

Energy consumption and greenhouse gas emissions of two lettuce production systems

Análisis energético y de emisiones de gases de efecto invernadero de dos sistemas de producción de lechuga

M.A. Martínez-Maté*, B. Martín-Górriz, J.F. Maestre-Valero

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Universidad Politécnica de Cartagena. Paseo Alfonso XIII, 48. 30203 Cartagena, España.

*miguelmartinezmate@gmail.com

Abstract

Climate change is making itself felt in some regions of the Mediterranean basin as water availability is under continuous decrease. Farming sustainability depends on improving water and energy use efficiencies by using innovative agricultural technologies. This study quantifies the energy consumption and greenhouse gas (GHG) emissions associated to two lettuce production systems, conventional soil cultivation (SC) and nutrient film technique (NFT). The implementation of NFT significantly increased annual energy consumption and GHG emissions by 5.6 and 2.2 times, respectively. However, annual yield was also increased by 4.8 times in NFT production. Therefore, specific energy consumptions were similar for SC (3.61 MJ kg⁻¹) and NFT (4.23 MJ kg⁻¹) production, while specific GHG emissions were notably lower for NFT production (0.11 kg CO_{2eq} kg⁻¹) compared with SC production (0.23 kg CO_{2eq} kg⁻¹).

Keywords: Nutrient film technique; carbon footprint; water-energy productivity; fertigation.

Resumen

El cambio climático se está haciendo sentir en algunas regiones de la cuenca del Mediterráneo, ya que la disponibilidad de agua se encuentra en continua reducción. La sostenibilidad de la agricultura depende del uso de tecnologías agrícolas innovadoras que permitan la mejora de la eficiencia en el uso del agua y la energía en los cultivos. Este estudio cuantificó el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociados a dos sistemas productivos de lechuga, cultivo convencional en suelo (CS) y nutrient film technique (NFT). La implementación de NFT aumentó significativamente el consumo anual de energía y las emisiones de GEI en 5,6 y 2,2 veces, respectivamente. Sin embargo, el rendimiento anual también se incrementó 4,8 veces en NFT. Por lo tanto, los consumos específicos de energía fueron similares para la producción de CS (3,61 MJ kg⁻¹) y de NFT (4,23 MJ kg⁻¹), mientras que las emisiones específicas de GEI fueron notablemente menores en NFT (0,11 kg CO_{2eq} kg⁻¹) en comparación con CS (0,23 kg CO_{2eq} kg⁻¹).

Palabras clave: Huella de carbono; productividad agua-energía; fertirrigación.

1. INTRODUCCIÓN

El sureste (SE) de España es una de las regiones con mayor déficit hídrico en Europa (EU); déficit estructural de 400 hm³ por año [1]. En esta región el consumo agrícola representa más del 80% de los recursos hídricos. A pesar de este gran déficit, se desarrolla una agricultura muy productiva e intensiva cuyas consecuencias ambientales son la sobreexplotación y contaminación por nitratos de acuíferos.

El uso de tecnologías agrícolas innovadoras como el cultivo hidropónico, y más concretamente el Nutrient Film Technique (NFT), que permite recircular el agua aplicada a las plantas y reducir las consecuencias ambientales, es una alternativa para mantener la agricultura en estas regiones.

Este estudio evaluó el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de un cultivo de lechuga analizando dos sistemas de cultivo diferentes: cultivo convencional en suelo (CS) y NFT.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Cuenca del Segura. Se han elegido dos unidades funcionales: 1 kg de lechuga y 1 ha de cultivo. Se han considerado los siguientes insumos: mano de obra, diésel y maquinaria, material vegetal, electricidad para riego, embalse y sistema de riego, fertilizantes y pesticidas.

A partir de los datos de valores de insumos necesarios para el cultivo de lechuga en ambos sistemas de producción se realizó la valoración energética de los mismos y posteriormente las emisiones GEI asociadas.

El consumo de energía se dividió en energía directa e indirecta. El uso directo de energía correspondió a la labor humana, la electricidad y el diésel. El uso indirecto abarcó el material consumido en fabricar fertilizantes, los plaguicidas, material vegetal, sistema de riego y sistema hidropónico. Las equivalencias utilizadas para transformar los inputs y outputs del cultivo en unidades energéticas se obtuvieron de Martín-Górriz et al. [2].

La evaluación de las emisiones de GEI se estructuró en tres grandes grupos: (i) emisiones debidas al uso de combustibles fósiles y electricidad; (ii) emisiones debidas a la producción, el transporte, el almacenamiento y la aplicación de químicos agrícolas; y (iii) emisiones de NO₂ por fertilizantes nitrogenados, siguiendo la metodología propuesta por Lal [3]. Las emisiones de GEI se determinaron multiplicando la tasa de aplicación de insumos empleados por su correspondiente factor de emisión [2].

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La energía anual total necesaria en el cultivo NFT fue 5,6 veces mayor que en el cultivo CS (1.039.319 MJ ha-año⁻¹ frente a 184.900 MJ ha-año⁻¹). En el cultivo CS la mayor parte del consumo de energía se atribuyó a material vegetal (33,5%), resultado similar al observado por Bojaca et al. [4] en cultivos en Bogotá. La electricidad para el riego, el diésel y el equipamiento del sistema de riego representaron un 24,7%, 13,4% y 10,2%, respectivamente (Figura 1).

En NFT, el consumo de energía se debió principalmente a la electricidad del riego (41,1%), seguido del material vegetal (28,6%), el sistema hidropónico (13,8%) y los fertilizantes (13,3%) (Figura 1). La electricidad para el riego se asoció fundamentalmente al funcionamiento continuo de las bombas de riego. Una alternativa para reducir significativamente el consumo de energía es por lo tanto la utilización de tecnologías alternativas como el uso de placas solares fotovoltaicas [5].

En el sistema NFT, la productividad del agua fue 2,63 veces mayor (NFT; 36,37 kg m⁻³) que en el cultivo CS (13,82 kg m⁻³).

La energía específica en NFT y CS fue 4,23 MJ kg⁻¹ y 3,61 MJ kg⁻¹, respectivamente (Figura 2). La eficiencia en el uso de la energía fue similar en ambos sistemas; 0,14 y 0,17, respectivamente (Figura 3).

Las emisiones totales anuales de GEI producidas en el sistema NFT (25,724 kg de CO_{2eq} ha⁻¹ año⁻¹) doblaron las observadas en CS (11,760 kg de CO_{2eq} ha⁻¹ año⁻¹). Sin embargo, las emisiones específicas de GEI fueron menores en el caso del cultivo NFT (0,11 kg CO_{2eq} kg⁻¹) que en cultivo CS (0,23 kg CO_{2eq} kg⁻¹) (Figura 4).

En CS las mayores emisiones se debieron al sistema de riego por goteo (40,1%), seguido del nitrógeno para fertilización (16%), el equipamiento de riego (15,8%) y el diésel (15,6%) (Figura 4). Del mismo modo, en NFT las mayores emisiones se asociaron por el sistema de riego hidropónico (40,3%), seguido de la electricidad para el riego (29%) (Figura 4). Esto se debió a la gran infraestructura que requiere un sistema NFT y el funcionamiento continuo de las bombas.

4. CONCLUSIONES

Las conclusiones extraídas del presente estudio son:

- La tecnología agrícola mejora la productividad del agua.
- El sistema NFT requiere un consumo específico de energía similar que CS para el cultivo de lechuga.
- El sistema NFT produce menos emisiones específicas de GEI que CS.
- La implementación de sistemas NFT en lugar de CS permite una agricultura sostenible desde el punto de vista energético y medioambiental.

5. REFERENCIAS

[1] CHS. 2015. Confederación Hidrográfica de la Cuenca del Segura. 2015. Plan Hidrológico de la Demarcación del Segura 2015-2021. Murcia, Spain. Pp 762.

[2] Martín-Górriz B., Soto-García M., Martínez-Alvárez V. 2014. Energy and greenhouse-gas emissions in irrigated agriculture of SE (southeast) Spain. Effects of alternative water supply scenarios. *Energy* 77: 478–488.

[3] Lal R. Carbon emission from farm operations. 2004. *Environ. Int.* 30: 981–990.

[4] Bojaca C.R., Schrevels E. 2010. Energy assessment of peri-urban horticulture and its uncertainty: case study for Bogota, Colombia. *Energy*: 35(5):2109–2118.

[5] Rothwell A., Ridoutt B., Page G., Bellotti W. 2016. Environmental performance of local food: trade-offs and implications for climate resilience in a developed city. *J. Clean Prod.* 114: 420–430.

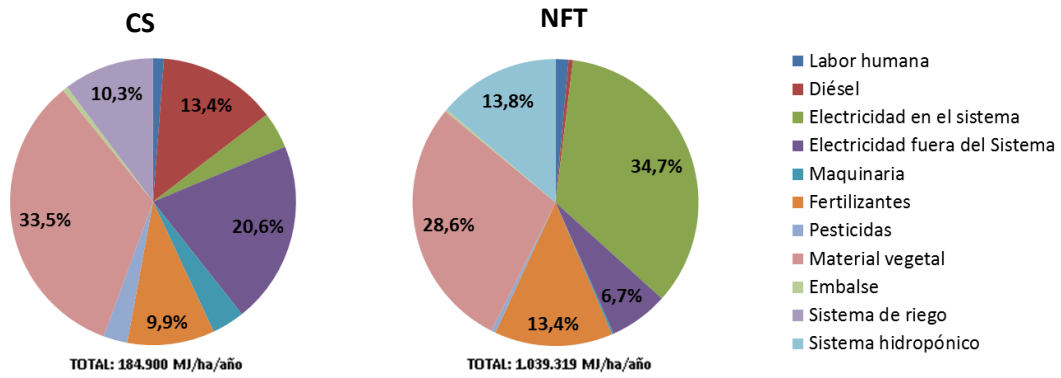


Figura 1. Consumo de energía específico por categorías en el sistema CS y NFT.

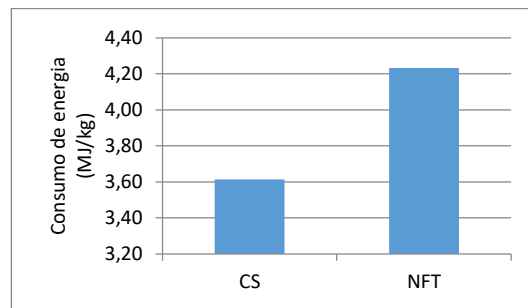


Figura 2. Consumo anual de energía en sistema CS y NFT.

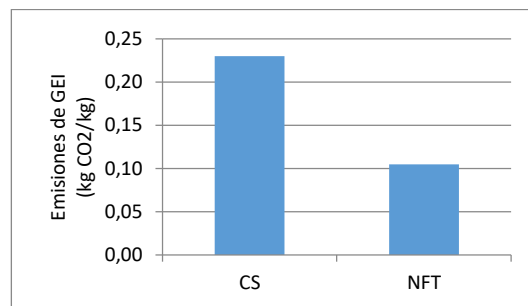


Figura 3. Emisiones específicas de GEI en sistema CS y NFT.

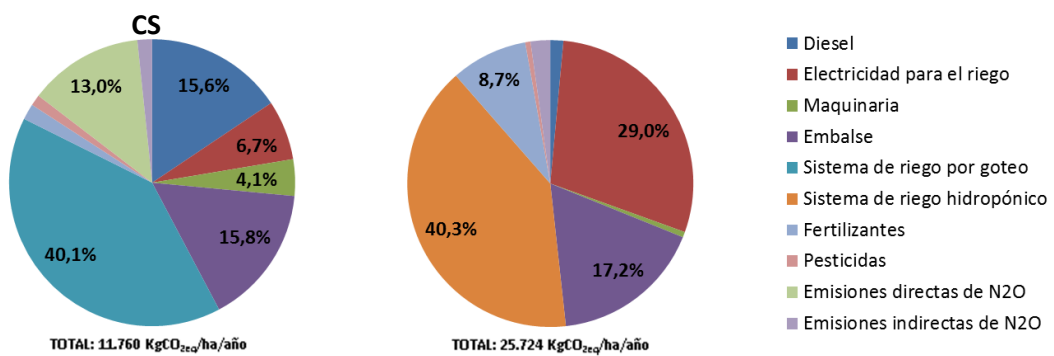


Figura 4. Emisiones de GEI por categorías en el sistema NFT.