

EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA POR LAS PLANTAS

Hipólito Medrano, Josefina Bota, Josep Cifre, Jaume Flexas, Miquel Ribas-Carbó y
Javier Gulías

Grup de Biologia de les plantes en condicions mediterrànies
Departament de Biologia
Universitat de les Illes Balears- IMEDEA

RESUMEN

La disponibilidad de agua es el principal factor limitante de la producción agrícola y ganadera en ambientes de clima mediterráneo. Limitación que, ante las previsiones de Cambio Climático Global realizadas por organismo internacionales, serán mucho mayores en los próximos años. En este escenario, la eficiencia en el uso de los recursos hídricos debe ser un aspecto transversal de las políticas públicas que debe, por tanto, ser afrontado desde diversos puntos de vista. En este sentido, uno de los temas claves a considerar es la eficiencia con la que las plantas usan el agua. El objetivo de este trabajo es hacer una revisión de los diferentes aspectos relacionados con este tema, considerando las diferentes escalas a las que se estudia la eficiencia en el uso del agua por las plantas (EUA), desde la hoja hasta el cultivo o el ecosistema. Así, se abordan las dificultades técnicas que existen para medir, de una forma precisa, la EUA de un cultivo o de un ecosistema, la importancia del ambiente y de las prácticas agronómicas como determinantes de la EUA, la diversidad genética inter e intraespecífica, y las implicaciones prácticas de estos factores a la hora de incrementar la EUA.

Palabras clave: Agricultura, Clima Mediterráneo, Déficit hídrico, Eficiencia en el uso del agua, Fotosíntesis, Transpiración.

ABSTRACT

Water availability is the most important limiting factor in plant and animal production under Mediterranean conditions. In a Global Climate Change scenario, this limitation will be even greater in the following years, according to the International Institutions predictions. In this sense, the efficiency of water resources utilization should be a key point of public policies that must be discussed from different points of view. One of these is Plant Water Use Efficiency (WUE). The objective of this paper is to review the different aspects related to WUE, considering the approach levels, from leaf to crop or ecosystem. The technical difficulties to measure accurately WUE at crop or ecosystem level, the environment and agronomical practices importance in WUE determination, the

inter and intraspecific plant genetic diversity, as well as the practical implications of each factor to increase WUE are discussed.

Key words: Agricultura, Mediterranean Climate, Photosynthesis, Transpiration, Water deficit, Water Use Efficiency.

1. Introducción

El agua es un recurso natural imprescindible, del que cada vez se requiere un mayor consumo en las poblaciones urbanas y que cada vez resulta más escaso. En la cultura mediterránea, la dificultad de abastecimiento ha generado formas de abastecimiento y consumo que primaba la economía y previsión, toda una cultura de la economía del agua que en cierta forma languidece frente a la preponderancia del modo de vida urbano respecto al rural. Sin embargo, las limitaciones de disponibilidad están afectando cada vez más a toda la población por lo que la economía en la red de abastecimiento, distribución, y sobretudo en los hábitos de consumo está cada vez más presente en nuestra sociedad.

Esta situación hace que el gasto de agua en la agricultura, que supone entre el 50 y el 80% del agua disponible (tabla 1), se mire como un «exceso» desde ciertos ámbitos, ignorando que ese consumo se dedica a producir los alimentos que la sociedad urbana necesita consumir y que, por tanto, acaba siendo también una necesidad de la población en general.

En este sentido, la economía en el uso del agua en sistemas agrícolas constituye una prioridad fundamental dada su fuerte repercusión en el monto total de agua utilizada. Sin embargo, la producción agrícola, por exigencias de la economía de mercado, necesita cada vez más asegurar unos rendimientos mínimos para ser una actividad viable, y el riego se hace cada vez más imprescindible para obtener una producción más regular y predecible

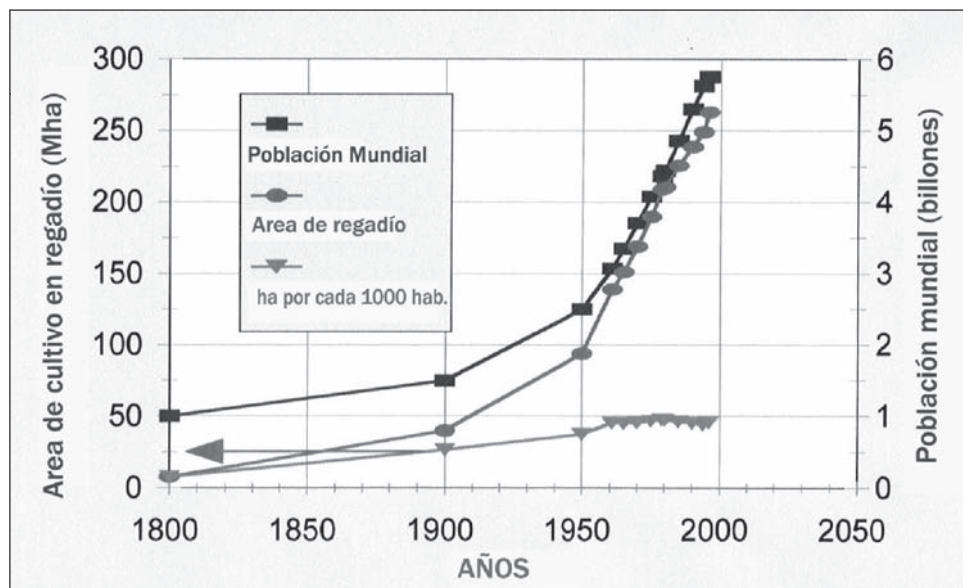


FIGURA 1. Tendencias mundiales en la superficie cultivada en regadío y población.

de los cultivos. De esta forma, en el mediterráneo, incluso en cultivos tradicionalmente de «secano», como el olivo, el almendro, la vid etc., se implanta el riego como una necesidad para la rentabilidad de las explotaciones agrícolas. En las últimas décadas, la producción agrícola mundial ha aumentado en paralelo a los aumentos de población sin apenas aumentar la superficie cultivada (probablemente muy cercana al máximo disponible). El incremento de producción global de alimentos viene totalmente ligado al incremento de la superficie regada, y esta tendencia «universal» se mantiene o se acentúa en los últimos años (figura 1).

Afortunadamente, cada vez hay más conocimientos y tecnologías disponibles que ayudan a incrementar la eficiencia en el uso del agua en la agricultura y así, en nuestro país, el incremento registrado en la superficie de regadío declarada en los últimos años se ha hecho compatible con una reducción global de la cantidad de agua utilizada por la agricultura. La explicación está en que en la mayor parte de las nuevas áreas de riego se ha establecido el riego localizado, por goteo o aspersión, sistemas mucho más eficientes, y en cultivos, que en buena parte tienen un consumo unitario mucho más bajo que los cultivos hortícolas.

Mejorar la producción vegetal es compatible con la economía del agua, pero esto requiere más conocimientos y tecnología que debemos desarrollar para hacer más sostenible la producción de alimentos y el abastecimiento de las poblaciones. En el esquema (figura 2) se reseñan un conjunto de vías, desde los incentivos institucionales hasta la implantación de riegos de alta precisión, que permiten incrementar sensiblemente la economía del agua en los sistemas agrícolas.

La contribución de nuestro grupo de investigación a este empeño se centra en el incremento de los conocimientos sobre la ecofisiología de eficiencia del uso del agua por las plantas, de las necesidades de agua en procesos claves para la producción como la fotosíntesis, y en delimitar hasta qué punto es posible incrementar la eficiencia en el uso del agua por las plantas. Esto exige conocer mucho mejor los procesos claves para la producción, el peso de las variaciones climáticas y edáficas sobre la eficiencia de estos procesos y también identificar especies y variedades con mayor eficiencia de cara a la obtención de nuevas variedades de mayor eficiencia en el uso del agua.

Tabla 1
USOS DEL AGUA EN DIFERENTES ZONAS DEL MUNDO (1990)

	Agricultura %	Doméstico %	Industria %	Total Km ³ /año	Requerimientos m ³ /habitante/año
África	88	7	5	144	245
Asia	86	6	8	1531	519
Ex USSR	65	7	28	358	1280
Europa	33	13	54	359	713
América N y Central	49	9	42	697	1861
Oceania	34	64	2	23	905
Sudamérica	59	19	23	133	478
Mundo	69	8	23	3240	644

Fuente: Worl Resources Institute, 1994.

Figura 2

VÍAS DE ACTUACIÓN PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA

OPCIONES PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA POR LAS PLANTAS

1. Institucional: Educación y formación; Infraestructuras de captación y suministro, Incentivos legales y multas
2. Implantación de sistemas de cultivo y de riego para optimizar el control del agua aplicada.
3. Manejo del suelo orientado a incrementar la EUA (introducción de residuos, coberturas). Estrategias de ordenación de cultivos, rotaciones, marcos de plantación.
4. Introducción de especies y variedades de mayor EUA.
5. Aplicación de calendarios y dosis de riego orientados a incrementar la EUA. Riego deficitario controlado. Agricultura de la precisión

2. Recursos hídricos y producción vegetal

La producción de nueva biomasa en cualquier cultivo o comunidad vegetal está fuertemente determinada por la cantidad de agua disponible en el suelo. Esto resulta evidente a la simple observación del paisaje natural y lo es mucho más cuando se cuantifica la producción anual (cosecha o biomasa acumulada en g/ha) y el agua utilizada (en m³/ha). Como muestra la figura 3a, esta relación se cumple cuando comparamos precipitación anual y producción en diferentes biomas, a pesar de la fuerte interferencia de otros factores limitantes como la temperatura, la disponibilidad de nutrientes o las horas de luz, así como de las dificultades de estimación de la producción de biomasa en determinados biomas, la relación resulta evidente a escala global. Cuando la comparación se hace para una única especie y en diferentes regímenes de disponibilidad hídrica, el ajuste de la producción a la disponibilidad de agua es muy superior, de forma que la cosecha queda totalmente determinada por el agua utilizada (figura 3b).

La razón está en que el proceso base de la producción de nueva biomasa (la fotosíntesis) y el del gasto de agua (transpiración) se producen a la vez, y la entrada del dióxido de carbono y la salida del agua utilizan la misma vía, los estomas en las hojas. Cuanto más abiertos están, más fácilmente entra el CO₂ pero también más rápidamente se escapa el agua. El precio, el agua gastada para la producción biomasa, es por tanto inevitable y alto. La producción de biomasa sin agua es imposible para las plantas. La cuestión está en conocer más sobre si se trata de un coste único, si varía con el tipo de planta, si depende de las condiciones ambientales, etc. Este tema ha sido motivo de estudio desde finales del siglo XIX y principios del XX por agrónomos que establecieron las necesidades de agua de diferentes cultivos y sus variaciones en función de las condiciones ambientales (tabla 2). Producir un gramo de biomasa supone gastar entre 100 y 1000 g de agua y el valor exacto depende tanto del tipo de planta como de las condiciones ambientales. La causa de que algunos cultivos presentan menores requerimientos hídricos por kilo de cosecha (caña de azúcar, maíz, sorgo) se esclareció en los años 60 por fisiólogos que demostraron que estas especies disponían de una vía de fotosíntesis de mayor rendimiento (fotosíntesis C₄), y abrió planteamientos nuevos sobre la capacidad de mejorar la economía hídrica de las plantas aumentando la eficiencia de los procesos fotosintéticos.

Tabla 2
 EFICIENCIAS DE LA TRANSPIRACIÓN (EE_B , g biomasa kg^{-1} agua)
 DE VARIOS CULTIVOS

Especie	Núm. de observaciones	EE_B
<i>C4 gramíneas</i>		
Mijo	10	3,75
Sorgo	10	3,29
Pasto del Sudán	5	2,63
Maíz	33	2,76
<i>C3 gramíneas</i>		
Cebada	12	1,93
Trigo	37	1,87
Centeno	6	1,58
Avena	18	1,72
Arroz	2	1,47
<i>C3 cultivos</i>		
Colza	1	1,62
Patata	6	1,74
Algodón	6	1,76
<i>C3 leguminosas</i>		
Trébol rojo	1	1,43
Arveja	3	1,70
Trébol dulce	2	1,37
Guisante	2	1,34
Alfalfa	13	1,33

Fuente: Datos originales de Shantz & Piemeisel (1927).

La comprensión de los procesos fisiológicos que determinan los flujos de agua en las plantas permite plantear la cuestión de la eficiencia en el uso del agua como un problema de control gastos (agua) respecto de los ingresos en que, en primer lugar, hay que tener en cuenta las variaciones de la disponibilidad y de la necesidad de agua. La disponibilidad de agua en el suelo depende de los ingresos (lluvia, nieve, corrientes subterráneas, riego), de la capacidad de almacenamiento del suelo (proporción de elementos grueso, potencia, y porosidad del suelo) y de la densidad y profundidad del sistema radicular de la planta, que determina el volumen de suelo utilizado respecto del total. Así, la extensión del sistema radicular es un factor determinante de la disponibilidad real de agua, «el depósito de reserva»