

## Crops association in horticulture to increase agricultural productivity and ecosystem services

## Asociación de cultivos en horticultura para incrementar la productividad agraria y los servicios ecosistémicos

M. Marcos\*, R. Zornoza, V. Sanchez

Grupo de Gestión, Aprovechamiento y Recuperación de Suelos y Agua, Departamento de Ingeniería Agronómica, ETSIA, Universidad Politécnica de Cartagena, Paseo Alfonso XIII, 48, 30203 Cartagena. Spain.

\*mariano.marcos@upct.es

### **Abstract**

The proposed research study has the objective to assess the effect of different combinations and patterns of intercropping between vegetables from the Mediterranean basin of Spain, such as broccoli in winter (*Brassica oleracea italica*) and melon in summer (*Cucumis melon*), and legume species such as fava bean in winter (*Vicia faba*) and cowpea in summer (*Vigna unguiculata*), with incorporation of crop residues as green manure, reduction of the tillage depth and reduction in the use of external inputs in the crop yield, agro-ecosystem productivity, incidence of pests and release of ecosystem services (biodiversity, soil quality and carbon sequestration). This will be done during three crop cycles, evaluating the combinations with highest facilitation and complementarity between the species. For this purpose, individual crops of broccoli and melon will be compared in systems intercropped with fava bean and cowpea, assessing the effect of row intercropping (1:1 and 2:1) and mix intercropping. At the end of each cycle yield, land equivalent ratio and crop quality will be recorded. A soil sampling will be also performed at the end of each cycle to check if intercropping contributes to increase nutrients, improve soil structure and carbon sequestration.

**Keywords:** intercropping; production; carbon sequestration; fertility; biodiversity; soil quality.

### **Resumen**

El proyecto de investigación propuesto tiene como objetivo evaluar el efecto de diferentes combinaciones y patrones de cultivos simultáneos asociados entre cultivos hortícolas típicos de la cuenca mediterránea española como es el brócoli en invierno (*Brassica oleracea italica*) y el melón en verano (*Cucumis melo*) y especies leguminosas como el haba en invierno (*Vicia faba*) y el judía de careta en verano (*Vigna unguiculata*), con incorporación de los residuos vegetales como abono verde, la reducción de la profundidad del arado y la reducción en el uso de insumos externos en el rendimiento de las cosechas, la producción general del agro-ecosistema, la incidencia de plagas y los servicios ecosistémicos (biodiversidad, calidad de suelo y secuestro de carbono) durante tres ciclos de cultivo, determinando las combinaciones con mayor facilitación y complementariedad entre las especies utilizadas. Para ello se van a comparar cultivos individuales de brócoli o melón con sus asociaciones con haba y caupí en filas alternas 1:1, filas alternas 2:1 o mezclado en la misma fila. Al final de cada ciclo se determinará la producción, la relación equivalente del terreno y la calidad de la cosecha.

**Palabras clave:** cultivos simultáneos; producción; secuestro de carbono; fertilidad; biodiversidad; calidad edáfica.

## 1. INTRODUCCIÓN

La reciente intensificación de la agricultura basada en monocultivos, la intensa mecanización y el uso excesivo de insumos externos ha conducido a un incremento del rendimiento de los cultivos en España y en Europa, pero también ha conducido a la degradación de los suelos, contaminación de las aguas, reducción de la biodiversidad, incremento en la incidencia de enfermedades y plagas y a un descenso en la sostenibilidad de los sistemas agrarios a largo plazo, con el asociado riesgo económico para los agricultores (1). Como consecuencia, la principal necesidad de la horticultura moderna es afrontar dos retos que parecen contradictorios, como es producir alimentos con incrementos en la productividad de los agro-ecosistemas y la minimización del impacto ambiental negativo asociado a los actuales sistemas de producción (2). Además, el incremento de la productividad del agro-ecosistema asociado con un descenso de los costes de producción y costes ambientales podría contribuir a un crecimiento del sector agrícola a través de la adaptación a nuevos sistemas de cultivo diversificado (3).

La asociación de cultivos o uso de cultivos simultáneos es una práctica de diversificación en la que se hacen crecer dos o más cultivos simultáneamente en la misma área (3). El uso de asociaciones de cultivos, si está correctamente planteada, ha conducido a una producción combinada por unidad de área mayor que los monocultivos (rendimiento relativo total y relación equivalente del terreno (LER) > 1). Esto se debe a que el uso de cultivos simultáneos puede incrementar la resistencia y resiliencia del agro-ecosistema a las perturbaciones (sequía, inundación, enfermedad, pestes, disponibilidad de nutrientes, contaminación) (4) mediante la complementariedad en el uso de recursos entre las especies y procesos de facilitación interespecífica (5).

El uso de asociaciones de cultivos con diferentes requerimientos nutricionales en el tiempo y en el espacio ha servido para reducir el uso de fertilizantes externos, ya que se ha observado un incremento en la actividad microbiana que favorece la solubilización de nutrientes como el potasio, el calcio o el hierro que estaban precipitados (6,7). Por otro lado, cuanto mayor es la diversidad en las asociaciones de cultivos, más compleja y diversa es la estructura microbiana e invertebrada edáfica y mayor es la tasa de mineralización y solubilización de nutrientes (8).

Aunque el uso de rotaciones en agricultura es bastante extensivo en la literatura científica como sistema de cultivo diversificado, las asociaciones de cultivos simultáneos no han sido ampliamente estudiadas debido a su mayor complejidad. La mayor parte de estudios encontrados sobre asociaciones de cultivos simultáneos en cultivos anuales versan sobre la mezcla de cereal y leguminosas (3,6,7,9,10), pero muy pocos sobre las interacciones entre diferentes cultivos simultáneos hortícolas (11,12). Además, la mayor parte de asociaciones de cultivos en horticultura se basan en el uso de cubiertas sin ningún aprovechamiento económico, solo como beneficio ambiental. En este sentido, aún hay poco conocimiento sobre los mecanismos de complementariedad y facilitación entre asociaciones de cultivos aprovechables económicamente en horticultura para incrementar la productividad, y los servicios ecosistémicos, y reducir la incidencia de plagas.

El objetivo general de la tesis es evaluar el efecto de diferentes combinaciones y patrones de cultivos asociados entre cultivos hortícolas típicos de la cuenca mediterránea española como es el brócoli en invierno (*Brassica oleracea italica*) y el melón en verano (*Cucumis melo*) y especies leguminosas como el haba en invierno (*Vicia faba*) y el caupí en verano (*Vigna unguiculata*), con incorporación de los residuos vegetales como abono verde, la reducción del arado a 15-20 cm de profundidad y la reducción en el uso de insumos externos en el rendimiento de las cosechas, la producción general del agro-ecosistema, la incidencia de plagas y los servicios ecosistémicos (biodiversidad, calidad y fertilidad de suelo y secuestro de carbono) durante tres ciclos de cultivo, determinando las combinaciones con mayor facilitación y complementariedad entre las especies utilizadas. Es necesario replicar el experimento durante al menos tres ciclos de cultivo porque los

cambios en el suelo y la biodiversidad no son rápidos, y se necesitan varios ciclos para tener resultados concluyentes.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

Este proyecto se llevará a cabo en la finca Tomás Ferro de la UPCT en Cartagena. Se compararán los monocultivos de las especies de verano (melón-caupí) e invierno (brócoli-haba) con sus diferentes sistemas de cultivo asociado: cultivo asociado en filas 1:1 (hortícola:leguminosa), cultivo asociado en filas 2:1 (hortícola:leguminosa) y cultivos alternados en la misma fila (mix). Tanto el monocultivo como los sistemas asociados cuentan con tres repeticiones y cada repetición se establece en una parcela de 120 m<sup>2</sup>. La densidad de siembra varía según el sistema de cultivo y tipo de cultivo. Se ha realizado un 30 % de disminución en la tasa de fertilización nitrogenada en los sistemas asociados para evaluar el efecto positivo de la asociación de la especie leguminosa para reducir el uso de fertilizantes externos. Se van a estudiar estas combinaciones durante tres ciclos de cultivo. Se va a realizar un seguimiento de la incidencia de enfermedades y plagas para ver si hay algún efecto de la asociación de cultivos. Además, cuando la leguminosa esté en flor, se muestrearán al azar diferentes plantas por parcela para evaluar la fijación biológica de nitrógeno mediante el método de N<sup>15</sup> de abundancia natural. Además, se determinará la producción de cada especie y diferentes indicadores de calidad de la cosecha como contenido de proteínas y peso kernel en las legumbres, o grados brix en el melón. Tras la cosecha se realizará un muestreo de suelo, tomando tres muestras compuestas por parcela al azar a dos profundidades (0-10 cm y 10-30 cm), donde se analizarán diferentes propiedades físicas, químicas y microbiológicas. Además, durante cada ciclo de cultivo se realizará un seguimiento semanal de las emisiones de gases de efecto invernadero mediante el método de la cámara dinámica.

## **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados esperados son que el uso de la asociación de cultivos en horticultura con leguminosas con prácticas de manejo sostenibles basadas en la incorporación de los residuos vegetales como abono verde, la reducción del arado a 15 cm de profundidad y la reducción del uso de fertilizantes al fomentar la fijación biológica de N y la solubilización y mineralización de nutrientes en el suelo, incremente la resiliencia del sistema agrario, la productividad general del agro-ecosistema y su sostenibilidad mediante la reducción en la incidencia de plagas, el incremento de la calidad y fertilidad de suelo, el secuestro de carbono en el suelo y la biodiversidad microbiana, faunística y vegetal. La producción por unidad de área del sistema con asociación de cultivos deberá ser mayor que la producción de cada cultivo por separado, dependiendo de los patrones de combinación de los cultivos asociados, ya que debe maximizarse la facilitación y complementariedad entre las especies y minimizar la competencia. Todo ello asociado a la mitigación del cambio climático con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero directamente desde el suelo, e indirectamente por la reducción del uso de fertilizantes nitrogenados.

## **4. CONCLUSIONES**

Con este trabajo de investigación se espera obtener una alternativa viable para una producción sostenible de hortalizas mediante el uso de sistemas de cultivos asociados, que aumente el rendimiento y la calidad de la cosecha, que reduzca la incidencia de plagas a través del aumento de la biodiversidad de la entomofauna, que aumente la biodiversidad microbiana, así

como su fertilidad y estructura. Además, esta estrategia se espera que ayude a mitigar la emisión de gases de efecto invernadero.

## 5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto AsociaHortus [AGL2017-83975-R] del Ministerio de Ciencia Innovación y Universidades. Mariano Marcos Pérez agradece la financiación del Ministerio de Ciencia Innovación y Universidades a través de las ayudas para contratos predoctorales para la formación de doctores 2018 [PRE2018-085702].

## 6. REFERENCIAS

1. Joint Research Centre (JRC). The state of the soil in Europe. European Commission, Luxemburgo. 2012. [https://www.google.es/search?source=hp&ei=2JGyXvy\\_Osq6kgXZ9JWwCA&q=Joint+Research+Centre+%28JRC%29%2C+2012.+The+state+of+the+soil+in+Europe.+European+Commission%2C+Luxemburgo.&oq=Joint+Research+Centre+%28JRC%29%2C+2012.+The+state+of+the+soil+in+Europe.+European+Commission%2C+Luxemburgo.&gs\\_lcp=CgZwc3ktYWIQA1CsA1isA2CkCWgAcAB4AIABaYgBaZIBAzAuMZgBAKABAqABAaoB B2d3cy13aXo&scient=psy-ab&ved=0ahUKewj8i90PhJ\\_pAhVKnaQKHVl6BYYQ4dUDCAg&uact=5](https://www.google.es/search?source=hp&ei=2JGyXvy_Osq6kgXZ9JWwCA&q=Joint+Research+Centre+%28JRC%29%2C+2012.+The+state+of+the+soil+in+Europe.+European+Commission%2C+Luxemburgo.&oq=Joint+Research+Centre+%28JRC%29%2C+2012.+The+state+of+the+soil+in+Europe.+European+Commission%2C+Luxemburgo.&gs_lcp=CgZwc3ktYWIQA1CsA1isA2CkCWgAcAB4AIABaYgBaZIBAzAuMZgBAKABAqABAaoB B2d3cy13aXo&scient=psy-ab&ved=0ahUKewj8i90PhJ_pAhVKnaQKHVl6BYYQ4dUDCAg&uact=5)
2. Duhamel M, Vandenkoornhuysen P. Sustainable agriculture: Possible trajectories from mutualistic symbiosis and plant neodomestication. *Trends Plant Sci.* 2013;18(11):597–600.
3. Mao LL, Zhang LZ, Zhang SP, Evers JB, van der Werf W, Wang JJ, et al. Resource use efficiency, ecological intensification and sustainability of intercropping systems. *J Integr Agric.* 2015;14(8):1542–50.
4. Lin BB. Resilience in Agriculture through Crop Diversification: Adaptive Management for Environmental Change. *Bioscience.* 2011;61(3):183–93.
5. Franco JG, King SR, Masabni JG, Volder A. Plant functional diversity improves short-term yields in a low-input intercropping system. *Agric Ecosyst Environ.* 2015;203:1–10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2015.01.018>
6. Latati M, Bargaz A, Belarbi B, Lazali M, Benlahrech S, Tellah S, et al. The intercropping common bean with maize improves the rhizobial efficiency, resource use and grain yield under low phosphorus availability. *Eur J Agron.* 2016;72:80–90. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2015.09.015>
7. Łukowiak R, Grzebisz W, Sassenrath GF. New insights into phosphorus management in agriculture - A crop rotation approach. *Sci Total Environ.* 2016;542:1062–77.
8. Njeru EM, Avio L, Bocci G, Sbrana C, Turrini A, Bärberi P, et al. Contrasting effects of cover crops on 'hot spot' arbuscular mycorrhizal fungal communities in organic tomato. *Biol Fertil Soils.* 2015;51(2):151–66.
9. Hijri I, Sýkorová Z, Oehl F, Ineichen K, Mäder P, Wiemken A, et al. Communities of arbuscular mycorrhizal fungi in arable soils are not necessarily low in diversity. *Mol Ecol.* 2006;15(8):2277–89.
10. Jiao H, Chen Y, Lin X, Liu R. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in greenhouse soils continuously planted to watermelon in North China. *Mycorrhiza.* 2011;21(8):681–8.
11. Yildirim E, Guvenc I. Intercropping based on cauliflower: More productive, profitable and highly sustainable. *Eur J Agron.* 2005;22(1):11–8.
12. Demir H, Polat E. Effects of broccoli-crispy salad intercropping on yield and quality under greenhouse conditions. *African J Agric Res.* 2011;6(17):4116–21.