*Este texto se basa en una revisión bibliográfica de las publicaciones académicas realizada por Chris Warburton Brown, de la Asociación de Permacultura (Gran Bretaña), como parte de nuestro proyecto de colaboración del Observatorio GROW.*

*El Observatorio GROW ha recibido financiación del Programa Marco de Investigación e Innovación Horizonte 2020 en virtud del acuerdo de subvención nº 690199.*

**Revisión bibliográfica de las prácticas de cultivo sin cavar/labranza cero (y agricultura de conservación)**

*Dr. Chris Warburton Brown, mayo de 2019*

Tradicionalmente, los agricultores han practicado la labranza con el arado, mientras que los jardineros han excavado su terreno con la pica. Esto se hacía para producir un buen cultivo, eliminar las malas hierbas, romper los suelos pesados, exponer los patógenos, incorporar el estiércol, aumentar la penetración del agua y facilitar la siembra de las semillas. Sin embargo, en los últimos años, la popularidad de los sistemas de explotación agrícola de labranza cero ha aumentado rápidamente en todos los rincones del planeta. La agricultura de labranza cero es simplemente una forma de cultivar cosechas o pastos sin alterar el suelo.

La literatura científica sobre los sistemas de labranza cero en la actualidad es muy abundante. Esta revisión comenzará con una definición de los términos clave. A continuación, se presentarán los beneficios atribuidos a la labranza cero y se considerarán uno por uno en profundidad. Siempre que sea posible, la atención se centrará en experimentos sobre el terreno. La revisión se centrará posteriormente en las pruebas de la práctica de labranza cero a escala doméstica, denominada horticultura sin cavar.

Definición de la agricultura con labranza cero

*Encabezado: Existe confusión sobre el uso de los términos, ya que estos pueden abarcar prácticas muy diversas. Esto ha provocado cierta inconsistencia en las conclusiones de las investigaciones. La FAO ofrece una definición clara de Agricultura de Conservación: labranza cero combinada con cultivo de cobertura permanente y la diversificación/rotación de los cultivos.*

Los términos «labranza cero» y «sin cavar» se explican por sí mismos. Sin embargo, Derpsch y sus colegas (2014) han expresado sus inquietudes: «si > 50 % de la superficie del suelo se altera... entonces el sistema no puede denominarse labranza cero y debe definirse como labranza con mantillo o de otra forma» (17). Esta confusión ha dado lugar a conclusiones de investigaciones inconsistentes y contradictorias. Reicosky (2015) sostuvo que el término «labranza de conservación» también causa mucha confusión. Cita a Baker et al. (2002), que identificaron 14 nombres diferentes para la labranza reducida. Mannering y Fenster (1983) definen la labranza de conservación como un término amplio utilizado con «cualquier» sistema de labranza y coinciden en que esto ha causado confusión.

Para resolver este desconcierto, la FAO elaboró en 2013 una definición clara de «agricultura de conservación» que va más allá de la labranza cero: (FAO, 2013)

1. **Alteración mecánica mínima del suelo:** Menos del 25 % de la superficie cultivada.
2. **Cobertura orgánica permanente del suelo:** Se distinguen tres categorías: 30-60 %, >60-90 % y >90 % de cobertura del suelo.
3. **Diversificación de especies:** La rotación/asociación debe comprender al menos 3 cultivos diferentes.

Este enfoque considera que los beneficios de la labranza cero, un cultivo de cobertura permanente y la diversificación de especies se refuerzan mutuamente.

En esta revisión, se utilizarán tres términos clave a lo largo de todo el proceso: Labranza cero (LC), Agricultura de conservación (AC) y Labranza tradicional/con arado (LT).

Alcance global de la agricultura con labranza cero y sus beneficios

*Encabezado: En 2009, 111 millones de hectáreas se cultivaban con el método de LC en todo el mundo, con un aumento de 6 millones de hectáreas al año. Los siete beneficios principales que se le atribuyen son la reducción de la erosión del suelo, el aumento de la resistencia a la sequía, el aumento de las poblaciones de lombrices, el aumento de la vida silvestre, el aumento del carbono del suelo, la mejora del rendimiento y la mejora de las propiedades y de la fertilidad del suelo.*

En 2010, Derpsch et al. concluyeron que 111 millones de hectáreas se cultivaban con el método de LC a nivel mundial, con un ritmo de crecimiento de 6 millones de hectáreas al año. Los índices de adopción más rápidos se reflejaban en América del Sur. Lindwall y Sonntag (2010) presentaron un estudio de caso de cómo la LC ha sustituido a la LT como técnica estándar para el cultivo del trigo en Canadá. Derpsch y sus colegas (2017) argumentaron que «la agricultura con labranza cero ofrece... una amplia gama de beneficios económicos, medioambientales y sociales... [y] está permitiendo que la agricultura responda a algunos de los retos globales». La revisión de Holland de más de 200 estudios (2004) sugirió que la LC reduce el consumo de energía, aumenta el secuestro del carbono, mejora la biodiversidad, reduce el anegamiento, la sequía, las escorrentías y la contaminación, desarrolla una rica biota del suelo y mejora el reciclaje de nutrientes. No obstante, Holland subrayó que algunas conclusiones deben tratarse con precaución hasta que puedan verificarse a mayor escala. Grandy et al. (2006) presentaron argumentos basados en investigaciones a favor de una adopción más amplia de la LC permanente, argumentando que los rendimientos a largo plazo pueden ser iguales o superiores a los de la LT y que con el tiempo aumentan la disponibilidad de N y C de las plantas.

Los numerosos beneficios de la LC alegados en la literatura pueden clasificarse en 7 áreas:

1. Reducción de la erosión del suelo
2. Aumento de la resistencia a la sequía
3. Aumento de las poblaciones de lombrices
4. Aumento de las poblaciones de vida silvestre
5. Aumento del carbono del suelo
6. Mejora del rendimiento
7. Mejora de las propiedades y de la fertilidad del suelo

Reducción de la erosión del suelo

*Encabezado: Los estudios experimentales han demostrado sistemáticamente que los suelos con labranza cero junto un cultivo de cobertura permanente presentan una vulnerabilidad muy baja a la erosión causada por el agua y el viento en todas las zonas climáticas.*

Keesstraa y sus colegas (2016) concluyeron que la erosión del suelo en los huertos de albaricoques en Valencia, España era 45,5 veces mayor cuando se trataban con herbicidas que en suelos con labranza cero cubiertos permanentemente. Méndez y Buschiazzo (2010) concluyeron que la erosión del viento era menor en los cultivos de trigo con labranza cero con residuos vegetales en las pampas semiáridas de Argentina. El experimento de Prasuhn (2010) en la meseta suiza fue inusual, ya que cubría una zona geográfica de actuación completa: la pérdida media de suelo en los campos con LC reflejó un orden de magnitud inferior al de los campos arados. Mchunu et al. (2010) evaluaron las pérdidas del suelo de los campos tradicionales de maíz a pequeña escala en Sudáfrica trabajados con LT y LC, con una cobertura de residuos de cultivos del 10 %: el carbono orgánico del suelo de la capa superior fue un 26 % superior con LC y las pérdidas de suelo un 68 % inferiores. Labrière et al. (2015) consideraron los estudios de 21 países tropicales húmedos y llegaron a la conclusión de que la LC por sí sola no es suficiente para evitar una fuerte erosión, pero combinada con la plantación de contorno y los cultivos intercalados puede generar reducciones sustanciales en la pérdida de suelo.

Aumento de la resistencia a la sequía

*Encabezado: Existen pruebas experimentales considerables de que la agricultura de conservación puede estabilizar los rendimientos en años de sequía y en regiones semiáridas. Sin embargo, hay divergencias en cuanto a la base de información y a la medida en que dichas prácticas han sido realmente adoptadas por los pequeños productores en África*

En una revisión realizada por Mazvimavi (2016) se consideraron 100 documentos que cubren la contribución de la AC a la resistencia a la sequía en el África subsahariana (ASS). La AC parece ofrecer una mejor resistencia al cambio climático y la sequía. Sin embargo, los datos que miden los beneficios de la AC en condiciones no experimentales son limitados. Bescansa et al. (2006) concluyeron que la capacidad de agua disponible era mayor con LC en el norte semiárido de España, con rendimientos similares por lo general excepto en el año más seco, en el que se obtuvo una mayor producción con la LC. Esta equivalencia entre los rendimientos de la LC y la LT, pero con mejores rendimientos de la LC en años de sequía, también se detectó en experimentos sobre el trigo duro en Italia (Devita et al. 2007) y sobre el maíz y el trigo en China (He et al. 2011).

Estos resultados fueron rebatidos por Materechera et al. (1997), quienes estudiaron el crecimiento del maíz en los sistemas de cultivo en caballones en Malaui, donde la resistencia a la penetración fue menor con LT y el rendimiento un 5 % superior. Sin embargo, la LC dio lugar a una notable reducción del tiempo de trabajo, con rendimientos del maíz que incluso superaban los 4.000 kg/ha. En 2013, la Declaración de Nebraska sobre Agricultura de Conservación, firmada por 43 científicos de una amplia variedad de disciplinas, realizó una evaluación escéptica de la base de información actual para la AC en el ASS, y solicitó la realización de investigaciones adicionales. Alegaron que había pocas pruebas de la adopción generalizada de la AC por parte de los pequeños agricultores.

Aumento de las poblaciones de lombrices

*Encabezado: Un aspecto investigado en profundidad, con estudios experimentales que confirman una fuerte correlación entre la labranza cero y el aumento de las poblaciones de lombrices, especialmente cuando se combina con el abonado regular con estiércol y un cultivo de cobertura permanente.*

Las lombrices tienen efectos positivos en el desarrollo de la estructura del suelo, la regulación del agua, el ciclo de los nutrientes, la producción primaria, la regulación del clima, la recuperación de la contaminación y los servicios a los cultivos (Bertrand et al 2015). Revisaron 28 estudios de campo y llegaron a la conclusión de que la labranza tiende a reducir las poblaciones de lombrices. Estos hallazgos han sido confirmados por experimentos sobre el terreno en Francia, Ontario y Tennessee. El estudio realizado en Francia (Pelosi et al. 2009) concluyó que la biomasa de lombrices en un sistema de mantillo vivo (LC) era de 3 a 12 veces superior a la de la LT. El estudio llevado a cabo en Ontario (Fox et al. 2017) demostró que la conversión de LT a LC dio lugar a aumentos anuales constantes de las poblaciones de lombrices. El estudio realizado en Tennessee (Ashworth et al. 2017) concluyó que la LC con estiércol de ave y residuos de cultivos era muy beneficiosa para los gusanos, pero añadió una salvedad; con el cultivo continuo de algodón, en el que recurre a un uso intensivo de plaguicidas, las poblaciones de gusanos se redujeron a la mitad.

Aumento de las poblaciones de vida silvestre

*Encabezado: Sorprendentemente se ha realizado escaso trabajo experimental en esta área. Sin embargo, los estudios sugieren un aumento significativo de las poblaciones de vida silvestre en los sistemas de LC en comparación con la LT.*

Van Beek et al. (2014) compararon las comunidades aviares entre la LT y la LC en los campos de soja de Illinois, Estados Unidos: La LC presentaba mayores densidades de aves, densidad de nidificación y valor de conservación. Witmer et al. (2007) midieron las poblaciones de roedores y probaron diferentes métodos de control en Washington, EE.UU.: las poblaciones de ratones eran mucho más elevadas en los campos de LC y pueden acabar con el 5-15 % de las plantas de guisantes. Todos los métodos de control probados resultaron infructuosos. Santlema et al. (2006) crearon modelos de los efectos sobre la biodiversidad en cinco escenarios agrícolas diferentes en Iowa, Estados Unidos. El 'escenario de biodiversidad' incluía un 32 % de labranza de conservación y produjo mayores poblaciones de aves, anfibios, mamíferos nativos y especies raras que el paisaje silvestre preagrícola. Esto sugiere que la agricultura LC es compatible con paisajes de alta biodiversidad.

Aumento del carbono del suelo

*Encabezado: Se han atribuido importantes incrementos en el almacenamiento de carbono del suelo a la LC, con implicaciones significativas para combatir el cambio climático. Sin embargo, estas cifras son controvertidas, debido a los errores metodológicos sugeridos y a los resultados decepcionantes de los estudios experimentales.*

En el *Informe sobre la disparidad en las emisiones 2013* (PNUMA, 2013) se habló mucho del aumento del carbono del suelo con la LC y de la posible mitigación del cambio climático Se informó de que la LC podría contribuir con 500 kg adicionales de carbono orgánico del suelo por hectárea al año, y se citaron los planes nacionales de acción a favor del clima de Brasil (MMA 2016), Kenia (Stiebert et al., 2012) y China (Cheng et al., 2013a), sugiriendo que la labranza cero ya podría estar secuestrando 2 millones de toneladas de CO2e a nivel mundial por año. Sin embargo, estos resultados optimistas fueron cuestionados por Powlson et al. (2014), que citan una gran cantidad de pruebas experimentales con las que demuestran que el carbono orgánico adicional en el suelo con labranza cero es relativamente escaso y se limita a los 10 cm superiores. Están de acuerdo en que la LC es beneficiosa para la calidad del suelo y el cambio climático, pero sostienen que se ha exagerado su papel en la mitigación. Luo et al. (2010) están de acuerdo: su metanálisis de 69 experimentos similares concluyó que la conversión de LT a LC modificó la distribución del C en el perfil del suelo, pero no aumentó el carbono total del suelo.

Rendimiento de los cultivos

*Encabezado: Los estudios experimentales muestran que los rendimientos de la LC son generalmente comparables o ligeramente mejores que los rendimientos de la LT. No se sustenta la afirmación de que los rendimientos de la LC son sistemáticamente más altos. Los rendimientos de la LC tienden a ser superiores en años de sequía.*

En un sistema continuado de trigo duro en Foggia y Vasto, Italia, Devita et al. (2007) observaron que se obtenía un rendimiento mayor con la LC que con la LT en Foggia, y que la calidad era sistemáticamente mayor, mientras que los rendimientos en Vasto eran comparables excepto en el tercer año, en que el la LT obtuvo una producción mayor. En Gaocheng, en el Llanura del Norte de China, He et al. (2011) concluyeron que la LC a largo plazo aumentaba significativamente la materia orgánica del suelo, el N y el P disponibles, con rendimientos medios del trigo y el maíz del 3,5 % y del 1,4 % en el caso de la LC, especialmente en años de sequía. Silici et al. (2011) encuestaron a 229 agricultores en Lesoto. Los agricultores que producían maíz con likoti (una práctica local que utiliza hoyos para el cultivo de la LC) obtenían ganancias, mientras que los que araban sufrían pérdidas. Naudin et al. midieron 662 parcelas en Camerún (2010), en las que los rendimientos del maíz/sorgo eran equivalentes o superiores en AC, pero el rendimiento del algodón era inferior, excepto cuando los sistemas de la LC incluían el mantillo. He et al. (2009) llevaron a cabo un experimento sobre el terreno durante 10 años en Mongolia Interior, China, en el que compararon cuatro sistemas de cultivo de trigo/avena de primavera. Las mayores mejoras en el rendimiento (+14 %) junto con la eficiencia en el uso del agua más sobresaliente (+13,5 %) se lograron mediante LC con cubierta de paja. Calonego et al. (2017) llevaron a cabo un estudio durante 14 años de suelos compactados en Sao Paulo, Brasil, en el que las rotaciones de cultivos de cobertura con raíces vigorosas redujeron la compactación del suelo tan eficazmente como el cultivo mecánico, y dieron lugar a rendimientos equivalentes de soja y sorgo.

Mejora de las propiedades y de la fertilidad del suelo

*Encabezado: Este es el aspecto más estudiado de los sistemas de LC. Estudios experimentales muestran un aumento del agua disponible, del N y el C y una menor compactación del suelo. Los hallazgos sobre la densidad aparente y otras propiedades del suelo varían en función de los estudios.*

Blanco-Canqui et al. (2018) compilaron estudios publicados a nivel mundial sobre el impacto de la LC en el suelo. La LC puede reducir la compactación del suelo y aumentar la estabilidad de los agregados húmedos, la infiltración del agua y el agua disponible. No tuvo efectos consistentes en la temperatura del suelo, la consistencia del suelo, la densidad aparente, la resistencia a la penetración y la resistencia al cizallamiento. La adición de prácticas complementarias (cultivos de cobertura, modificaciones del carbono) puede mejorar el rendimiento de la LC. En Daxing, China, Hui et al. (2013) observaron que el C, el N, el P y el K aumentaron significativamente, y que los rendimientos del trigo y el maíz se incrementaron ligeramente en camas elevadas permanentes de LC de 160 cm de ancho. En la región semiárida y subtropical del sur de Queensland, Australia, Thomas et al. (2007) encontraron escasa diferencia en el carbono del suelo en la profundidad de 10-30 cm, pero significativamente mayor en el C, el N, el P y el K en la profundidad de 0-10 cm con el sistema de LC.

Madejon et al. (2009) estudiaron suelos en Lleida, Zaragoza y Sevilla, España: se detectaron aumentos de materia orgánica y enzimas en el suelo con LC a largo plazo. Mitchell et al. (2017) se centraron en la salud del suelo a largo plazo (15 años) en una rotación de cultivo de tomate y algodón en la zona árida e irrigada de California. La agregación del suelo, la infiltración de agua, el N, el C, la cobertura de residuos y la actividad biológica se vieron incrementadas por la LC y los cultivos de cobertura, con rendimientos similares de los cultivos. Calonego et al. llevaron a cabo un estudio durante 14 años sobre las propiedades físicas del suelo con LC (2017) en Sao Paulo, Brasil, en el que las plantaciones de cultivos de cobertura en rotación con raíces vigorosas redujeron la compactación del suelo de forma tan eficaz como con el cultivo mecánico. Mazzoncini et al. (2016), en un trabajo realizado en San Pieroa Grado, Italia, concluyeron que tras 28 años de LC continuada, el C y el N a una profundidad del suelo de 30 cm aumentaron un 22 % respecto a los valores iniciales, mientras que disminuyeron con la LT de la parcela de control.

Sistemas sin cavar a escala de huerto

*Encabezado: Hay escasez de investigaciones en este ámbito. Sin embargo, el trabajo pionero de larga duración de Charles Dowding sugiere una mayor producción de vegetales en las camas no cavadas que en las camas cavadas. La horticultura urbana cubierta de césped es un sistema de LC muy extendido que apenas se ha investigado.*

La horticultura sin cavar fue introducida en Japón por Masanobu Fukuoka (1978), en el Reino Unido por F. C. King (1946) y A. Guest (1973), en Australia por Esther Dean (1971) y en Estados Unidos por Ruth Stout (1961). Sin embargo, a diferencia de los sistemas de explotación agrícola de LC, se han realizado muy pocos estudios científicos sobre la adopción o los beneficios de la técnica. Una excepción notable es Charles Dowding (2019a, 2019b), quien llevó a cabo un experimento de comparación de rendimientos durante 13 años en Somerset, Reino Unido. Sus hallazgos no han sido revisados ni publicados por pares, pero están disponibles en línea. Dowding utiliza camas elevadas permanentes alimentadas con estiércol agrícola y compost casero, y cultivos de cobertura casi permanentes. En su primer experimento, a lo largo de seis temporadas de cultivos, el rendimiento vegetal de las camas sin cavar superó en un 6,4 % al de las camas cavadas, con un 15 % más de producción de los cultivos de verduras. En su segundo experimento, a lo largo de otras seis temporadas de cultivo, los rendimientos sin cavar superaron en un 10,1 % a las camas cavadas.

Conclusión

Cinco de los siete beneficios atribuidos a las prácticas de LC están sólidamente respaldados por pruebas científicas: reducción de la erosión del suelo, aumento de la resistencia a la sequía, aumento de la población de lombrices, aumento de la vida silvestre y mejora de las propiedades del suelo. La base informativa procede de todos los continentes habitados y de numerosos tipos de suelo y zonas climáticas.

Dos de los beneficios alegados siguen siendo motivo de desacuerdo. Aunque los rendimientos de los cultivos de los sistemas de LC son comparables a los de los sistemas de LT, solo algunos estudios indican un aumento del rendimiento de los sistemas de LC. La LC parece mantener mayores rendimientos en los años sin lluvia y con sequía. Todos los estudios sugieren que la LC aumenta el carbono orgánico del suelo, pero la solidez de este argumento suscita una gran polémica. Debido a la necesidad de secuestrar carbono como parte de la lucha contra el cambio climático, esta incertidumbre debe resolverse mediante nuevas investigaciones.

Una conclusión clara se refiere a los efectos mutuamente potenciadores de la LC, los cultivos de cobertura permanente y la diversidad de los cultivos. Otra práctica sugerida por varios estudios es la adición de fertilizantes ricos en carbono, ya sea estiércol de granja o residuos de cultivos como mantillo. Muchos de los beneficios de la LC resultan marginales sin estas prácticas de apoyo.

No se investiga crónicamente ninguna práctica de horticultura sin cavar. No se puede asumir que los beneficios observados a nivel de campo se reproduzcan a escala de huerto. Es necesario explorar todos los beneficios comprobados de la LC a escala de huerto para comprobar si se transfieren, y establecer qué prácticas funcionan mejor utilizando herramientas manuales y mano de obra humana.

La LC ya está bien consolidada en todo el mundo y se practica en casi todos los países. En algunos países ya es la forma dominante de cultivo agrícola. Esta revisión sugiere que sus beneficios son numerosos, especialmente cuando forma parte de un sistema más amplio de agricultura de conservación, y que solo puede convertirse en una práctica más extendida cuando estos beneficios se conozcan mejor.

Referencias:

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.