*Il presente testo si basa su una rassegna della letteratura accademica prodotta da Chris Warburton Brown dell’Associazione sulla Permacultura (Regno Unito), come parte del nostro progetto di collaborazione chiamato GROW Observatory.*

*Il GROW Observatory è stato finanziato dal programma di ricerca e innovazione Orizzonte 2020 dell’Unione europea nell’ambito dell’accordo di sovvenzione n. 690199.*

**Rassegna della letteratura in materia di pratiche di coltivazione senza scavo/lavorazione zero (e agricoltura conservativa)**

*Dr. Chris Warburton Brown, maggio 2019*

Storicamente, gli agricoltori erano soliti lavorare il terreno praticando l’aratura, mentre i giardinieri utilizzavano la tecnica della vangatura. Si procedeva in questo modo per ottenere un buon terriccio, eliminare le erbe infestanti, dissodare un terreno pesante, far emergere gli agenti patogeni, incorporare il letame, aumentare la penetrazione di acqua e poter seminare con più facilità. Negli ultimi anni, però, la popolarità dei sistemi agricoli a lavorazione zero è cresciuta rapidamente in tutto il mondo. L’agricoltura a lavorazione zero è semplicemente un modo di far crescere le colture o i foraggi senza alterare il terreno.

La letteratura scientifica sui sistemi a lavorazione zero è ora vasta. La presente rassegna si aprirà definendo i termini chiave. In seguito, illustrerà i vantaggi dichiarati derivanti dalla lavorazione zero, esaminandoli approfonditamente. Laddove possibile, l’interesse si concentrerà sugli esperimenti sul campo. La rassegna quindi si rivolgerà alla prova fornita dalla pratica della lavorazione zero a livello domestico, definita “giardinaggio senza scavo”.

Definizione dell’agricoltura a lavorazione zero

*Titolo: L’utilizzo dei termini può generare confusione, poiché essi possono riferirsi a pratiche molto diverse tra di loro. Questo ha portato a un certo grado di incoerenza nelle conclusioni dello studio. La FAO fornisce una definizione chiara di agricoltura conservativa: lavorazione zero abbinata alla copertura vegetale continua e alla diversità/rotazione delle colture.*

Le espressioni “lavorazione zero” e “senza scavo” sono apparentemente esplicative. In ogni caso, Derpsch e colleghi (2014) hanno espresso le loro perplessità: “nel caso in cui >50% della superficie del suolo venga alterata... allora il sistema non può essere definito ‘a lavorazione zero’ e si deve parlare di ‘lavorazione con pacciamatura’ o di altre forme di lavorazione” (17). Tale confusione ha portato a conclusioni incoerenti e contraddittorie nella ricerca scientifica. Reicosky (2015) ha osservato come anche l’espressione “lavorazione conservativa” abbia generato molta confusione. A tal proposito, cita Baker et al. (2002) che hanno individuato 14 nomi diversi per la lavorazione ridotta del terreno. Mannering e Fenster (1983) definiscono la lavorazione conservativa come un’espressione di ampia portata utilizzata con “qualsiasi” sistema di lavorazione, concordando sul fatto che ciò possa aver generato confusione.

Per porre fine a questa serie di dubbi, nel 2013 la FAO ha fornito una definizione chiara di “agricoltura conservativa”, che supera l’espressione “lavorazione zero”: (FAO, 2013)

1. **Minima alterazione meccanica del terreno:** meno del 25% della superficie coltivata.
2. **Copertura organica permanente del terreno:** si distinguono tre categorie: copertura del terreno per il 30-60%, >60-90% e >90%.
3. **Diversificazione delle specie:** la rotazione/associazione deve interessare almeno 3 colture diverse.

Tale approccio riconosce i vantaggi della lavorazione zero, della copertura vegetale permanente e della diversificazione delle specie come processi che agiscono in reciproco sostegno.

Nella presente rassegna, verranno utilizzate tre espressioni chiave: lavorazione zero (NT, No-till), agricoltura conservativa (CA, Conservation agriculture) e lavorazione convenzionale/aratura (CT, Conventional/ploughed till).

Estensione globale della lavorazione zero e relativi vantaggi

*Titolo: In tutto il mondo, nel 2009 111 milioni di ettari di terreno venivano sottoposti a coltivazione NT, crescendo a un tasso di 6 milioni di ettari all’anno. I sette principali vantaggi dichiarati di questa pratica sono: riduzione dell’erosione del terreno, incremento della resilienza alla siccità, aumento della popolazione dei lombrichi e della fauna selvatica, incremento del carbonio contenuto nel terreno, miglioramento della resa e rafforzamento delle proprietà/fertilità del terreno.*

Nel 2010 Derpsch et al. sono giunti alla conclusione che in tutto il mondo 111 milioni di ettari di terreno venivano sottoposto a NT, con un tasso di crescita di 6 milioni di ettari all’anno. I tassi di adozione più rapidi sono stati individuati in Sud America. Lindwall e Sonntag (2010) hanno presentato un caso di studio relativo al modo in cui la NT ha sostituito la CT come tecnica standard per la coltivazione del frumento in Canada. Derpsch e colleghi (2017) hanno osservato che “l’agricoltura NT offre... un ampio ventaglio di vantaggi di tipo economico, ambientale e sociale... [e] consente al settore agricolo di rispondere ad alcune delle sfide globali”. La rassegna di Holland, condotta su oltre 200 studi (2004), ha indicato come la NT riduca il consumo energetico, aumenti il sequestro del carbonio, rafforzi la biodiversità, riduca il ristagno, la siccità, il deflusso e l’inquinamento delle acque, sviluppi la ricchezza della biodiversità nel terreno e migliori il processo di riciclo dei nutrienti. Holland ha tuttavia posto l’accento su come alcune scoperte debbano essere trattate con attenzione, fino a quando non verranno verificate su scala più ampia. Grandy et al. (2006) hanno presentato argomentazioni basate sulla ricerca a favore di un’adozione più ampia della NT permanente, sostenendo che a lungo termine la resa possa eguagliare o superare quella della CT e che nel tempo possa far crescere la disponibilità di N e C nelle piantagioni.

I numerosi vantaggi derivanti dalla NT dichiarati in letteratura possono essere categorizzati in 7 aree:

1. Riduzione dell’erosione del terreno
2. Incremento della resilienza alla siccità
3. Aumento della popolazione dei lombrichi
4. Aumento delle popolazioni di fauna selvatica
5. Aumento del tenore di carbonio nel suolo
6. Miglioramento della resa
7. Miglioramento delle proprietà/fertilità del terreno

Riduzione dell’erosione del terreno

*Titolo: Gli studi sperimentali hanno dimostrato concretamente che i terreni a lavorazione zero, abbinati alla copertura vegetale continua, risultano essere scarsamente esposti all’erosione dell’acqua e del vento, in tutte le zone climatiche.*

Keesstraa e colleghi (2016) sono giunti alla conclusione che l’erosione di terreni con coltivazioni di albicocchi a Valencia, in Spagna, fosse 45,5 volte superiore in caso di trattamento diserbante rispetto all’erosione rilevata in terreni a lavorazione zero e coperti in modo permanente. Mendez e Buschiazzo (2010) hanno affermato che l’erosione del vento risultava minore per il frumento coltivato a lavorazione zero con residui vegetali rispetto alle Pampas semi aride dell’Argentina. L’esperimento di Prasuhn (2010) sull’Altopiano svizzero era insolito, poiché interessava un intero bacino imbrifero: la perdita media di terreno nei campi sottoposti a NT era di un ordine di grandezza inferiore rispetto a quella dei campi arati. Mchunu et al. (2010) hanno valutato le perdite di terreno a partire dai tradizionali campi di granturco di piccole dimensioni del Sudafrica sottoposti a CT e a NT, con una copertura vegetale residua del 10%: con la NT la quantità di carbonio organico nel terreno era maggiore del 26% e le perdite di terreno inferiori del 68%. Labrière et al. (2015) hanno preso in considerazione gli studi di 21 paesi tropicali dal clima umido e hanno concluso che la NT da sola non è sufficiente per prevenire la forte erosione, mentre se viene combinata a piantagioni perimetrali e colture intercalari può portare a una sostanziale diminuzione della perdita di terreno.

Incremento della resilienza alla siccità

*Titolo: Esistono notevoli prove sperimentali relative al fatto che l’agricoltura conservativa possa consolidare le rese negli anni di siccità e in regioni semi aride. Tuttavia, si discute in merito alla base di conoscenze comprovate e alla misura in cui tali pratiche sono state effettivamente adottate da piccoli coltivatori in Africa.*

Una rassegna di Mazvimavi (2016) ha preso in esame 100 documenti riguardanti il contributo che la CA offre alla resilienza alla siccità nell’Africa subsahariana. La CA sembra fornire una maggiore resilienza ai cambiamenti climatici e alla siccità. Tuttavia, i dati relativi ai vantaggi di questo tipo di agricoltura in condizioni non sperimentali sono limitati. Bescansa et al. (2006) hanno concluso che nella Spagna del nord, area segnata dalla semi aridità, la capacità di acqua disponibile era superiore con la NT, con rese generalmente simili, tranne che negli anni caratterizzati da scarsissime precipitazioni, in cui la NT ha prodotto di più. Questa equivalenza tra le rese della NT e della CT, che negli anni con scarse precipitazioni sono tuttavia maggiori per la prima tecnica, è stata individuata anche in esperimenti condotti sul frumento duro in Italia (Devita et al. 2007) e su frumento-granturco in Cina (He et al. 2011).

Tali scoperte sono state smentite da Materechera et al. (1997), che hanno studiato la crescita del granturco nei sistemi di lavorazione a solchi in Malawi, in cui la resistenza alla penetrazione era inferiore con la CT e le rese erano maggiori del 5%. Tuttavia, la NT ha prodotto una notevole riduzione dei tempi di lavoro, con rese di granturco ancora superiori ai 4000 kg/ettaro. La Dichiarazione del Nebraska in materia di agricoltura conservativa del 2013, firmata da 43 scienziati, esponenti di numerose discipline, ha evidenziato perplessità nel valutare l’attuale base di conoscenze per la CA nell’Africa subsahariana, richiedendo ulteriori ricerche. Gli scienziati hanno messo in luce la scarsità di prove relative alla diffusa adozione della CA da parte dei piccoli coltivatori.

Aumento della popolazione dei lombrichi

*Titolo: L’ambito è stato esaminato in modo approfondito, con studi sperimentali che confermano una stretta correlazione tra la lavorazione zero e l’aumento delle popolazioni di lombrichi, in particolare in combinazione alla concimazione regolare e alla copertura vegetale continua.*

I lombrichi hanno effetti positivi sullo sviluppo della struttura del terreno, sulla regolazione idrica, sul ciclo dei nutrienti, sulla produzione primaria, sulla regolazione del clima, sul risanamento ambientale e sui servizi colturali (Bertrand et al. 2015). Gli scienziati hanno esaminato 28 studi sul campo, concludendo che la lavorazione del terreno tende a ridurre le popolazioni di lombrichi. Tali scoperte sono state confermate da esperimenti sul campo effettuati in Francia, Ontario e Tennessee. La conclusione dello studio francese (Pelosi et al. 2009) è che la biomassa di lombrichi in un sistema di pacciamatura vivente (NT) era da 3 a 12 volte superiore rispetto a quella presente in un sistema CT. Lo studio sull’Ontario (Fox et al. 2017) ha dimostrato che la conversione della CT in NT ha portato a notevoli incrementi annuali di lombrichi. Lo studio sul Tennessee (Ashworth et al. 2017) ha concluso che la NT con letame di pollame e residui di colture era estremamente positiva per i vermi, sebbene ponesse un ostacolo: nelle coltivazioni continue di cotone, ricche di antiparassitari, la popolazione di vermi era dimezzata.

Aumento delle popolazioni di fauna selvatica

*Titolo: Quest’area è stata protagonista di un lavoro sperimentale sorprendentemente limitato. Tuttavia, gli studi suggeriscono un significativo aumento della popolazione della fauna selvatica nei sistemi a NT, in confronto a quelli CT.*

Van Beek et al. (2014) hanno confrontato le comunità aviarie tra la CT e la NT nelle piantagioni di soia dell’Illinois, negli Stati Uniti: in seguito alla NT risultavano una maggiore presenza di volatili, una maggiore densità di annidamenti e un maggior valore di conservazione. Witmer et al. (2007) hanno esaminato le popolazioni dei roditori e sperimentato diversi metodi di controllo a Washington, negli Stati Uniti: le popolazioni di topi erano di gran lunga superiori nei campi NT ed erano in grado di eliminare dal 5 al 15% delle piante di piselli. Tutti i metodi di controllo sperimentati non hanno avuto successo. Santlema et al. (2006) hanno ricalcato gli effetti della biodiversità di cinque diversi scenari agricoli in Iowa, negli Stati Uniti. Lo “scenario di biodiversità” comprendeva il 32% di lavorazione conservativa, portando a un aumento della popolazione di uccelli, anfibi, mammiferi autoctoni e di specie rare rispetto al paesaggio selvatico pre-agricolo. Questo suggerisce che l’agricoltura NT è compatibile con i paesaggi caratterizzati da un’elevata biodiversità.

Aumento del tenore di carbonio nel suolo

*Titolo: Aumenti considerevoli sono stati previsti per lo stoccaggio del carbonio contenuto nel terreno con la NT, con enormi implicazioni relative alla lotta ai cambiamenti climatici. Questi dati sono comunque oggetto di discussione, a causa dell’ipotesi di errori metodologici e di risultati deludenti che provengono dagli studi sperimentali.*

Molti progressi sono stati fatti riguardo al carbonio contenuto nel terreno con NT e all’eventuale attenuazione dei cambiamenti climatici, nel rapporto *The Emissions Gap Report 2013* (UNEP, 2013). Questo studio ha indicato che la NT può portare ad altri 500 kg per ettaro all’anno di carbonio organico nel terreno e ha riportato i piani d’azione nazionale relativi al clima per Brasile (MMA 2016), Kenya (Stiebert et al., 2012) e Cina (Cheng et al., 2013a), suggerendo che la coltivazione NT può già consentire di sequestrare 2 Mt di CO2e all’anno in tutto il mondo. Tali risultati ottimistici, però, sono stati discussi da Powlson et al. (2014), i quali citano un corpus esteso di prove sperimentali che dimostrano come il carbonio organico supplementare nel terreno sottoposto a NT sia relativamente scarso e limitato a una profondità di 10 cm. Questi concordano nell’affermare che la NT sia vantaggiosa per la qualità del terreno e i cambiamenti climatici, ma sostengono che il suo ruolo nella mitigazione di tali cambiamenti sia sovrastimato. La meta-analisi di Luo et al. (2010), relativa a 69 esperimenti abbinati, è giunta alla conclusione che la conversione dalla CT in NT ha modificato la distribuzione di C nel profilo del terreno, sebbene non abbia aumentato la quantità totale di carbonio.

Rese delle colture

*Titolo: Gli studi sperimentali dimostrano che le rese della NT in genere sono analoghe o leggermente superiori alle rese della CT. La tesi secondo cui le rese della NT sono costantemente superiori non è suffragata. Le rese della NT tendono a essere maggiori negli anni caratterizzati da scarse precipitazioni.*

In un sistema continuo che coltiva frumento duro a Foggia e Vasto, in Italia, Devita et al. (2007) hanno riscontrato che a Foggia le rese maggiori sono state ottenute con NT anziché CT, constatando una qualità consistentemente maggiore, mentre le rese di Vasto erano analoghe, tranne che per il terzo anno, in cui la CT ha consentito di produrre di più. A Gaocheng, pianura della Cina settentrionale, He et al. (2011) sono giunti alla conclusione la NT a lungo termine ha incrementato notevolmente i livelli di N e P nella materia organica del terreno, con rese di frumento e granturco all’incirca di 3,5% e 1,4% superiori con la NT, in particolare negli anni caratterizzati da scarse precipitazioni. Silici e colleghi (2011) hanno intervistato 229 agricoltori in Lesotho. Gli agricoltori che producevano granturco con likoti (una tecnica locale caratterizzata da “buchi” in cui si pratica la NT) realizzavano profitti laddove chi praticava la tecnica dell’aratura subiva una perdita. In Camerun, Naudin et al. (2010) hanno studiato 662 terreni con rese da granturco/sorgo analoghe o maggiori nella CA ma con rese da cotone inferiori, tranne nei casi in cui i sistemi NT hanno compreso anche la pacciamatura. He e colleghi (2009) hanno condotto un esperimento della durata di 10 anni nella Mongolia interna, in Cina, confrontando quattro sistemi di coltivazione su frumento primaverile/avena. Il più significativo miglioramento delle rese (+14%) insieme alla massima efficienza nell’uso di acqua (+13,5%) sono stati ottenuti attraverso la NT con la copertura a paglia. Calonego et al. (2017) hanno effettuato uno studio di 14 anni sui terreni compattati nella zona di San Paolo, in Brasile, in cui le rotazioni di colture di copertura con radici robuste hanno ridotto la compattazione del terreno con la stessa efficacia della coltivazione meccanica, producendo rese analoghe per quanto riguarda la soia e il sorgo.

Miglioramento delle proprietà/fertilità del terreno

*Titolo: Questo è l’aspetto più analizzato dei sistemi NT. Gli studi sperimentali evidenziano un incremento della disponibilità idrica, dei livelli di N e C e una riduzione della compattazione del terreno. Le scoperte relative alla densità apparente e ad altre proprietà del terreno variano da studio a studio.*

Blanco-Canqui et al. (2018) hanno redatto uno studio pubblicato in tutto il mondo relativo all’impatto della NT sul terreno. La NT può ridurre la compattazione del terreno e accrescerne la stabilità aggregata da umido, l’infiltrazione idrica e la relativa disponibilità. Non ha prodotto effetti significativi sulla temperatura e sulla consistenza del terreno, sulla densità apparente, sulla resistenza alla penetrazione e sulla resistenza al taglio. L’aggiunta di pratiche complementari (colture di copertura, modifiche alla quantità di C) è in grado di potenziare le prestazioni della NT. A Daxing, in Cina, Hui e colleghi (2013) hanno constatato un notevole aumento dei livelli di C, N, P e K e un leggero incremento delle rese di frumento e granturco nei letti rialzati della larghezza di 160 cm sottoposti a NT permanente. Nello stato del Queensland meridionale, in Australia, dove il clima è semi-arido e subtropicale, Thomas et al. (2007) hanno rilevato una piccola differenza nel carbonio presente nel terreno a una profondità di 10-30 cm, ma una differenza notevolmente maggiore per quanto riguarda i livelli di C, N, e K a una profondità di 0-10 cm in un terreno sottoposto a NT.

Madejon et al (2009) hanno esaminato i terreni di Lerida, Saragozza e Siviglia, in Spagna, riscontrando un incremento di materia organica ed enzimi in terreni sottoposti a NT a lungo termine. Mitchell et al. (2017) si sono concentrati sulla qualità a lungo termine (15 anni) di un terreno sottoposto a rotazione cotone-pomodori in una zona arida e irrigata della California. In seguito a NT e colture di copertura, si è evidenziato un aumento di aggregazione del terreno, infiltrazione idrica, livelli di N e C, copertura residua e attività biologica, con analoghe rese colturali. Calonego et al. (2017) hanno realizzato uno studio di 14 anni sulle proprietà fisiche del terreno nella NT a San Paolo, in Brasile, avente per oggetto le piante per le colture di copertura in rotazione caratterizzate da radici robuste, le quali riducevano la compattazione del terreno con la stessa efficacia della coltivazione meccanica. Mazzoncini et al. (2016), lavorando a San Piero a Grado, in Italia, hanno stabilito che dopo 28 anni di NT continua, a una profondità di 30 cm i livelli di C e N nel terreno sono aumentati del 22% rispetto ai valori iniziali, mentre sono diminuiti nella CT controllata.

Sistemi senza scavo a livello di giardino

*Titolo: Non esistono molte ricerche in questo ambito. Tuttavia, il lavoro pioneristico a lungo termine condotto da Charles Dowding indica che le rese dei prodotti orticoli da letti non sottoposti a scavo sono superiori rispetto a quelle dei letti che vengono lavorati. Il giardinaggio urbano rappresenta un sistema NT ampiamente diffuso che è stato profondamente esaminato.*

Il giardinaggio senza scavo è stato lanciato in Giappone da Masanobu Fukuoka (1978),  nel Regno Unito da F. C. King (1946) e A. Guest (1973), in Australia da Esther Dean (1971) e negli Stati Uniti da Ruth Stout (1961). Tuttavia, rispetto ai sistemi agricoli NT, sono stati realizzati pochissimi studi scientifici in merito sia alla diffusione di questa tecnica che ai vantaggi che ne derivano. Un’eccezione di rilievo è rappresentata da Charles Dowding (2019a, 2019b), che nella regione del Somerset, Regno Unito, ha eseguito un esperimento della durata di 13 anni sul confronto delle rese. Le sue scoperte non sono state verificate da esperti né pubblicate, ma sono disponibili online. Dowding impiega letti rialzati permanenti alimentati con letame da allevamento e compost domestico e caratterizzati da coperture vegetali semi permanenti. Nel suo primo esperimento, su oltre sei stagioni agricole, le rese dei prodotti orticoli da letti non sottoposti a scavo superavano del 6,4% le rese dei letti lavorati, con le coltivazioni di insalate che rendevano il 15% in più. Nel secondo esperimento, su ulteriori sei stagioni agricole, le rese senza scavo superavano quelle dei letti lavorati del 10,1%.

Conclusione

Cinque dei sette vantaggi dichiarati derivanti dalle pratiche di coltivazione a lavorazione zero sono fortemente sostenuti da evidenze scientifiche: la riduzione dell’erosione del suolo, l’incremento della resilienza alla siccità, l’aumento della popolazione dei lombrichi e della fauna selvatica e il rafforzamento delle proprietà del terreno. La base di conoscenze comprovate proviene da tutti i continenti abitati e da una grande varietà di tipi di terreni e zone climatiche.

Restano da discutere due dei vantaggi dichiarati. Mentre le rese delle colture da sistemi NT sono paragonabili a quelle dei sistemi CT, solo alcuni studi riferiscono di un aumento delle rese dai sistemi NT. La NT sembra mantenere rese superiori negli anni caratterizzati da scarse precipitazioni e siccità. Tutti gli studi suggeriscono che la NT aumenta il carbonio organico contenuto nel terreno, ma la solidità di tale affermazione è ancora fortemente in discussione. A causa della necessità di sequestrare il carbonio nell’ambito della lotta ai cambiamenti climatici, questa incertezza deve essere risolta mediante ulteriori ricerche.

Una chiara scoperta riguarda gli effetti della NT, la copertura vegetale permanente e la diversità di colture, che agiscono in reciproco sostegno. Un’ulteriore pratica suggerita da un certo numero di studi è l’aggiunta di fertilizzante arricchito con carbonio, di letame o residui di colture come la pacciamatura. Molti dei vantaggi della NT diventano marginali senza l’impiego di queste pratiche di sostegno.

La pratica del giardinaggio senza scavo è sistematicamente oggetto di studio. Non è possibile ipotizzare che i vantaggi visti su ampia scala verranno riprodotti anche nei giardini. Vi è la necessità di esplorare tutti i vantaggi definiti della NT per capire se possono essere applicati anche ai giardini e di stabilire le migliori pratiche con l’utilizzo di strumenti manuali e manodopera.

La NT è già ben definita a livello globale e praticata in quasi tutti i paesi. In alcuni paesi è già la forma principale di coltivazione agricola. Questa rassegna suggerisce che i suoi vantaggi sono numerosi, in particolare quando fa parte di un più ampio sistema di agricoltura conservativa, e che può solo diffondersi maggiormente non appena tali vantaggi verranno conosciuti più approfonditamente.

Bibliografia

Ashworth, A. J., Allen, F. L., Tyler, D. D., Pote, D. H., & Shipitalo, M. J. (2017). Earthworm populations are affected from long-term crop sequences and bio-covers under no-tillage. Pedobiologia, 60, 27–33.

Bertrand, M., Barot, S., Blouin, M., Whalen, J., de Oliveira, T., Roger-Estrand, J. (2015). Earthworms for Cropping Systems: A Review. Agronomy for Sustainable Development 35(2): 553-567

Bescansa, P., Imaz, M. J., Virto, I., Enrique, A. & Hoogmoed, W. B. (2006). Soil water retention as affected by tillage and residue management in semiarid Spain. Soil & Tillage Research 87, 19–27.

Blanco-Canqui, H., & Ruis, S. J. (2018). No-tillage and soil physical environment. Geoderma, 326, 164–200.

Calonego, J. C., Raphael, J. P. A., Rigon, J. P. G., Oliveira Neto, L. de, & Rosolem, C. A. (2017). Soil compaction management and soybean yields with cover crops under no-till and occasional chiseling. European Journal of Agronomy, 85, 31–37.

Casão Junior, R., Araújo, A.G. de., Llanillo, R.F. (2012) No-till agriculture in Southern Brazil: factors that facilitated the evolution of the system and the development of the mechanization of conservation farming. FAO and Instituto Agronômico do Paraná.

Cheng, K., Zheng, J., Nayak, D., Smith, P., Pan, G. (2013a) ‘Re-evaluating the biophysical and technologically attainable potential of topsoil carbon sequestration in China’s cropland.’ Soil Use and Management, doi: 10.1111/sum.12077

Dean, E. (1971) *Esther Dean's Gardening Book: Growing without Digging* Longman Higher Education

D’Emden, F., Llewellyn, R., Burton, M., (2006) ‘Adoption of conservation tillage in Australian cropping regions: An application of duration analysis’. Technological Forecasting & Social Change, 73: 630–647.

Derpsch, R., Friedrich, T., Kassam, A., Li, H. (2010) ‘Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits’. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 3 (1).

Derpsch, R. A.J., Franzluebbers, A.J., S.W. Duiker, S.W., Reicosky, D.C., Koeller, K., Friedrich, T., Sturny, W.G., Sá, J.C.M., K.Weiss, K. (2014) Why do we need to standardize no-tillage research?Soil and Tillage Research Volume 137, April 2014, Pages 16-22

Devita, P., Dipaolo, E., Fecondo, G., Difonzo, N., & Pisante, M. (2007). No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. Soil and Tillage Research, 92(1-2), 69–78. Foggia & Vasto, Italy

Dowding, Charles (2019a) *No Dig Trial 2013-19* online <https://www.charlesdowding.co.uk/no-dig-trial-2013-2018-current-year-at-top/>  accessed 9th May 2019

Dowding, Charles (2019b) *Lower Farm Trials* online <https://www.charlesdowding.co.uk/lower-farm-trials/> accessed 9th May 2019

Food and Agriculture Organisation of the United Nations.(2013) *Conservation Agriculture principles* <http://www.fao.org/conservation-agriculture/overview/principles-of-ca/en/> accessed 01/04/2019

Fox, C.A., Miller, J., Joschko, M., Drury, C. & Reynolds, W.D. (2017). Earthworm population dynamics as a consequence of long-term and recently imposed tillage in a clay loam soil. Canadian Journal of Soil Science, 97 (4)

Friedrich, T., Derpsch, R. and Kassam, A. Overview of the Global Spread of Conservation Agriculture ch 3 in Sustainable Development of Organic Agriculture Historical Perspectives Edited Etingoff, K.

Fukuoka, M. (1978) *The One-Straw Revolution: An Introduction to Natural Farming* Rodale Press, New York

Grandy, A. S., Robertson, G. P., & Thelen, K. D. (2006). Do Productivity and Environmental Trade-offs Justify Periodically Cultivating No-till Cropping Systems? Agronomy Journal, 98(6), 1377.

Guest, A. (1973) *Gardening Without Digging* Essence of Health Publishing Company

He, J., Li, H., Rasaily, R. G., Wang, Q., Cai, G., Su, Y., Liu, L. (2011). Soil properties and crop yields after 11 years of no tillage farming in wheat–maize cropping system in North China Plain. Soil and Tillage Research, 113(1), 48–54.

He, J., Kuhn, N. J., Zhang, X. M., Zhang, X. R., & Li, H. W. (2009). Effects of 10 years of conservation tillage on soil properties and productivity in the farming-pastoral ecotone of Inner Mongolia, China. Soil Use and Management, 25(2), 201–209.

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

Hui, L., Jin, H., Qingjie, W., Hongwen, L., Sivelli, A., Caiyun, L., Xiangcai, Z. (2013). Effects of Permanent Raised Beds on Soil Chemical Properties in a Wheat-Maize Cropping System. Soil Science, 178(1), 46–53.

Keesstraa, S., Pereirab, P., Novarad,A., Brevike, E.C., Azorin-Molinaf, C., Parras-Alcántarag, L., Jordánh,A., Cerdà, A. (2016) Effects of soil management techniques on soil water erosion in apricot orchards Science of The Total Environment Volumes 551–552, 357-366

King, F.C. (1946) *Is Digging Necessary? The Indore System of Composting* New Times Publishing, Melbourne, Australia

Labrière, N., Locatelli, B., Laumonier, Y., Freycon, V. & Bernoux, M. (2015) Soil erosion in the humid tropics: A systematic quantitative review. Agriculture Ecosystems and Environment 203 127-139 Review of nearly 100 studies

Lindwall, W. and Sonntag, B. (Eds.). (2010) Landscapes Transformed: The History of Conservation Tillage and Direct Seeding. Canada: Knowledge Impact in Society. <https://www.gwct.org.uk/media/841599/Landscapes-Transformed-The-History-of-Conservation-Tillage-and-Direct-Seeding.pdf>, accessed 1st May 2019

Llewellyn, R. and D’Emden, F.H. (2010) ‘Adoption of no-till cropping practices in Australian grain growing regions’. Grains Research and Development Corporation.

Luo, Z., Wang, E. & Sun, O. Can no-tillage stimulate carbon sequestration in agricultural soils? A meta-analysis of paired experiments. Agr. Ecosyst. Environ.139, 224–231 (2010).

Madejón, E., Murillo, J. M., Moreno, F., López, M. V., Arrue, J. L., Alvaro-Fuentes, J., & Cantero, C. (2009). Effect of long-term conservation tillage on soil biochemical properties in Mediterranean Spanish areas. Soil and Tillage Research, 105(1), 55–62.

Materechera, S.A., Mloza-Banda, H.R. (1997) Soil penetration resistance, root growth and yield of maize as influenced by tillage system on ridges in Malawi. Soil and Tillage Research Volume 41 (1–2), 13-24 Lilongwe, Malawi

Mazvimavi, Kizito. 2016. Conservation Agriculture Literature Review. Vuna Research Report. Pretoria: Vuna. Online: http://www.vuna-africa.com

Mazzoncini, M., Antichi, D., Di Bene, C., Risaliti, R., Petri, M., & Bonari, E. (2016). Soil carbon and nitrogen changes after 28 years of no-tillage management under Mediterranean conditions. European Journal of Agronomy, 77, 156–165.

Mchunu, C.N., Manson, A. Lorentz, S., Jewitt, G. & Chaplot, V. (2011) 'No-Till Impact on Soil and Soil Organic Carbon Erosion under Crop Residue Scarcity in Africa' Soil Science Society of America Journal, Volume 75, pp 1503-1512

Mendez, M.J. & Buschiazzo, D.E. (2010) 'Wind erosion risk in agricultural soils under different tillage systems in the semiarid Pampas of Argentina' Soil and Tillage Research Volume 106, pp 311-316

Ministério do Meio Ambiente, Brazil (2016) *National Plan for Low Carbon Emission in Agriculture (ABC Plan)* <http://redd.mma.gov.br/en/legal-and-public-policy-framework/national-plan-for-low-carbon-emission-in-agriculture-abc-plan> Accessed May 9th 2019

Mitchell, J. P., Shrestha, A., Mathesius, K., Scow, K. M., Southard, R. J., Haney, R. L., Horwath, W. R. (2017). Cover cropping and no-tillage improve soil health in an arid irrigated cropping system in California’s San Joaquin Valley, USA. Soil and Tillage Research, 165, 325–335.

Naudin, K., Goze, E., Balarabe, O., Giller, K.E., Scopel, E., 2010. Impact of no tillage and mulching practices on cotton production in North Cameroon: a multi-locational on-farm assessment. Soil Till. Res. 108, 68–76.

Prasuhn, V. (2010) On-farm effects of tillage and crops on soil erosion measured over 10 years in Switzerland. Soil and Tillage Research Volume 120, 137-146

*The Nebraska Declaration on Conservation Agriculture*, 2013 https://ispc.cgiar.org/sites/default/files/ISPC\_StrategyTrends\_ConservationAgriculture\_NebraskaDeclaration.pdf Accessed 1st May 2019

Pelosi C, Bertrand M, Roger-Estrade J (2009) Earthworm community inconventional, organic and direct seeding with living mulch croppingsystems. Agron Sustain Dev 29:287–295

Powlson, D.S., Stirling, C.M., Jat, M.L., Gerard, B.G., Palm, C.A., Sanchez, P.A., Cassman, K.G. (2014) 'Limited potential of no-till agriculture for climate change mitigation' Nature Climate Change volume 4, pages 678–683

Santelmann, M., Freemark, K., Sifneos, J., & White, D. (2006). Assessing effects of alternative agricultural practices on wildlife habitat in Iowa, USA. Agriculture, Ecosystems & Environment, 113(1-4), 243–253.

Silici, L., Ndabe, P., Friedrich, T. & Kassam, A. 2011. Harnessing sustainability, resilience and productivity through conservation agriculture: the case of likoti in Lesotho. Int. J. Agri. Sust., 9(1): 1-8.

Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O’Mara, F., Rice, C., Scholes, B., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenkov, V., Schneider, U., Towprayoon, S., Wattenbach, M., Smith, J. (2008) ‘Greenhouse gas mitigation in agriculture’. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 363: 789–813

Stiebert, S., Murphy, D., Dion, J., McFatridge, S. (2012) Kenya’s Climate Change Action Plan: Mitigation - Chapter 3: Agriculture. Climate and Development Knowledge Network

Stout, R. (1961) *Gardening without Work Norton* Devon-Adair Company, New York

Thomas, G., Dalal, R., & Standley, J. (2007). No-till effects on organic matter, pH, cation exchange capacity and nutrient distribution in a Luvisol in the semi-arid subtropics. Soil and Tillage Research, 94(2), 295–304 4

Van Beek, K. R., Brawn, J. D., & Ward, M. P. (2014). Does no-till soybean farming provide any benefits for birds? Agriculture, Ecosystems & Environment, 185, 59–64.

Witmer, G., Sayler, R., Huggins, D., & Capelli, J. (2007). Ecology and management of rodents in no-till agriculture in Washington, USA. Integrative Zoology, 2(3), 154–164.

Zhao, X., Mu, Y., Chen, F. (2012) ‘Economic Benefits of Conservation Tillage and Evaluation of its Subsidies: From the Analysis of the Survey Farmers in Shanxi Province’. Economical Issue, 2: 74-77.

Ashworth, A. J., Allen, F. L., Tyler, D. D., Pote, D. H., & Shipitalo, M. J. (2017). Earthworm populations are affected from long-term crop sequences and bio-covers under no-tillage. Pedobiologia, 60, 27–33.

Bertrand, M., Barot, S., Blouin, M., Whalen, J., de Oliveira, T., Roger-Estrand, J. (2015). Earthworms for Cropping Systems: A Review. Agronomy for Sustainable Development 35(2): 553-567

Bescansa, P., Imaz, M. J., Virto, I., Enrique, A. & Hoogmoed, W. B. (2006). Soil water retention as affected by tillage and residue management in semiarid Spain. Soil & Tillage Research 87, 19–27.

Blanco-Canqui, H., & Ruis, S. J. (2018). No-tillage and soil physical environment. Geoderma, 326, 164–200.

Calonego, J. C., Raphael, J. P. A., Rigon, J. P. G., Oliveira Neto, L. de, & Rosolem, C. A. (2017). Soil compaction management and soybean yields with cover crops under no-till and occasional chiseling. European Journal of Agronomy, 85, 31–37.

Casão Junior, R., Araújo, A.G. de., Llanillo, R.F. (2012) No-till agriculture in Southern Brazil: factors that facilitated the evolution of the system and the development of the mechanization of conservation farming. FAO and Instituto Agronômico do Paraná.

Cheng, K., Zheng, J., Nayak, D., Smith, P., Pan, G. (2013a) ‘Re-evaluating the biophysical and technologically attainable potential of topsoil carbon sequestration in China’s cropland.’ Soil Use and Management, doi: 10.1111/sum.12077

Dean, E. (1971) *Esther Dean's Gardening Book: Growing without Digging* Longman Higher Education

D’Emden, F., Llewellyn, R., Burton, M., (2006) ‘Adoption of conservation tillage in Australian cropping regions: An application of duration analysis’. Technological Forecasting & Social Change, 73: 630–647.

Derpsch, R., Friedrich, T., Kassam, A., Li, H. (2010) ‘Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits’. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 3 (1).

Derpsch, R. A.J., Franzluebbers, A.J., S.W. Duiker, S.W., Reicosky, D.C., Koeller, K., Friedrich, T., Sturny, W.G., Sá, J.C.M., K.Weiss, K. (2014) Why do we need to standardize no-tillage research?Soil and Tillage Research Volume 137, April 2014, Pages 16-22

Devita, P., Dipaolo, E., Fecondo, G., Difonzo, N., & Pisante, M. (2007). No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. Soil and Tillage Research, 92(1-2), 69–78. Foggia & Vasto, Italy

Dowding, Charles (2019a) *No Dig Trial 2013-19* online <https://www.charlesdowding.co.uk/no-dig-trial-2013-2018-current-year-at-top/>  accessed 9th May 2019

Dowding, Charles (2019b) *Lower Farm Trials* online <https://www.charlesdowding.co.uk/lower-farm-trials/> accessed 9th May 2019

Food and Agriculture Organisation of the United Nations.(2013) *Conservation Agriculture principles* <http://www.fao.org/conservation-agriculture/overview/principles-of-ca/en/> accessed 01/04/2019

Fox, C.A., Miller, J., Joschko, M., Drury, C. & Reynolds, W.D. (2017). Earthworm population dynamics as a consequence of long-term and recently imposed tillage in a clay loam soil. Canadian Journal of Soil Science, 97 (4)

Friedrich, T., Derpsch, R. and Kassam, A. Overview of the Global Spread of Conservation Agriculture ch 3 in Sustainable Development of Organic Agriculture Historical Perspectives Edited Etingoff, K.

Fukuoka, M. (1978) *The One-Straw Revolution: An Introduction to Natural Farming* Rodale Press, New York

Grandy, A. S., Robertson, G. P., & Thelen, K. D. (2006). Do Productivity and Environmental Trade-offs Justify Periodically Cultivating No-till Cropping Systems? Agronomy Journal, 98(6), 1377.

Guest, A. (1973) *Gardening Without Digging* Essence of Health Publishing Company

He, J., Li, H., Rasaily, R. G., Wang, Q., Cai, G., Su, Y., Liu, L. (2011). Soil properties and crop yields after 11 years of no tillage farming in wheat–maize cropping system in North China Plain. Soil and Tillage Research, 113(1), 48–54.

He, J., Kuhn, N. J., Zhang, X. M., Zhang, X. R., & Li, H. W. (2009). Effects of 10 years of conservation tillage on soil properties and productivity in the farming-pastoral ecotone of Inner Mongolia, China. Soil Use and Management, 25(2), 201–209.

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

Hui, L., Jin, H., Qingjie, W., Hongwen, L., Sivelli, A., Caiyun, L., Xiangcai, Z. (2013). Effects of Permanent Raised Beds on Soil Chemical Properties in a Wheat-Maize Cropping System. Soil Science, 178(1), 46–53.

Keesstraa, S., Pereirab, P., Novarad,A., Brevike, E.C., Azorin-Molinaf, C., Parras-Alcántarag, L., Jordánh,A., Cerdà, A. (2016) Effects of soil management techniques on soil water erosion in apricot orchards Science of The Total Environment Volumes 551–552, 357-366

King, F.C. (1946) *Is Digging Necessary? The Indore System of Composting* New Times Publishing, Melbourne, Australia

Labrière, N., Locatelli, B., Laumonier, Y., Freycon, V. & Bernoux, M. (2015) Soil erosion in the humid tropics: A systematic quantitative review. Agriculture Ecosystems and Environment 203 127-139 Review of nearly 100 studies

Lindwall, W. and Sonntag, B. (Eds.). (2010) Landscapes Transformed: The History of Conservation Tillage and Direct Seeding. Canada: Knowledge Impact in Society. <https://www.gwct.org.uk/media/841599/Landscapes-Transformed-The-History-of-Conservation-Tillage-and-Direct-Seeding.pdf>, accessed 1st May 2019

Llewellyn, R. and D’Emden, F.H. (2010) ‘Adoption of no-till cropping practices in Australian grain growing regions’. Grains Research and Development Corporation.

Luo, Z., Wang, E. & Sun, O. Can no-tillage stimulate carbon sequestration in agricultural soils? A meta-analysis of paired experiments. Agr. Ecosyst. Environ.139, 224–231 (2010).

Madejón, E., Murillo, J. M., Moreno, F., López, M. V., Arrue, J. L., Alvaro-Fuentes, J., & Cantero, C. (2009). Effect of long-term conservation tillage on soil biochemical properties in Mediterranean Spanish areas. Soil and Tillage Research, 105(1), 55–62.

Materechera, S.A., Mloza-Banda, H.R. (1997) Soil penetration resistance, root growth and yield of maize as influenced by tillage system on ridges in Malawi. Soil and Tillage Research Volume 41 (1–2), 13-24 Lilongwe, Malawi

Mazvimavi, Kizito. 2016. Conservation Agriculture Literature Review. Vuna Research Report. Pretoria: Vuna. Online: http://www.vuna-africa.com

Mazzoncini, M., Antichi, D., Di Bene, C., Risaliti, R., Petri, M., & Bonari, E. (2016). Soil carbon and nitrogen changes after 28 years of no-tillage management under Mediterranean conditions. European Journal of Agronomy, 77, 156–165.

Mchunu, C.N., Manson, A. Lorentz, S., Jewitt, G. & Chaplot, V. (2011) 'No-Till Impact on Soil and Soil Organic Carbon Erosion under Crop Residue Scarcity in Africa' Soil Science Society of America Journal, Volume 75, pp 1503-1512

Mendez, M.J. & Buschiazzo, D.E. (2010) 'Wind erosion risk in agricultural soils under different tillage systems in the semiarid Pampas of Argentina' Soil and Tillage Research Volume 106, pp 311-316

Ministério do Meio Ambiente, Brazil (2016) *National Plan for Low Carbon Emission in Agriculture (ABC Plan)* <http://redd.mma.gov.br/en/legal-and-public-policy-framework/national-plan-for-low-carbon-emission-in-agriculture-abc-plan> Accessed May 9th 2019

Mitchell, J. P., Shrestha, A., Mathesius, K., Scow, K. M., Southard, R. J., Haney, R. L., Horwath, W. R. (2017). Cover cropping and no-tillage improve soil health in an arid irrigated cropping system in California’s San Joaquin Valley, USA. Soil and Tillage Research, 165, 325–335.

Naudin, K., Goze, E., Balarabe, O., Giller, K.E., Scopel, E., 2010. Impact of no tillage and mulching practices on cotton production in North Cameroon: a multi-locational on-farm assessment. Soil Till. Res. 108, 68–76.

Prasuhn, V. (2010) On-farm effects of tillage and crops on soil erosion measured over 10 years in Switzerland. Soil and Tillage Research Volume 120, 137-146

*The Nebraska Declaration on Conservation Agriculture*, 2013 https://ispc.cgiar.org/sites/default/files/ISPC\_StrategyTrends\_ConservationAgriculture\_NebraskaDeclaration.pdf Accessed 1st May 2019

Pelosi C, Bertrand M, Roger-Estrade J (2009) Earthworm community inconventional, organic and direct seeding with living mulch croppingsystems. Agron Sustain Dev 29:287–295

Powlson, D.S., Stirling, C.M., Jat, M.L., Gerard, B.G., Palm, C.A., Sanchez, P.A., Cassman, K.G. (2014) 'Limited potential of no-till agriculture for climate change mitigation' Nature Climate Change volume 4, pages 678–683

Santelmann, M., Freemark, K., Sifneos, J., & White, D. (2006). Assessing effects of alternative agricultural practices on wildlife habitat in Iowa, USA. Agriculture, Ecosystems & Environment, 113(1-4), 243–253.

Silici, L., Ndabe, P., Friedrich, T. & Kassam, A. 2011. Harnessing sustainability, resilience and productivity through conservation agriculture: the case of likoti in Lesotho. Int. J. Agri. Sust., 9(1): 1-8.

Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O’Mara, F., Rice, C., Scholes, B., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenkov, V., Schneider, U., Towprayoon, S., Wattenbach, M., Smith, J. (2008) ‘Greenhouse gas mitigation in agriculture’. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 363: 789–813

Stiebert, S., Murphy, D., Dion, J., McFatridge, S. (2012) Kenya’s Climate Change Action Plan: Mitigation - Chapter 3: Agriculture. Climate and Development Knowledge Network

Stout, R. (1961) *Gardening without Work Norton* Devon-Adair Company, New York

Thomas, G., Dalal, R., & Standley, J. (2007). No-till effects on organic matter, pH, cation exchange capacity and nutrient distribution in a Luvisol in the semi-arid subtropics. Soil and Tillage Research, 94(2), 295–304 4

Van Beek, K. R., Brawn, J. D., & Ward, M. P. (2014). Does no-till soybean farming provide any benefits for birds? Agriculture, Ecosystems & Environment, 185, 59–64.

Witmer, G., Sayler, R., Huggins, D., & Capelli, J. (2007). Ecology and management of rodents in no-till agriculture in Washington, USA. Integrative Zoology, 2(3), 154–164.

Zhao, X., Mu, Y., Chen, F. (2012) ‘Economic Benefits of Conservation Tillage and Evaluation of its Subsidies: From the Analysis of the Survey Farmers in Shanxi Province’. Economical Issue, 2: 74-77.