'annuale inversione del profilo del suolo (per riformare una struttura tendenzialmente glomerulare, incorporando sostanza organica), richiede elevati e crescenti input meccanici e chimici, spese indirette derivanti dai tempi di esecuzione delle lavorazioni, che si traducono in maggiori consumi di energia. Al contrario delle lavorazioni convenzionali, la non inversione degli

strati (semina diretta) e, in generale, il minimo movimento meccanico del suolo comportano un utilizzo limitato di energia (Leake, 2000). È significativo il confronto tra semina diretta e aratura. Mentre la prima richiede soli 10 litri/ha di carburante, l'aratura ne consuma circa 80 e determina emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera pari a 300 Kg ha<sup>-1</sup> (Pisante, 2007). Il minor impiego di energia nei sistemi AC è da ascrivere anche al minor utilizzo dei fertilizzanti, reso possibile da una gestione dei residui e di *cover crops* che assicurano il riciclo dei nutrienti e l'attività biologica del suolo (Lal et al., 1999). A questo riguardo si osserva che il "guadagno" di carbonio nel suolo ottenuto con fertilizzanti (ammendanti) è reso illusorio, a scala planetaria, dalle perdite che si verificano in un'altra parte del sistema per produrre tali sostanze (Schlesinger, 2000).

Determinando un generale aumento del contenuto di sostanza organica nei suoli, l'AC permette di ridurre la perdita di carbonio sotto forma di emissioni di CO<sub>2</sub> (West e Marland, 2002): il ricambio dell'aria nel terreno, per quanto fondamentale per radici e organismi aerobici, dovrebbe essere contenuto. È invece universalmente riconosciuto che le lavorazioni contribuiscono in modo significativo all'incremento della macroporosità del terreno, determinando talvolta una eccessiva ossigenazione dello strato lavorato, dunque l'aumento del potenziale di ossidoriduzione e la intensificazione della velocità di mineralizzazione rispetto a quella di umificazione della sostanza organica, con conseguente riduzione della fertilità complessiva e accentuazione dell'effetto serra: nell'ultimo trentennio le lavorazioni hanno causato una perdita a livello globale di più del 50% di carbonio del suolo. In un confronto tra la AC e l'agricoltura convenzionale in UK (Holland, 2004), è stato osservato un accumulo di carbonio dell'8% superiore nel primo caso, equivalente a 285 g di sostanza organica m<sup>-2</sup>. In studi di lungo termine condotti in America Latina, il contenuto di sostanza organica nei primi 0-30 cm di suolo è diminuito del 19% in condizioni di suolo lavorato, mentre è aumentato dello 0,4% in condizioni di *no-till* (Diaz-Zorita, 1999). Lindstrom et al. (1998) hanno registrato un accumulo potenziale di carbonio di 0,1-1,3 t ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup> in seguito all'adozione della AC, mentre tecniche di lavorazione intensiva hanno ridotto i livelli di C (Triberti et al., 2004). In generale, si stima che la gestione del suolo in regime di AC possa contribuire a sequestrare fino a 23,8 kg C ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup> (Kern e Johnson, 1993).

## BIODIVERSITÀ

Evidenze scientifiche dimostrano che l'attività biologica e la diversità microbica sono più elevate in suoli indisturbati e gestiti secondo le tecniche di AC

rispetto ai suoli sottoposti a intense lavorazioni (Nsabimana et al., 2004). Cochran et al. (1994) suggeriscono che le pratiche agronomiche utili all'incremento di batteri nel suolo determinerebbero anche l'aumento di protozoi, loro principali predatori. Kladivko (2001) ha osservato come le specie di fauna terricola più rappresentate siano anche quelle più vulnerabili alle lavorazioni. I risultati di 45 studi riguardanti l'effetto delle lavorazioni sugli invertebrati (Stinner e House, 1990) riportano un aumento degli individui per il 28% delle specie con la riduzione delle lavorazioni, mentre per il 29% non si osserva alcuna variazione e per il 43% una diminuzione. Coleotteri e Aracnidi sono normalmente ridotti dalle operazioni di lavorazione del suolo (Wardle, 1995).

Un disturbo meccanico minimo del suolo, se abbinato a una gestione razionale dei residui colturali, aumenta il numero di popolazioni di lombrichi (Kladivko, 2001). In letteratura è confermata (House e Parmelee, 1985) l'efficacia della riduzione dell'intensità di lavorazione sullo sviluppo delle popolazioni di lombrichi.

#### L'AGRICOLTURA CONSERVATIVA PER I FRUMENTI DA GRANELLA

Il comparto dei frumenti, duro e tenero, rappresenta il contesto produttivo nel cui ambito l'Agricoltura Conservativa può meglio contribuire a consolidare ed estendere le superfici coltivate per gli innumerevoli benefici economici, ambientali e agronomici che possono essere perseguiti dai produttori agricoli e, di riflesso, per le correlate vantaggiose esternalità di impatto positivo per la collettività.

La previsione di specifici incentivi collegati alla riduzione dei consumi di energia primaria in agricoltura, attraverso il risparmio energetico e l'aumento dell'efficienza energetica, uniti a disciplinari di produzione che tengono conto anche di quote minime di carbonio da assorbire, rappresentano alcune nuove possibilità di incentivazione al produttore agricolo. Il "Certificato c.d. Blu" (come tutte le tecnologie rispettose dell'ambiente cromaticamente identificate con il colore blu) potrebbe prevedere un sistema di incentivazione e premialità di tipo ambientale che riconosce e contabilizza il beneficio, sulla base dei livelli accresciuti di sequestro del carbonio atmosferico e della riduzione delle emissioni per un minore uso di energia impiegata. Infatti, la letteratura scientifica evidenzia e quantifica a fronte dell'adozione di sistemi di gestione conservativa, a basso impatto ambientale, la sostenibilità delle produzioni per ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> dal terreno, limitare gli effetti

negativi sulla sua composizione, struttura, contenuto di sostanza organica, sull'entità del processo di erosione e conseguente degradazione, per favorire la biodiversità.

L'adozione delle tecniche conservative alla coltivazione del frumento duro e tenero, nonostante che in passato abbia incontrato qualche resistenza principalmente a causa di aspetti gestionali tra cui il controllo delle specie infestanti (Koskinen e McWhorter, 1986) e l'assenza di adeguate seminatrici (Logan et al., 1987), sta crescendo negli ultimi anni. Ciò grazie, soprattutto, allo sviluppo di nuove tecnologie che hanno semplificato la gestione della coltura con tecniche di agricoltura conservativa (Pisante, 2007).

Per una corretta applicazione delle tecniche conservative ai frumenti occorre considerare gli effetti che tale sistema di gestione ha su tutto il ciclo colturale, individuando le fasi critiche che possono essere influenzate dalla tecnica di preparazione del terreno, anche sulla base dei risultati e delle evidenze scientifiche disponibili dall'attività di ricerca. Seppur alcuni risultati appaiono contrastanti sulla risposta del frumento in termini di produzione alle tecniche di conservative, secondo Chastain e Ward (1992) la crescita, lo sviluppo e la resa non risultano influenzati dai residui colturali mantenuti in superficie (fig. 2); al contrario, aumenti produttivi della coltura sono stati attribuiti a un maggior contenuto idrico nel suolo (Rao e Dao, 1996; Papendick e Miller, 1977), in relazione ai limitati tassi di evaporazione e temperatura del suolo più basse (Gauer et al., 1982), nonché a un più elevato tasso di infiltrazione dell'acqua nel suolo (Good e Smika, 1978; Unger e McCalla, 1980; Allmaras e Dowdy, 1985; Papendick e Miller, 1977), riportano che la produzione del frumento ha un potenziale di incremento fino al 20% in più in seguito all'accumulo di addizionali 20 mm di acqua in zone caratterizzate da scarse precipitazioni.

L'efficacia dei sistemi conservativi sulla risposta produttiva del frumento dipendono certamente anche dal tipo di suolo, dal genotipo utilizzato, dal regime pluviometrico e dalla capacità di ritenzione idrica del suolo (Boone, 1988; Lampurlanes et al., 2002; Hemmat e Eskandari, 2004). Nelle poche circostanze in cui le tecniche di agricoltura conservativa sembrano limitare la potenzialità produttiva della coltura, l'attenzione va rivolta alle condizioni in pre-semina all'adozione del sistema di produzione.

I residui vegetali sulla superficie del suolo favoriscono, generalmente, la formazione di suoli più freschi e umidi, grazie soprattutto all'effetto pacciante che limita l'evaporazione dell'acqua dal suolo, ma con inverni freddi si potrebbe avere un impatto negativo sulla crescita durante le prime fasi del ciclo in una coltura come il frumento, con possibili conseguenze anche sulla



Fig. 2 Favino nelle prime fasi di sviluppo da semina diretta su residui colturali di frumento

resa finale (NeSmith et al., 1987; Wilhelm et al., 1989). Inoltre, in taluni casi le dimensioni eccessive dei residui colturali, ma soprattutto la loro concentrazione in andane, potrebbe impedire quell'intimo contatto tra il seme e il terreno, perché il disco della seminatrice tende a trascinare dentro il solchetto pezzi di residui, con conseguente minore emergenza delle piante. Ciò è particolarmente grave per questi sistemi colturali, in quanto la produzione è strettamente dipendente dal numero di cariossidi per unità di superficie (Frederick e Bauer, 1999), che, a sua volta, è determinato dal numero di culmi fertili e da quello di cariossidi per spiga. Per ovviare a questo inconveniente i residui dovrebbero: essere trinciati a dimensioni inferiori a 2 cm; oppure, meglio ancora, lasciati interi, per favorirne il prolungamento dell'effetto pacciamante, ma distribuiti in modo uniforme sull'intera superficie del terreno (fig. 3).

Nel caso di preparazione del letto di semina con l'adozione di tecniche semplificate, quali la lavorazione minima, rispetto alla tecnica convenzionale i tempi si riducono con la conseguente possibilità di avere anticipi delle semine e, soprattutto, maggiore flessibilità operativa. Ciò favorisce un maggiore intervallo temporale a disposizione della coltura per lo sviluppo vegetativo e successiva fase riproduttiva, con conseguenti benefici in termini produttivi.



Fig. 3 *Residui della coltivazione di colza rilasciati in superficie dopo la raccolta*

L'applicazione irrazionale di tecniche conservative, quali la minima lavorazione e la semina diretta, può determinare problemi di drenaggio superficiale, a causa della potenziale riduzione della macroporosità del terreno che con queste tecniche si può avere lungo il profilo. Questa limitazione non riguarda i terreni argillosi con caratteri vertici, nei quali si riscontra una progressiva formazione di macro e micro-porosità "naturale" indotta dalla contrazione ed espansione di queste particolari argille.

Nella preparazione del letto di semina con le tecniche conservative, risulta fondamentale limitare il compattamento del suolo; va quindi ridotto il transito sugli appezzamenti e vanno utilizzate trattrici dotate di pneumatici a bassa pressione (o cingoli gommati).

La scelta degli organi lavoranti è inoltre di estrema importanza; vanno impiegate attrezzature fornite di elementi discissori sia per la lavorazione superficiale del terreno sia per la semina diretta e vanno evitati organi rovesciatori o rimescolatori.

Al fine di ridurre i transiti e per ottimizzare la distribuzione degli elementi fertilizzanti a queste attrezzature vanno applicati idonei dispositivi per l'applicazione in particolare degli elementi fosfo-potassici che, essendo poco mobili, possono essere posizionati a una profondità idonea a favorire lo sviluppo radicale.

Con la tecnica della semina diretta, può essere effettuata anche la fertilizzazione azotata per quella frazione che viene anticipata alla semina. In tal modo i passaggi delle macchine operatrici sul terreno vengono limitati, conseguentemente anche la compattazione sottosuperficiale è ridotta, mentre gli elementi nutritivi vengono distribuiti in prossimità degli apparati radicali della futura pianta.

Un altro aspetto critico dell'influenza del sistema di gestione conservativo sulla coltivazione dei frumenti, che ne può limitare sensibilmente l'espressione produttiva, è rappresentato dalla competizione da parte dei parassiti che attaccano la coltura in diversi momenti del ciclo colturale, ma soprattutto la competizione rappresentata dalle infestanti (Bilalis et al., 2003; Koskinen e McWhorter, 1986). Il limitato disturbo del suolo, infatti, concorre a favorire l'aumento della variabilità delle forme di vita (Hassink et al., 1991; Wander et al., 1995) che non sempre sono però completamente utili per il successo della coltura. Il limitato utilizzo delle lavorazioni non solo riduce l'efficacia di questo importante metodo di lotta alle erbe infestanti, ma può incrementare il potenziale sviluppo e crescita di alcune specie a causa dell'accumulo dei semi sulla superficie del terreno (Wruckle e Arnold, 1985), quando non si riesca a effettuare un efficace controllo delle specie spontanee. Con l'applicazione di tecniche di lavorazione minima o non lavorazione è quindi indispensabile effettuare un diserbo il più razionale possibile, ma è necessario anche ritornare a utilizzare tutti i possibili sistemi indiretti di lotta, fra cui non va dimenticato l'inserimento della coltura cerealicola in razionali avvicendamenti colturali, in modo da evitare di favorire lo sviluppo di una flora di sostituzione di difficile gestione e controllo (fig. 4). Inoltre, quando possibile e se necessario, nel caso della lavorazione minima, si può impiegare la pratica della falsa semina, per ridurre il potenziale di infestazione attraverso il controllo chimico preventivo con erbicidi non selettivi.

L'adozione delle tecniche di gestione conservativa per il frumento duro e tenero, oltre ai benefici agro-ambientali ampiamente discussi, determina anche vantaggi strettamente produttivi e/o economici. Infatti, con le tecniche di agricoltura conservativa, l'applicazione di interventi che richiedono minori input energetici, nonché la drastica riduzione del transito di mezzi meccanici e attrezzature sul terreno, necessari per la preparazione del letto di semina, comporta un abbattimento significativo dei costi delle operazioni meccaniche relative all'impianto della coltura rispetto alle tecniche convenzionali. Ciò fa sì che in alcuni casi particolarmente difficili di semina del frumento (omosuccessione, condizioni di eccessiva umidità in fase di raccolta della coltura precedente, particolare andamento termopluviometrico, irregolare quantità e



Fig. 4 *Malva silvestris*, tra le specie della flora di sostituzione di più rapida diffusione al Centro-Sud

distribuzione dei residui colturali in superficie, inappropriata regolazione della seminatrice, profondità di semina e quantità di seme), anche se l'adozione dell'Agricoltura Conservativa non solo non porta a rese areiche superiori o uguali a quelle ottenibili in modo convenzionale, ma addirittura anche inferiori, il bilancio economico risulta sempre vantaggioso per la riduzione dei costi di produzione. Infatti, numerosi studi riportano i risultati di confronti di tecniche di lavorazione minima e non-lavorazione con quella convenzionale.

Le esperienze condotte in Nord America, nelle aree agricole delle "Great Plains" e "Canadian Prairies", hanno evidenziato che le lavorazioni minime generalmente incrementano i ritorni economici netti in sistemi intensivi di coltivazione del frumento (Dhuyvetter et al., 1996). Anche studi condotti in altre aree del Nord America caratterizzate da un regime pluviometrico molto scarso (circa 244 mm anno) hanno evidenziato la superiorità dei sistemi di gestione conservativa rispetto a quelli convenzionali sia in termini di benefici produttivi e sia ambientali (Janosky et al., 2002). Studi di lungo termine condotti in zone aride del Medio Oriente su suoli argilloso-limosi (Vertic Calci-

xerepts) per determinare l'influenza dei sistemi convenzionali e conservativi sulla produzione del frumento e sulle componenti la resa produttiva, hanno evidenziato la superiorità delle tecniche conservative specialmente quelle che valorizzano l'utilizzo di residui colturali in superficie (Hemmat e Eskandari, 2006). Anche in India in zone collinari, nei tipici terreni limoso-argillosi (Typic Hapludalf) il frumento è risultato in grado di adattarsi alle tecniche conservative, beneficiando del maggior contenuto di umidità determinato da tali tecniche al momento della semina alleviando il basso contenuto idrico che spesso li si registra all'impianto della coltura. In quelle situazioni le rese sono risultate significativamente superiori a costi di coltivazione inferiori (Acharya et al., 1998).

In Italia le esperienze sull'applicazione delle tecniche conservative sui frumenti sono state effettuate soprattutto nel Centro-Sud, anche in considerazione del fatto che le rese di granella potenzialmente più basse, rispetto a quelle riscontrabili al Nord, hanno sollecitato da tempo gli operatori agricoli a una più attenta riflessione sull'effettiva opportunità di proseguire nell'applicazione delle tecniche convenzionali.

Le prime prove eseguite sul frumento tenero in Italia centrale negli anni '80, in particolare nella zona collinare dell'Umbria, hanno messo in evidenza che l'applicazione di lavorazioni ridotte, in termini di profondità, rispetto all'aratura tradizionale (scarificazione, aratura superficiale, lavorazione minima), oltre a comportare una consistente diminuzione nel consumo di combustibile, come era da aspettarsi, non provocava, in media, riduzioni statisticamente rilevabili delle produzioni di granella (Archetti et al., 1989). Tutto ciò senza determinare variazioni sostanziali sia sullo sviluppo dell'apparato radicale in profondità (Mosca et al. 1992), sia sulle caratteristiche meccaniche e chimiche del suolo, ma favorendo una maggiore concentrazione della sostanza organica in superficie (Bonciarelli et al., 1986). Nello stesso contesto, seppur timidamente e tra molti scetticismi imputabili alla mancata conoscenza, sono stati introdotti dei tentativi di semina su sodo del frumento tenero a livello aziendale, con risultati interessanti, anche se non sempre positivi perché in quel periodo la tecnica di semina veniva applicata nelle situazioni d'emergenza (raccolte troppo ritardate, terreno troppo bagnato, ecc.), riservando alla convenzionale le situazioni "normali" o addirittura "ottimali".

Negli anni '90 sul versante adriatico dell'Italia centrale, in particolare nelle colline argillose marchigiane, è iniziata una lunga sperimentazione, tuttora in corso, che ha affrontato le problematiche della semina su sodo sotto diversi aspetti. Fin da subito è stato rilevato che in queste difficili condizioni la semina su sodo del frumento duro era in grado di garantire risultati soddisfacenti,

sia nei confronti dell'aratura e anche verso la lavorazione minima. Le produzioni medie ottenute nelle varie annate hanno evidenziato una sostanziale equivalenza nella potenzialità produttiva delle diverse tecniche sperimentate, ovviamente a tutto vantaggio delle tecniche più conservative (Antonelli et al., 2001; Antonelli et al., 2003; Iezzi et al., 2002; Seddaiu et al., 2003).

Questi risultati sono stati ottenuti sia in condizioni di apporti di azoto ridotti (Iezzi et al., 2002; Seddaiu et al., 2003) sia con epoche di semina ritardate rispetto a quella ottimale, sfatando anche la teoria che vuole la semina su sodo applicabile solo in condizioni ideali e non in grado di garantire rese soddisfacenti in condizioni di basso input e con semine ritardate. Da considerare, inoltre, che la semina su sodo ha fornito rese equiparabili alla tecnica convenzionale, sia quando veniva applicata su terreni precedentemente arati o scarificati, sia nelle condizioni più difficili di non lavorazione ripetuta negli anni. Anche i parametri qualitativi della granella non sono stati molto influenzati dalla tecnica di semina.

Nella stessa zona in cui sono stati rilevati i risultati sperimentali descritti, si è immediatamente attivato un forte interesse da parte degli imprenditori agricoli, tanto che, a oggi, ci sono alcune decine di migliaia di ettari di frumento duro seminato su sodo, nonché parecchie decine di migliaia di ettari in cui è stata adottata la lavorazione minima.

Le esperienze condotte nel meridione sul frumento duro nel periodo 1976-1999 da diversi team di ricerca agronomica afferenti alle Università di Bari, Napoli, Palermo e Potenza hanno evidenziato differenze produttive contrastanti e in alcuni casi statisticamente significative tra sistemi di gestione del suolo che comprendevano lavorazioni convenzionali, ridotte, minime e non lavorazione. L'influenza delle modalità di gestione del suolo sulla resa produttiva e su alcuni indici di qualità della granella non è risultata correlata alla tessitura dei terreni (argillosi, sabbioso-argillosi e sabbioso-limosi), mentre una correlazione positiva è stata riscontrata in funzione dell'umidità del terreno in corrispondenza delle lavorazioni e della semina, nonché all'andamento pluviometrico stagionale. Le rese sono risultate comprese tra 1,3 e 4,1 t ha<sup>-1</sup>, mentre tra i parametri produttivi presi in considerazione, il peso ettolitrico e l'indice di giallo sono risultati maggiormente influenzati positivamente (Pisante e Basso, 2000). Altre prove sperimentali su frumento duro di breve durata (Basso et al., 1996; De Vita et al., 2007; Pisante et al., 2001) e lunga durata (Basso et al., 2002) hanno evidenziato che i migliori risultati ottenuti con la non lavorazione sono stati spesso attribuiti alla capacità di superare periodi siccitosi senza incorrere in stress eccessivi; di contro i risultati peggiori sono stati attribuiti a un minore numero di piante per unità di superficie, a

una maggiore competizione con le specie infestanti e a livelli termici del suolo più contenuti soprattutto nelle prime fasi di sviluppo.

La buona adattabilità dei frumenti e più in generale di tutti i cereali a paglia alle tecniche conservative, può trovare in qualche caso dei limiti per alcuni importanti aspetti della gestione del sistema colturale riconducibili alla non perfetta sistemazione idraulica del terreno, che può provocare ristagni idrici, con conseguente investimento di piante non ottimale, una scarsa produzione di residui da parte della coltura in precessione, che non favorisce un aumento della sostanza organica dello strato superficiale del suolo, o una loro eventuale eccessiva concentrazione in alcune zone del campo, che può provocare uno scarso contatto del seme con il terreno, a una minore temperatura lungo il profilo sottosuperficiale per l'aumentata umidità, che può influenzare durante le prime fasi di sviluppo del frumento, alla eventuale maggiore pressione delle erbe infestanti e di qualche parassita.

Per quanto riguarda la non perfetta preparazione del letto di semina è fondamentale valutare l'opportunità di effettuare la non-lavorazione o la lavorazione minima in funzione del tipo di suolo e della coltura che precede. Nel caso si adottino la non lavorazione, la scelta delle macchine seminatrici e la tempestività di esecuzione risultano fondamentali: interventi su terreno eccessivamente plastico o l'impiego di seminatrici mal tarate può causare l'incompleta chiusura del solco di semina. Occorrerebbe quindi intervenire con terreno asciutto o in tempera, utilizzando seminatrici sufficientemente dimensionate in grado di porre il seme alla giusta profondità e di coprire il seme in modo ottimale, senza creare soluzioni di continuità sui residui superficiali. Nel caso si adottino la lavorazione minima, l'accortezza va posta nella distribuzione uniforme dei residui e la scelta di attrezzature che abbiano organi lavoranti discissori, piuttosto che rimescolatori o rovesciatori.

Riguardo alle infestanti potrebbe risultare accentuata la densità e la composizione, almeno inizialmente, per un accumulo dei semi nei primi strati superficiali. Tuttavia, sono sempre più frequenti segnalazioni, da parte di agricoltori che applicano costantemente le tecniche agronomiche conservative, che evidenziano come la pressione delle infestanti sia in diminuzione, quando il loro controllo viene effettuato sempre in modo efficace. Le spiegazioni di quanto segnalato non sono ancora state ben chiarite dal punto di vista scientifico, ma, presumibilmente, sono da attribuire alla mancata reintegrazione della riserva dei semi nello stato superficiale del terreno, contrariamente a quanto avviene con l'aratura che ogni anno riporta in superficie i semi interrati negli anni precedenti. In ogni caso, in una coltura come il frumento il ricorso al mezzo chimico offre una buona soluzione al problema, dispo-

nendo di una vasta gamma di principi attivi impiegati in post-emergenza per un controllo efficace delle malerbe sia monocotiledoni sia dicotiledoni. Da considerare, inoltre, che il ricorso a razionali avvicendamenti colturali, espressamente richiesto nel caso dell'applicazione dell'agricoltura conservativa, concorre significativamente a ridurre la pressione delle specie infestanti e a evitare la selezione di una flora di sostituzione.

Per ciò che riguarda la possibile presenza di parassiti fungini, un attento monitoraggio può essere di aiuto per programmare specifici interventi di controllo chimico, sempre accompagnati dalla scelta di varietà che presentino una adeguata resistenza verso potenziali patogeni e da opportune rotazioni colturali. Eventuale attività di indagine va allargata verso la tecnica della nutrizione, sia fosfo-potassica ma anche azotata, soprattutto in questi sistemi che non prevedono mai un rimescolamento o un rovesciamento degli strati superficiali di suolo e dove un'ideale tecnica della fertilizzazione può ovviare ad alcuni inconvenienti quali un potenziale più basso investimento unitario delle piante.

## CONCLUSIONI

Sulla base delle numerose ricerche condotte a livello internazionale, ma anche in Italia, emerge la possibilità di una significativa diffusione di sistemi conservativi, per la coltivazione del frumento duro e tenero, ottenendo produzioni importanti non molto dissimili, o in alcune situazioni più elevate dei sistemi convenzionali. Ciò è ben evidenziato in situazioni climatiche caratterizzate da scarsità di precipitazioni o su terreni particolarmente pesanti, purché ben drenati e, in ogni caso, agendo in modo ottimale verso il controllo della flora infestante. Anche dal punto di vista economico è ben definita la convenienza di queste tecniche in considerazione dei minori costi delle lavorazioni e degli input energetici necessari per la riuscita della coltura.

I benefici ecologici e ambientali della migliore efficienza e funzionamento complessivo dell'agro-ecosistema, conseguibile con pratiche agronomiche conservative, aumentano in proporzione alla grandezza della scala di analisi. Quando ci si pone alla scala di bacino idrografico, il contributo dell'AC alla tutela dei servizi ecosistemici (quali acqua pulita, sequestro di carbonio atmosferico, protezione dal deflusso superficiale e dall'erosione del suolo) diventa tangibile e si concretizza in una più regolare disponibilità di acqua di falda nel corso dell'anno, nel miglioramento delle capacità produttive del suolo e delle colture, in una riduzione dell'erosione e, dunque, dell'inquinamento delle acque di superficie e del deposito di sedimenti a valle. In particolare,

l'AC rappresenta un sistema di produzione efficiente che consente di conseguire aumenti produttivi sostenibili, migliorare lo stato dell'agroecosistema nell'ampio contesto dei cambiamenti climatici.

#### RIASSUNTO

L'Agricoltura necessita di innovazioni per farla progredire che richiedono, però, ricerca scientifica e trasferimento tecnologico per un cambiamento di pensiero degli operatori e dei decisori politici. L'Agricoltura, l'Ambiente, il Clima, rappresentano le componenti di un patrimonio indivisibile che richiede misure urgenti e appropriate, per contrastare i diffusi fenomeni di degrado, un monitoraggio continuo per le serie minacce che ne compromettono le funzioni vitali, una migliore e responsabile attenzione dell'opinione pubblica. L'Agricoltura Conservativa rappresenta un modello integrato di tecnologie e innovazioni rivolte ad assicurare un equo profitto economico, salvaguardare la fertilità del suolo agrario e valorizzare le risorse naturali a beneficio dell'ambiente, del clima e più in generale a favore della società e delle future generazioni.

#### ABSTRACT

To progress, agriculture needs to make innovations which requires, though, scientific research and technology transfer for a change in the thinking of farmers and policy makers Agriculture, Environment, Climate, are the components of a indivisible heritage that requires urgent and appropriate measures to offset the widespread phenomena of degradation, the continuous monitoring for the serious threats that jeopardize the vital functions and a better response and attention of the public opinion.

Conservation Agriculture represent an integrated model of technology and innovations aimed to ensuring a fair profit, to preserving soil fertility and enhance the natural resources which will result in benefit of the environment, climate, our society and its future generations.

#### BIBLIOGRAFIA

- ACHARYA C.L., KAPUR O.C., DIXIT S.P. (1998): *Moisture conservation for rainfed wheat production with alternative mulches and conservation tillage in the hills of north-west India*, «Soil & Tillage Research», 46, pp. 153-163.
- ALLMARAS R.R., DOWDY R.H. (1985): *Conservation tillage systems and their adoption in the United States*, «Soil Till. Res.», 5, pp. 197-222.
- ANTONELLI M., GUZZINI A., SANTILOCCHI R. (2003): *Grano duro, tiene la resa riducendo le lavorazioni*, «Terra e Vita», 39, pp. 69-72.
- ANTONELLI M., PETRINI A., SANTILOCCHI R. (2001): *Conservation tillage of durum wheat in Central Italy*, in *Proceeding I World Congress on Conservation Agriculture*, Madrid, 1-5 October, II, pp. 51-54.

- ARCHETTI R., BONCIARELLI F., FARINA G. (1989): *Results of trials carried out in 1981-1987 in Central Italy*, «Rivista di Ingegneria agraria», 1, pp. 43-49.
- BASSO F., PISANTE M., BASSO B. (1996): *Influenza dei residui colturali e delle lavorazioni sull'umidità del terreno, sull'accrescimento e produzione del favino da seme e frumento duro*, «Riv. di Agronomia», 30, 3, pp. 212-221.
- BASSO F., PISANTE M., BASSO B. (2002): *The Agri valley – sustainable agriculture in dry environment: crop system and management*, in *Mediterranean Desertification: A Mosaic of processes and response*, Volume 2 Regional Studies, Chapter 24, pp. 331-346, Thornes J.B., Brandt C.J. and Geeson N.A, Wiley & Sons Ed., London.
- BERNOUX M., CERRI C., CERRI C.E.P., SIQUEIRA NETO M., METAY A., PERRIN A.S., SCOPEL E., RAZAFIMBELO T., BLAVET D., PICCOLO M., DE C., PAVEI M., MILNE E. (2006): *Cropping systems, carbon sequestration and erosion in Brazil - a review*, «Agro. Sustain. Dev.», 26, pp. 1-8.
- BILALIS D., SIRIDAS N., ECONOMOU G., VAKALI C. (2003): *Effect of different levels of wheat straw soil surface coverage on weed flora in Vicia faba crops*, «J. Agron. Crop Sci.», 189, pp. 233-241.
- BONCIARELLI F., ARCHETTI R., FARINA G., BATTISTELLI A. (1986): *Effetto di nuovi sistemi di lavorazione su alcune proprietà chimiche e meccaniche del terreno*, «Riv. Di Agronomia», 2-3, pp. 172-177.
- CARTER M.R., STEED G.R. (1992): *The effects of direct-drilling and stubble retention on hydraulic-properties at the surface of duplex soils in North-Eastern Victoria*, «Aust. J. Soil Res.», 30, pp. 505-516.
- COCHRAN V.L., SPARROW S.D., SPARROW E.B. (1994): *Residue effects on soil micro- and macroorganisms*, in *Managing Agricultural Residues*, Unger, P.W., CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 163-184.
- DE VITA P., DI PAOLO E., FECONDO G., DI FONZO N., PISANTE M. (2007): *Effect of no-tillage and conventional tillage systems on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy*, «Soil and Tillage Research», 92, pp. 69-78.
- DHUYVETTER K.C., THOMPSON C.R., NORWOOD C.A., HALVORSON A.D. (1996): *Economics of dryland cropping systems in the Great Plains: A review*, «J. Prod. Agric.», 9, pp. 216-222.
- DIAZ-ZORITA M. (1999): *Effects of 6 years of tillage on a Hapludoll from northwest Buenos Aires, Argentina*, «Ciencia del Suelo», 17, pp. 31-36.
- DORAN J.W., PARKIN T.B. (1994): *Defining and assessing soil quality*, in *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*, Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F. and Stewart, B.A., SSSA Special Publication, No. 35, Soil Sci. Soc. Amer., Amer. Soc. Agron, Madison, WI, pp. 3-21.
- DORMAAR J.F., CAREFOOT J.M. (1996): *Implication of crop residue and conservation tillage on soil organic matter*, «Can. J. Plant Sci. », 76, pp. 627-634.
- EKWUE E.T. (1992): *Quantification of the effect of peat on soil detachment by rainfall*, «Soil Till. Res.», 23 (1-2), pp. 141-151.
- FAO, Conservation agriculture web site. [www.fao.org/ag/ca/index.html](http://www.fao.org/ag/ca/index.html)
- FAWCETT R.S. (1995): *Agricultural tillage systems: impacts on nutrient and pesticide runoff and leaching*, in *Farming For a Better Environment: A White Paper*, Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA, pp. 67.
- FREDERICK J.R., BAUER P.J. (1999): *Physiological and numerical components of wheat yield*, in *Wheat – Ecology and physiology of yield determination*, E.H. Satorre and G.A. Slafer, Food Products Press, New York, NY, pp. 45-84.

- GARCIA-TORRES L., BENITES J., MARTINEZ-VILELA A., HOLGADO-CABRERA A. (2003): *Conservation agriculture: environment, farmers experiences, innovations, socio-economy, policy*, Kluwer Academic Publishers, Boston, USA.
- GOOD L.G., SMIKA D.E. (1978): *Chemical fallow for soil and water conservation in the Great Plains*, «J. Soil Water Conserv.», 33, pp. 89-90.
- HASSINK J., OUDE VOSHAAR J. H., NIJHUIS E. H., VAN VEEN J. A. (1991): *Dynamics of the microbial populations of a reclaimed-polder soil under a conventional and reduced-input farming system*, «Soil Biology and Biochemistry», 23, pp. 515-524.
- HEMMAT A., ESKANDARI I. (2004): *Conservation tillage practices for winter wheat-fallow farming on a clay loam soil (Calcisols) under temperate continental climate of northwestern Iran*, «Field Crops Res.», 89, pp. 123-133.
- HEMMAT A., ESKANDARI I. (2006): *Dryland winter wheat response to conservation tillage in a continuous cropping system in northwestern Iran*, «Soil & Tillage Research», 86, pp. 99-109.
- HOLEPLASS H., SINGH B.R., LAL R. (2004): *Carbon sequestration in soil aggregates under different crop rotations and nitrogen fertilization in an inceptisol in southeastern Norway*, «Nutr. Cycl. Agroecosys.», 70 (2), pp. 167-177.
- HOLLAND J.M. (2004): *The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence*, «Agriculture, Ecosystems and Environment», 103, pp. 1-25.
- HOUSE G.J., PARMELEE R.W. (1985): *Comparison of soil arthropods and earthworms from conventional and no-tillage agroecosystems*, «Soil Till. Res.», 5, pp. 351-360.
- IEZZI G., ROGGERO P.P., SANTILOCCHI R., SEDDAIU G. (2002): *Effects of repeated sod seeding or minimum tillage and nitrogen fertilisation on durum wheat grain yield in the clay hills of Central Italy*, in *Proceeding of the VII Congress of the European Society for Agronomy*, 15-18 July, Cordoba, Spagna, pp. 499-500.
- JANOSKY J.S., YOUNG D.L., SCHILLINGER W.F. (2002): *Economics of Conservation Tillage in a Wheat-Fallow Rotation*, «Agronomy Journal», 94, pp. 527-531.
- JORDAN V.W., LEAKE A.R., OGILVY S.E. (2000): *Agronomic and environmental implications of soil management practices in integrated farming systems*, «Aspects Appl. Biol.», 62, pp. 61-66.
- KARLEN D.L., WOLLENHAUPT N.C., ERBACH D.C., BERRY E.C., SWAN J.B., EASH N.S., JORDAHL J.L. (1994): *Crop residue effects on soil quality following 10-years of no-till corn*, «Soil Till. Res.», 31 (2-3), pp. 149-167.
- KERN K.S., JOHNSON M.G. (1993): *Conservation tillage impacts national soil and atmospheric carbon levels*, «Soil Sci. Soc. Am. J.» 57, pp. 200-210.
- KLADIVKO E.J. (2001): *Tillage systems and soil ecology*, «Soil Till. Res.» 61, pp. 61-76.
- KOSKINEN W.C., MCWHORTER C.G. (1986): *Weed control in conservational tillage*, «J. Soil Water Conserv.», 41, pp. 365-370.
- LAL R., KIMBLE J.M., FOLLETT R.F., COLE C.V. (1998): *The Potential of US Cropland to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect*, Ann Arbor Science, Ann Arbor, MI, 128 pp.
- LAL R., LOGAN T.J. AND FAUSEY N.R. (1999): *Long-term tillage effects on a Mollic Ochraqualf in northwest Ohio, III Soil Nutrient Profile*, «Soil Tillage Research », 17, pp. 371-382.
- LAMPURLANES J., ANGAS P., CANTERO-MARTINEZ C. (2002): *Tillage effects on water storage during fallow, and on barley root growth and yield in two contrasting soils of the semi-arid Segarra region in Spain*, «Soil Tillage Res.», 65, pp. 207-220.

- LEAKE A.R. (2000): *Climate change, farming systems and soil*, «Aspects Appl. Biol.» 62, pp. 253-260.
- LINDSTROM J.E., BARRY R.P., BRADDOCK J.F. (1998): *Microbial community analysis: a kinetic approach to constructing potential C source utilization patterns*, «Soil Biology & Biochemistry», 30, pp. 231-239.
- LOGAN T.J. (1993): *Agricultural best management practices for water pollution control: current issues*, «Agriculture, Ecosystems & Environment», 46 (1-4), pp. 223-231.
- MOSCA G., GOVI G., ARCHETTI R., BONCIARELLI F., MAZZONCINI M., RUBINO P., RUGGIERO C., VENEZIA G. (1992): *Effetti della lavorazione del terreno sullo sviluppo degli apparati radicali di frumento* (Triticum aestivum L. e Triticum durum Desf), «Riv di Agronomia», 3, pp. 223-231.
- NESMITH D.S., HARGROVE W.L., RADCLIFFE D.E., TOLLNER E.W., ARIOGLU H.H. (1987): *Tillage and residue management effects on properties of an Ultisol and double-cropped soybean production*, «Agron J.», 79, pp. 570-576.
- NSABIMANA D., HAYNES R. J., WALLIS F. M. (2004): *Size, activity and catabolic diversity of the soil microbial biomass as affected by land use*, «Applied Soil Ecology», 26 (2), pp. 81-92.
- OSBORN TIMOTHY J., JONES PHILIP D. (2000): *Air flow influences on local climate: observed United Kingdom climate variations*, «Atmospheric Science Letters», 1 (1), pp. 62-74.
- OWENS L.B., MALONE R.W., HOTHEM D.L., STARR G.C., LAL R. (2002): *Sediment carbon concentration and transport from small watersheds under various conservation tillage*, «Soil Till. Res.», 67, pp. 65-73.
- PAPENDICK R.I., MILLER D.E. (1977): *Conservation tillage in the Pacific Northwest*, «J. Soil Water Conserv.», 32, pp. 49-56.
- PISANTE M., FECONDO G., D'ERCOLE M. (2001): *Conservation Agriculture on durum wheat through no-tillage*, in *Conservation agriculture, a worldwide challenge*, Garcia Torres L., Benites J., Martinez-Vilela A. (eds.), First World Congress on Conservation Agriculture. Madrid, 1-5 October 2001, Volume II, pp. 623-626.
- PISANTE M. (2007): *Agricoltura Blu – La via italiana dell'agricoltura conservativa – Principi, tecnologie e metodi per una produzione sostenibile*, Il Sole 24 Ore Edagricole, Bologna, XII+317.
- PISANTE M., BASSO F. (2000): *Influence of tillage systems on yield and quality of durum wheat in Southern Italy*, in *Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges*, Royo, C., Nachit, M.M., Di Fonzo, N., Araus, J.L. (eds.), CIHEAM/ICARDA/CIMMYT, Zaragoza, 12-14 April 2000. Options méditerranéennes, Series A, 40, pp. 549-554.
- PISANTE M., CORSI S., AMIR K., FRIEDRICH T. (2010): *The challenge of agricultural sustainability for Asia and Europe*, Transition Studies Review, DOI: 10.1007/s11300-010-0181-z
- QUINE T.A., WALLING D.E. (1993): *Use of caesium-137 measurements to investigate relationships between erosion rates and topography*, in *Landscape Sensitivity*, D.S.G. Thomas and R.J. Allison, John & Sons Ltd, Chichester, pp. 31-48.
- RAO S.C., DAO T.H. (1996): *Nitrogen placement and tillage effects on dry matter and nitrogen accumulation and redistribution in winter wheat*, «Agron. J.», 88, pp. 365-371.
- SADEGHI A.M., ISENSEE A.R. (1997): *Alachlor and cyanazine persistence in soil under different tillage and rainfall regimes*, «Soil Sci.», 162, pp. 430-438.
- SCHLESINGER W.H. (2000): *Carbon sequestration in soils: some cautions amidst optimism*, «Agriculture, Ecosystems & Environment», 82, (1-3). pp. 121-127.

- SEDDAIU G., IEZZI G., ROGGERO P.P. (2003): *Riduzione delle lavorazioni e della concimazione azotata nell'avvicendamento biennale frumento duro-girasole nella collina marchigiana*, in *Atti del XXXV Convegno della S.I.A. "Obiettivo qualità integrale: il ruolo della ricerca agronomica"*, Napoli, 16-18 settembre 2003, pp. 23-24.
- STAGNARI F., RAMAZZOTTI S., PISANTE M. (2009): *Conservation Agriculture: A Different Approach for Crop Production Through Sustainable Soil and Water Management: A Review*, in *Agronomy for Sustainable Development*, E. Lichtfouse (ed.), Organic Farming, Pest Control and Remediation of Soil Pollutants, Sustainable Agriculture Reviews 1, DOI 10.1007/978-1-4020-9654-9, Springer Science+Business Media B.V., pp. 55-83.
- STINNER B.R., HOUSE G.J. (1990): *Arthropods and other invertebrates in conservation-tillage agriculture*, «Annu. Rev. Entomol.», 35, pp. 299-318.
- TRIBERTI L., BALDONI G., NASTRI A., SCIORTINO M., COMELLINI F. (2004): *Tests for nitrogen recommendation in corn*, in *8th ESA Congress*, S.E. Jacobsen, C.R. Jensen, J.R. Porter (Eds.), Copenhagen, pp. 465-466.
- UNGER P.W., MCCALLA T.M. (1980): *Conservation tillage systems*, «Adv. Agron.», 33, pp. 2-53.
- WANDER M.M., HEDRICK D.S., KAUFMAN D., TRAINA S.J., STINNER B.R., KEHRMEYER S.R., WHITE D.C. (1995): *The functional significance of the microbial biomass in organic and conventionally managed soils*, «Plant and Soil», 170, pp. 87-97.
- WEST T.O., MARLAND G. (2002): *A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: comparing tillage practices in the United States*, «Agric. Ecosyst. Environ.», 91, pp. 217-232.
- WILHELM W.E., BOUZERZOUR H., POWER J.R. (1989): *Soil disturbance-residue management effect on winter wheat growth and yield*, «Agron. J.», 81, pp. 581-588.
- WRUCKLE M.A., ARNOLD W.E. (1985): *Weed species distribution as influenced by tillage and herbicides*, «Weed Science», 33, pp. 853-856.