

FICHA SmartSOIL AUMENTANDO LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO MEDIANTE UNA MEJOR ROTACIÓN DE CULTIVOS

¿EN QUÉ CONSISTE?

Una rotación de cultivos se define como la siembra secuencial de diferentes cultivos en la misma parcela en el transcurso de varios ciclos de crecimiento. La rotación de cultivos mejorada se refiere a regímenes de rotación de cultivos más específicos, como la alternancia de plantas de raíces profundas y de raíces poco profundas o la alternancia de una serie de cultivos con un periodo de pastizales y la introducción de cultivos de cobertura (ver la ficha de cultivos de cubierta/captura). Estas rotaciones mejoradas pueden beneficiar el suelo agrícola mediante el incremento de la materia orgánica del suelo, la mejora de la fertilidad del suelo y la mejora (en profundidad) de la estructura del suelo. La rotación de cultivos puede ayudar a reaprovisionar el nitrógeno en el suelo, reducir la erosión y aumentar la capacidad de infiltración de agua del suelo. La práctica de la rotación de cultivos también puede proporcionar una técnica sencilla para la gestión y prevención de malas hierbas, plagas y enfermedades que se desarrollan cuando la tierra se cultiva de forma continua con el mismo cultivo (monocultivo).

¿QUÉ BENEFICIOS TIENE?



- Mejorar la entrada de carbono al suelo y mantener o mejorar los niveles de materia orgánica del suelo
- Restaurar la fertilidad del suelo y la estructura del suelo
- Reducir insumos (principalmente fertilizantes minerales) gracias a las leguminosas
- Control de la erosión y gestión del riesgo de inundaciones, malas hierbas, plagas y enfermedades

La calidad del suelo

La calidad del suelo se refiere a los atributos, las funciones y los servicios ecosistémicos asociados a los suelos. La calidad del suelo se puede describir en términos de propiedades químicas, físicas y biológicas. Estas características determinan las funciones de los suelos en términos de suministro de agua y de nutrientes a las plantas, así como de medio físico y biológico para reducir el estrés a los cultivos o las pérdidas por enfermedades y plagas. Por lo tanto, la calidad del suelo contribuye a una amplia gama de servicios ecosistémicos que incluyen el mantenimiento del rendimiento de los cultivos, capacidad de retener agua, el reciclaje de nutrientes, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes.

Mejora de la calidad del suelo y prevención de la erosión y las inundaciones

El monocultivo intensivo durante varios años disminuye drásticamente la materia orgánica del suelo (MOS). La incorporación de cultivos específicos en diferentes patrones de rotación puede ayudar a recuperar los suelos degradados mediante el aumento de la materia orgánica y la retención de carbono⁽¹⁾ en el suelo y, posiblemente fomentar la aparición de más nutrientes. La utilización de una rotación de cultivos adecuada que mejora el MOS y el carbono del suelo, también pueden mejorar y mantener la calidad del suelo y la fertilidad

en el corto y largo plazo, y evitar las pérdidas por erosión o por enfermedades relacionadas con el suelo o los cultivos.

La selección de una rotación de cultivos apropiados para el contexto local dependerá del clima, del tipo de suelo y de los objetivos que se quieran lograr. Por ejemplo, en la región de estudio del caso español, la implementación de una rotación de cultivos está en parte enfocada a mejorar la gestión del agua debido a la escasez de agua de la zona. Por lo tanto, el diseño de la rotación de cultivos será diferente para cada región, así como los costes

Tabla de co-beneficios

Tipo de beneficio	Efecto				Tipo de efecto
	Grassland legume-based	Grassland non-legume-based	Grain legumes	Lucerne	
Fomenta la biodiversidad	+	+	+	+	Aumenta carbono en el suelo y en algunos casos el contenido de nutrientes y mejora la estructura del suelo. Añade más biomasa al suelo y mejora la actividad microbiana y de las lombrices para mejorar la fertilidad y la porosidad en las capas de suelo (más profundas).
Control de la erosión	+	+	+	+	La eliminación de los monocultivos herbáceos mejora la estructura del suelo y reduce los períodos de suelo desnudo, disminuyendo la erosión. La rotación de cultivos actúa como un estabilizador natural del suelo, proporcionando una cubierta, sobre todo si el suelo es normalmente dejado al descubierto.
Previene la lixiviación (N, P)	+/-	0	+/-	+/-	La siembra de cultivos de rotación que evita los suelos desnudos, puede mejorar la captura de nutrientes por los cultivos y prevenir que los nutrientes se pierdan en el suelo o en las aguas subterráneas. El aumento del contenido de nutrientes como resultado de la incorporación de cultivos fijadores de N puede aumentar la lixiviación y la escorrentía si se aplica más fertilizante, pero al disminuir la necesidad de la aplicación de fertilizantes minerales, pueden reducir el exceso de escorrentía y lixiviación.
Reducción de las emisiones del suelo (óxido nitroso y amoníaco)	+/-	0	+/-	+/-	Depende del tipo de cultivos. Ciertos cultivos, como la alfalfa, el trébol o la colza, absorben y almacenan nitrógeno en el suelo.
Fomenta la biodiversidad sobre el suelo	+	+	+	+	Increases rate of humus production and reduces soil compaction. Diverse fauna can have positive effects on natural pest control and surface carbon availability.

Leyenda: ++ efecto positivo máximo, + efecto positivo, 0 no efecto, - efecto negativo, -- efecto negativo máximo

para implementarla. El número de años de la rotación puede variar drásticamente, por ejemplo muchos de los agricultores de la región de estudio escocesa utilizan rotaciones de cultivo de siete años.

Ejemplos de rotaciones de cultivos eficaces:

Italia – región de Toscana (ver los Casos de Estudio Reales en el SmartSoil Toolbox)

- suelo arcilloso: trigo, girasol, maíz o soja, con la soja precedida por veza (*Vicia sativa*)
- suelo arcilloso pesado: trigo, girasol y trébol (el trébol ayuda a prevenir las enfermedades relacionadas con la siembra repetida de girasoles)
- suelo arenoso: trigo duro, colza y trigo blando

Dinamarca – región de Sjælland (ver los Casos de Estudio Reales en el SmartSoil Toolbox)

- suelo arcilla-limo: cebada de primavera durante 4 años con pasto sembrado debajo, cebada de primavera, y trigo de invierno
- suelo arcilla-limo: cebada de primavera, trébol, 2 años de pasto, cebada de primavera, trigo de invierno

Reducción de los insumos

Dependiendo del tipo de rotación de cultivos, las mejoras en la tasa de producción de humus del suelo y la concentración de nutrientes esenciales pueden reducir la cantidad adicional de fertilizante mineral que se necesita. Cultivar leguminosas antes de un cereal añade nitrógeno al suelo que puede ser absorbido por el cultivo siguiente. Como resultado, la compra de fertilizantes adicionales se puede reducir, lo que produce un ahorro de costes.

Potencial para mejorar el rendimiento

Especialmente donde el suelo es pobre, degradado o dejado al descubierto, la incorporación de leguminosas en

la rotación de cultivos ofrece una alternativa económica a la compra y aplicación de fertilizantes minerales y ayuda a mejorar la MOS y el COS, aumentando la productividad del suelo y el rendimiento de los cultivos. Las mejoras en la calidad del suelo y la productividad del suelo debido a la rotación de cultivos, han demostrado capacidad para estimular las tasas de germinación y crecimiento de los cultivos, lo que resulta en mejoras del rendimiento. Entre los casos de estudio de SmartSOIL se observó que los agricultores de España de trigo en rotación con leguminosas, registraron aumentos en sus rendimientos de trigo entre 32 y 46%. Sin embargo, no es probable obtener mejoras significativas en los rendimientos como resultado de la rotación de cultivos en el corto plazo. Los beneficios de la rotación de cultivos en el rendimiento son más probables en el largo plazo, aunque no está plenamente demostrado. Ver en la tabla siguiente las estimaciones del impacto del rendimiento con la aplicación de rotación de cultivos.

Carbono orgánico del suelo (COS) en materia orgánica del suelo (MOS)

MOS está compuesta de los residuos de las plantas y los microorganismos que descomponen y transforman los materiales orgánicos. Este proceso de descomposición produce o modifica MOS y aumenta los stocks de COS del suelo. El proceso que elimina el dióxido de carbono de la atmósfera y añade carbono al suelo (a través de la fotosíntesis de la planta y la descomposición y transformación), se denomina sustrato de carbono del suelo. La cantidad de COS adquirida depende de la localización (debido al clima), la productividad y el tipo de cultivo, la cantidad de raíces, los residuos de cultivos y el manejo de suelos.

Más carbono beneficia a la formación de la estructura del suelo (agregados estables) y da como resultado: una mejor aireación, una mayor disponibilidad de agua, densidad aparente inferior, friabilidad y mejor drenaje. Esto a su vez ayuda a mejorar la capacidad de trabajo del suelo, reduce la compactación del suelo y mejora la capacidad de infiltración, lo que reduce la escorrentía y la erosión.

DIFICULTADES

La implementación puede interesar si la rotación de cultivos proporciona una mayor disponibilidad de nutrientes para el cultivo siguiente. Si las leguminosas se incorporan en la rotación, el balance de nitrógeno disponible en el suelo puede exceder a las necesidades y filtrarse desde la zona de la raíz antes de que las plantas sean capaces de absorberlo. Esto es particularmente un riesgo si los cultivos de leguminosas dentro de la rotación se incorporan durante el otoño en vez del invierno.⁽²⁾

La rotación de cultivos requiere más experiencia y planificación que el monocultivo en términos de seleccionar secuencias de cultivos eficaces y garantizar el control de nutrientes y malas hierbas a las diferentes necesidades de los cultivos. El objetivo de la rotación de cultivos es mejorar la productividad de todo el sistema mediante cultivos en una serie que maximiza la fertilidad del suelo y los beneficios de nutrientes. Por lo tanto, las decisiones sobre que cultivar no dependen de los precios de los cultivos ya que esto incentivaría la siembra repetitiva.

Relación entre MOS/COS, fertilizante N y agua

Los fertilizantes N y el riego pueden ayudar a mejorar la acumulación de MOS (COS) mediante un aumento de la productividad del cultivo (aumento materia orgánica al suelo principalmente a través de más biomasa de raíces y residuos de cultivos). La magnitud del efecto depende de tener un manejo adecuado (elección de la labranza, el sistema, la rotación de cultivos), el tipo de suelo, la calidad de los residuos y en la respuesta al tiempo y el clima. En particular,

la fertilización puede ayudar a acumular MOS en suelos con bajos niveles de MOS y en suelos mal drenados. La gestión eficiente de N es importante y puede conducir a la reducción de emisiones por unidad de producto. Sin embargo, el riego combinado con la fertilización o el riego a destiempo puede aumentar las emisiones, en particular de N₂O, y las pérdidas de N requieren de fertilizantes adicionales más adelante.

¿CUÁL ES EL COSTE?

Costes de implementación y ahorros

Tipo de costes	Descripción de los costes	Región					
		Dinamarca media (€/ha)	Italia media (€/ha)	Hungría media (€/ha)	Reino Unido media (€/ha)	Polonia media (€/ha)	España media (€/ha)
Costes de inversión	La adopción de nuevos tipos de cultivo puede requerir la inversión en nueva maquinaria o el uso de servicios	0	0	0	0	45.10	0
Costes de operaciones		0	0	0	0	33.80	0
Otros costes		0	0	0	0	0	0
Ahorros y aumento de rendimientos	Evitar o reducir la compra de fertilizantes minerales, plaguicidas y herbicidas	-47.70	-33.10	-18.70	-80.2	-54.5	-33.20
Total		-47.70	-33.10	-18.70	-80.2	24.40	-33.20

Cálculos basados en datos de la UE (FADN, Smart- SOIL case studies, Natural Water Retention Measures project, 2014)

Impacto en el margen bruto

En general, los márgenes brutos aumentarán principalmente debido al ahorro de costes de aplicar menos fertilizante mineral. Además, los cultivos incluidos en la rotación deben ser rentables. El margen bruto puede cambiar de acuerdo a una serie de factores locales, incluyendo el tipo de rotación de cultivos aplicada, la variación en la reducción de fertilizantes minerales (así como pesticidas y herbicidas) y los costes asociados con la implementación. Es importante señalar que las estimaciones de la tabla anterior son generales para las regiones de casos de estudio y pueden variar según el diseño específico de la rotación de cultivos. Además, si se seleccionan cultivos que necesitan un equipo nuevo o diferente que debe ser comprado o contratado, los costes

pueden reducir el alcance de los ahorros que la rotación de cultivos puede proporcionar.

Aumentos a corto plazo en el margen bruto también se complementan con las mejoras en la materia orgánica del suelo a largo plazo y los posibles aumentos del rendimiento. En la determinación de los valores promedio de la UE, los impactos de margen bruto dependen de los escenarios de rendimiento altos, medios o bajos considerados. El rango de los resultados muestra que la práctica de rotación de cultivos con leguminosas puede aumentar el margen bruto entre 76,90 y 80,70 €/ha, y en promedio se estima que el margen bruto se incrementará en 78,90 €/ha.

¿QUÉ OPINAN LOS AGRICULTORES?

Agricultor de Sureste de Escocia, Reino Unido

Explotación: Explotación mixta (cultivos, ganado ovino y ganado vacuno estabulado)

Tamaño de explotación: 214 ha

BROACHRIGG

“ Yo quería mejorar la materia orgánica del suelo y la estructura del suelo... Quería adelantar la fecha de siembra tanto como fuera posible y sólo podía hacerlo mediante el uso de la rotación y el laboreo mínimo.

¿Cuánto tiempo ha sido agricultor?

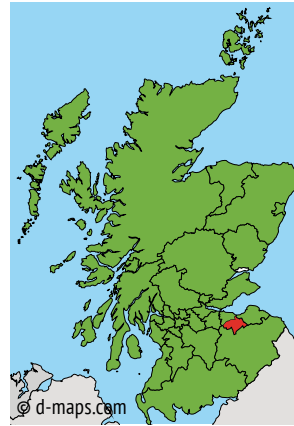
He sido agricultor desde que terminé la universidad en 1999. Alquilé la explotación de Broachrigg hace dos años, aunque he estado cultivando partes de esta explotación previamente. La calidad de los suelos calcáreos era muy pobre cuando me hice cargo de la explotación, por ejemplo no había reincorporación de paja. Como resultado, algunos campos tenían muy poca materia orgánica.

¿Cómo incorporó las rotaciones de cultivos en su explotación?

La rotación actual incluye colza oleaginosa de invierno, avena de invierno, trigo de invierno, cebada de primavera y judías de primavera. Si hay un segundo trigo en la rotación, esto se mezcla con triticale para absorber nutrientes. El centeno de invierno se planea con el objetivo de cosechar temprano para dar tiempo a incorporar el estiércol en el suelo y la siembra temprana del cultivo siguiente. Los cultivos cubiertos se cultivan ya que nuestro objetivo es tener cultivos en el suelo la mayor parte del tiempo, por ejemplo la colza oleaginosa de invierno se siembra con un cultivo de cobertura de veza.

¿Por qué decidió implementar la rotación de cultivos?

Yo quería mejorar la materia orgánica del suelo y la estructura del suelo ya que la falta de mantenimiento había debilitado el suelo y la estructura se había deteriorado.



Quería adelantar la fecha de siembra tanto como fuera posible y sólo podía hacerlo mediante el uso de la rotación y el laboreo mínimo.

¿A qué retos se ha enfrentado en el uso de la rotación de cultivos?

Las fechas de la siembra de los cultivos de invierno son más tempranas lo que es mejor. Sin embargo, la siembra es más tardía para los cultivos de primavera (ya que el terreno necesita calentarse) y esto hace que sea más difícil. Todavía estamos aprendiendo sobre cómo lidiar con los cultivos cubiertos antes de los cultivos de primavera ya que dejar éstos en crecimiento puede retener demasiada humedad en el suelo.

¿Qué consejo les daría a otros agricultores sobre el uso de esta práctica?

Que tiene que hacer sus deberes y ser honesto acerca de sus errores. Visitar otras explotaciones y hablar con otros agricultores acerca de sus experiencias.

Lecciones aprendidas

- La rotación de cultivos tiene muchas sinergias con otras prácticas, incluyendo el laboreo mínimo y la gestión de residuos
- Beneficios significativos en la materia orgánica del suelo, la estructura y el control de malas hierbas cuando se usa con laboreo mínimo
- Consultar a su asesor para elegir la secuencia de rotación que se adapte a su objetivo sobre el carbono del suelo, el tipo de suelo y el clima

REFERENCIAS

- (1) West, T. O., & Post, W. M. (2002). Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation. *Soil Science Society of America Journal*, 66(6), 1930–1946.
- (2) Möller, K., Stinner, W., Leithold, G. (2008) Growth, composition, biological N₂ fixation and nutrient uptake of a leguminous cover crop mixture and the effect of their removal on field nitrogen balances and nitrate leaching risk. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 82: 233–249.

Para más información sobre la implementación de estas prácticas, sus beneficios, y los datos económicos, por favor ver los Casos de Estudio Reales en el SmartSOIL toolbox:

<http://smartsoil.eu/smartsoil-toolbox/about/>