

Comparación de ambos cultivos basándose en datos comarcales de Cataluña y en años de experimentación

¿Es la cebada consistentemente más productiva que el trigo en condiciones de secano?

En regiones de secano mediterráneo los agricultores tienen el convencimiento de que la cebada se encuentra mejor adaptada a situaciones de estrés que el trigo. En consecuencia su monocultivo predomina en muchas zonas de la región, particularmente las semiáridas. Dicho monocultivo lleva asociado problemas como el control de algunas malas hierbas y pérdidas en las eficiencias de uso de los recursos.

Aunque este supuesto de mejor comportamiento de la cebada es ampliamente aceptado, no hay muchos experimentos de comparación directa de estos cereales en la región mediterránea española. En este artículo presentamos una comparación del cultivo de cebada con los de trigo, tanto en rendimiento como en captura y eficiencia de uso de agua y nitrógeno bajo condiciones mediterráneas.

C. Mariano Cossani¹, Gustavo A. Slafer^{1,2} y Roxana Savin¹.

¹Departamento de Producción Vegetal y Ciencia Forestal. Universitat de Lleida.

²ICREA (Institución Catalana de Investigación y Estudios Avanzados).

La agricultura de secano constituye una de las principales actividades agrícolas dentro de la cuenca mediterránea siendo la producción de cereales invierno-primavera uno de los principales usos de la tierra. En dicha región, el cultivo de cereales enfrenta generalmente situaciones de estrés hídrico y térmico. Las condiciones adversas de disponibilidad hídrica son determinadas tanto por una errática distribución y cantidad de las lluvias anuales como también por períodos de altas temperaturas que coinciden con las etapas más avanzadas del cultivo afectando de esta manera a su rendimiento final en grano^[1].

En los últimos años se ha demostrado que la fertilización nitrogenada puede producir au-

mentos de rendimiento en grano en ambientes de bajos rendimientos en zonas mediterráneas, indicando que el nitrógeno es un nutriente que se encuentra limitando, conjuntamente con la disponibilidad hídrica, los rendimientos de los cultivos agrícolas en estos ambientes^[2,3]. El avance en el conocimiento y comprensión de cómo los cultivos de cereales utilizan los recursos (tanto agua como nitrógeno) es clave para lograr disminuir los riesgos agrícolas de los productores de dichas zonas, aumentando sus rendimientos evitando ineficiencias en el sistema productivo que a posteriori se ven reflejadas en efectos medioambientales como la contaminación de capas freáticas y ríos.

Dos claros ejemplos de cómo estas condiciones adversas y de riesgo influyen sobre los agroecosistemas son la distribución actual del uso de la tierra y el manejo de la fertilización por los productores agrícolas. Dentro de la región del sur de Europa, el patrón de uso de la tierra en condiciones de secano se encuentra fuertemente determinado por la suma de precipitaciones anuales, destinándose las zonas

más secas (precipitaciones menores a 250 mm anuales) a sistemas agrícolas simples basados en el monocultivo de cebada mientras que a medida que las precipitaciones aumentan el monocultivo de cebada es parcialmente reemplazado por sistemas agrícolas más complejos y mixtos en los cuales la cebada tiende a ser reemplazada por el trigo duro o harinero (según la importancia de cada uno de éstos en la región específica) que se rotan con cultivos como legumbres^[4,5].

¿Por qué se prefiere la cebada al trigo en el secano?

Este patrón de uso de la tierra, la preferencia de cebada sobre trigo en condiciones de secano y en particular el monocultivo de cebada en condiciones de secano semiárido, se encuentra basado en el convencimiento generalizado de una mejor adaptación del cultivo de cebada a las condiciones de sequía y estrés térmico terminal, en comparación con el cultivo de trigo.

Las bases de dicha convicción se encuentran, entre otras cosas, en la precocidad de la cebada con respecto al trigo, lo que le permitiría escapar a estreses más severos, así como al mayor vigor inicial de la cebada, lo que propiciaría un uso más eficiente del agua para el cultivo en condiciones de limitación hídrica con respecto al trigo^[6].

Sin embargo, en la literatura científica es difícil encontrar artículos que reporten evidencias de ventajas claras de un cultivo sobre el otro en ambientes mediterráneos en general y en condiciones de secano español en particular. Más aún, en los pocos trabajos de comparaciones directas de trigo y cebada en otras regiones mediterráneas (como en Australia) los resultados distan de confirmar una clara supremacía de la cebada sobre el trigo en condiciones estresantes de crecimiento^[7].

Basándonos en esta falta de evidencias empíricas que demuestren una ventaja de la cebada sobre el trigo en condiciones de secano, se utilizaron dos fuentes de información diferente para hacer el análisis necesario. La primera consistió en información de la productividad de ambos cultivos a nivel comarcal en Cataluña, con el objetivo de tener una primera evidencia de si era o no valioso hacer una serie de experimentos que permitan analizar la situación de modo más directo. La segunda consistió de una serie de experimentos (cinco ensayos) realizados en campos utilizando los recursos típicos de los agricultores de la región de Agramunt (Cataluña), una típica condición de agricultura extensiva en secano de España. En ambos casos se compararon los rendimientos de cebada y trigo y en los experimentos se determinó, además, de modo comparativo el uso de los recursos (agua y nitrógeno) y las eficiencias de uso de los mismos bajo diferentes condiciones de disponibilidad de agua y nitrógeno. Es importante



Uno de los ensayos llevados a cabo en la localidad de Agramunt (NE Cataluña) donde se observan parcelas de cebada, trigo harinero y trigo duro en estado de post-floración.

destacar que en esta región el monocultivo de cebada es lo que predomina y que los campos se encontraban en una zona de secano por lo que el riego se debió realizar mediante un sistema de riego por goteo y transportando el agua hasta los experimentos con una cuba.

Resultados de los ensayos

Análisis comarcal

El análisis comarcal se llevó a cabo para el período comprendido entre los años 1992 y 2004 en base a las estadísticas de la Generalitat de Cataluña. Este primer análisis solo sirvió como referencia general para justificar la necesidad de realizar experimentos específicos.

Los resultados de los análisis comarcales para Cataluña mostraron que los rendimientos de cebada y de trigo varían a lo largo de los años dependiendo de las condiciones climáticas pero no se puede observar una clara

evidencia de que en aquellos años de bajos rendimientos la cebada obtenga una ventaja en términos de rendimiento con respecto al trigo (**figura 1**). Se observa para aquellos años con rendimientos por debajo de 3 t ha^{-1} que en algunos casos los rendimientos son superiores para el cultivo de trigo que para el de cebada y viceversa.

Experimentación en campos de agricultores

Se realizaron cinco experimentos, conducidos en campos de agricultores, cuyos detalles están disponibles en las publicaciones científicas derivadas del proyecto^[8-10]. Recapitulando lo más relevante de estos experimentos de modo breve, el **cuadro I** presenta las condiciones generales de los mismos.

En todos los ensayos se utilizó un único cultivar de cebada (Sunrise), trigo duro (Claudio) y trigo harinero (Soissons) eligiéndose cultivares representativos de cada cultivo según las preferencias de los agricultores de la región (al inicio de los experimentos) o según el comportamiento consistentemente bueno en redes comparativas de rendimiento (en el caso de trigo duro que no se cultiva de modo amplio en Cataluña y por ende no hay posibilidad de conocer cuáles serían las preferencias de los agricultores). Las combinaciones de disponibilidad hídrica, nitrogenada y cultivos evaluados se encuentran detalladas en el **cuadro I**.

Las diferentes condiciones de disponibi-

En lo que refiere a la eficiencia en el uso del agua, el cultivo de cebada

tuvo similar EUA que el trigo en aquellos casos con rendimientos bajos (menores a 3 t ha^{-1}), mientras que la EUA de cebada fue mayor que la de trigo en años con rendimientos relativamente altos

dad de recursos a las que se expusieron a los cultivos conjuntamente con las diferencias interanuales de condiciones meteorológicas generaron una variabilidad de rendimiento de menos de 1 hasta 10 t ha⁻¹ en los experimentos realizados. En algunos casos se observó un mayor rendimiento para el cultivo de trigo y en otros para el de cebada sin existir un patrón de ventaja clara e inequívoca para uno de los dos cultivos. Especialmente, bajo aquellas condiciones que generaron mayor intensidad de estrés (y rendimientos más bajos), los rendimientos de cebada fueron similares a los de trigo tanto duro como harinero (figura 2).

Los datos de las redes experimentales para otras regiones de Cataluña^[11-14] donde se encontraron los mismos cultivares de trigo harinero y cebada tampoco evidenciaron una superioridad del cultivo de cebada sobre el cultivo de trigo en condiciones de bajo rendimiento concordando con los datos obtenidos en nuestros propios experimentos (triángulos en figura 3).

En todos los experimentos y para los cultivos de trigo harinero, trigo duro y cebada se observó un aumento de rendimiento a medida que las disponibilidades de nitrógeno y agua fueron superiores. Sin embargo, la respuesta no fue la misma y dependió de los niveles iniciales de nitrógeno así como también de la cantidad y distribución de la disponibilidad hídrica.

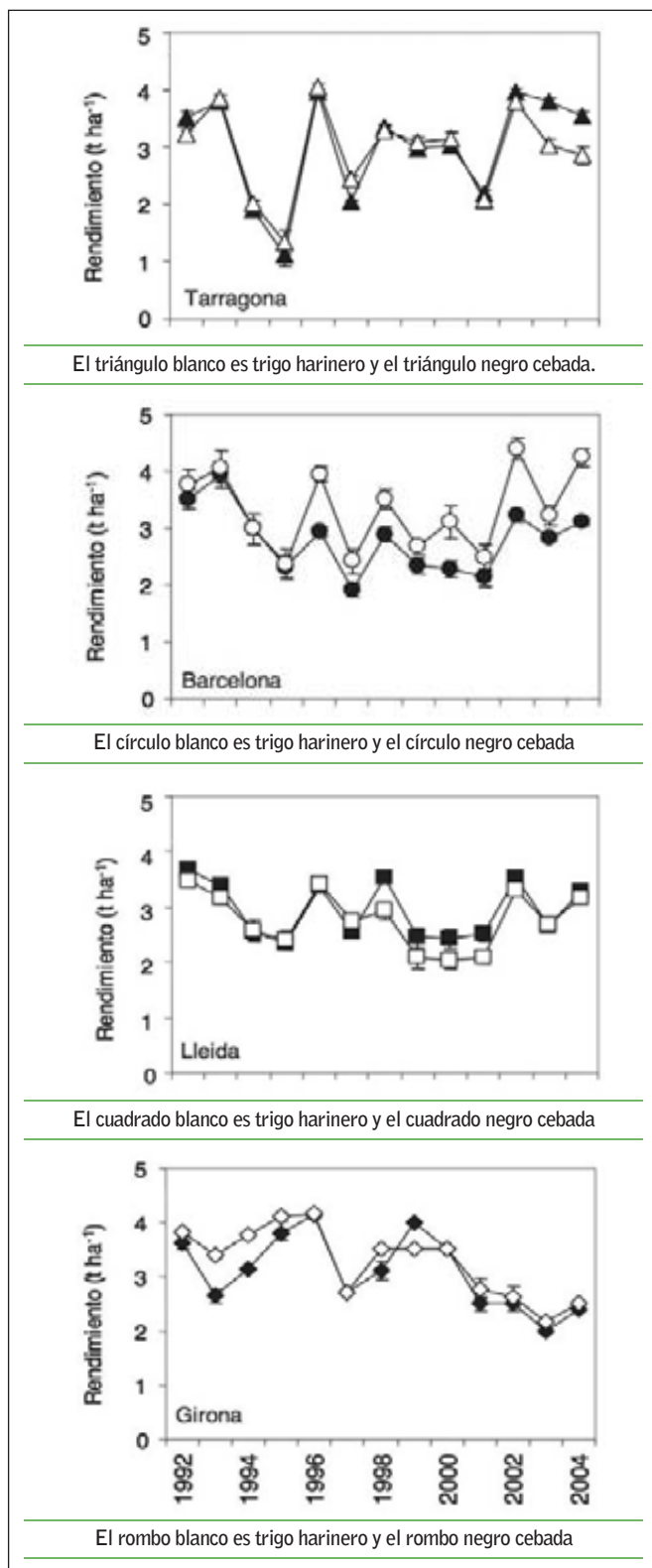
La mayor disponibilidad hídrica y los mayores niveles de fertilización nitrogenada permitieron absorber mayores cantidades de nitrógeno por los cultivos, que se tradujeron en mayores rendimientos.

Utilización y eficiencia de uso de agua y nitrógeno

En cuanto al uso de los recursos, ambos trigos y la cebada utilizaron cantidades similares (expresado como consumo de agua

FIGURA 1

Rendimiento en grano para los cultivos de cebada y trigo harinero para las cuatro provincias de Cataluña (promedio de los rendimientos de cada comarca dentro de cada provincia) durante el período 1992-2004.



total) en todos los experimentos excepto en un año en el cual el trigo (harinero y duro) consumió más agua que la cebada. En dicho caso excepcional, la cantidad de agua aportada conjuntamente por las precipitaciones y el riego (en las parcelas regadas) excedió los 600 mm durante la estación de crecimiento. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en el uso del agua entre el trigo harinero y la cebada en experimentos en los que el rendimiento promedio de los cultivos de secano no excedió 1,5 t ha⁻¹ (campaña 2004/05) y la cantidad de agua aportada por las precipitaciones fue de 160 mm. Similares resultados se encontraron para el caso del trigo duro y la cebada, cuando éstos fueron expuestos a condiciones más estresantes de las habitualmente exploradas por los cultivos (siembra tardía, exp. V) y en los cuales el rendimiento promedio de trigo duro fue de 3 t ha⁻¹ mientras que el rendimiento de cebada fue de 2,6 t ha⁻¹.

En lo que refiere a la eficiencia en el uso del agua (EUA, rendimiento/agua consumida) el cultivo de cebada tuvo similar EUA que el trigo en aquellos casos con rendimientos bajos (menores a 3 t ha⁻¹) mientras que la EUA de cebada fue mayor que la de trigo en años con rendimientos relativamente altos.

Respecto a la eficiencia de uso del nitrógeno (EUN, kg de grano producido por kg de N en suelo) tampoco se observaron diferencias significativas entre los cultivos de trigo harinero y cebada o trigo duro y cebada. Tanto el cultivo de cebada como los de trigo duro y trigo harinero mostraron un amplio rango de variabilidad en la EUN como consecuencia de las condiciones ambientales. En general, el aumento en la dosis de fertilización nitrogenada produjo una disminución en la EUN. Los valores máximos

TRADECORP

DIVISION ESPAÑA



Especialistas en Herbicidas de Maiz

Lance^{ro} Super

Acetocloro 35% p/v
Terbutilazina 17,5% p/v
Diclormid 5,8% p/v



Eficacia superior en el
control de gramíneas
y dicotiledóneas
anuales



Sulcotrina[®]

Sulcotrina 30% p/v



Solución contra
dicotiledóneas
difíciles y resistentes
y Juncia



NicoZea[®]

Nicosulfuron 4% p/v



Solución suprema
contra gramíneas
anuales y Cañota en
post-emergencia



Toda la información
en un solo click
www.tradecorp.es 

Alcalá 498 2º planta
28027 MADRID

Tif. 91 327 29 30 Fax. 91 304 42 00

CUADRO I.

Detalle de las combinaciones de especies, dosis de fertilización nitrogenada y condiciones hídricas de los experimentos realizados.

	TIPO DE SUELO	
	Arenosol calcari	Fluvisol calcari
Número de experimentos realizados	1 (2003-2004)	4 (2004-2007)
Especies evaluadas*	Cebada / Trigo harinero	Cebada/ Trigo duro / Trigo harinero
Condiciones hídricas evaluadas	Secano	Secano y regadío
Dosis de nitrógeno evaluadas (kg N ha ⁻¹)	0-40-80-120-160-200	0-50-75-100-150-200
Contenido inicial de N en suelo a 1 m de profundidad (kg N ha ⁻¹)	94	35-115-150-143
Contenido inicial de agua a 1 m de profundidad (mm)	288	83-240-201-153
Fecha de siembra	21-noviembre-03	16-noviembre-04 28-noviembre-05 06-noviembre-06 22-febrero-07

*En todos los casos se usaron los cultivares Sunrise, Soissons y Claudio para cebada, trigo harinero y trigo duro, respectivamente.



Vista de los experimentos en un estadio temprano de crecimiento.

observados de EUN fueron de 33, 34 y 29 kg grano por kg de N disponible en suelo para los cultivos de cebada, trigo harinero y trigo duro, respectivamente.

Las similitudes en los rendimientos en grano no sólo corresponden a las condiciones actuales, como puede observarse en los experimentos realizados en la región de Cataluña y datos comarcales. Para la misma provincia de Cataluña donde se hicieron los experimentos, existen datos históricos de rendimiento de finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX que indican similares rendimientos para dichos cultivos y en donde los rendimientos regionales no superan las 1,5 t ha⁻¹ para trigo harinero y cebada (círculos en figura 3).

Componentes del rendimiento

El rendimiento en las tres especies y durante todos los experimentos ha sido determinado principalmente por el número de granos por m². Este componente fue modificado principalmente por las condiciones ambientales y la estructura del cultivo durante las etapas cercanas a la floración. Si bien el componente numérico que determina el rendimiento es el mismo en las tres especies, es sabido que las bases fisiológicas que explican las diferencias en el número de granos varía según la especie. Mientras en el trigo el mecanismo es a través de aumentos en el número de granos por espiga^[15]; el aumento en

FIGURA 2

Rendimientos de cebada, trigo harinero y trigo duro (barras negras, blancas y grises, respectivamente) en cada uno de los experimentos realizados.

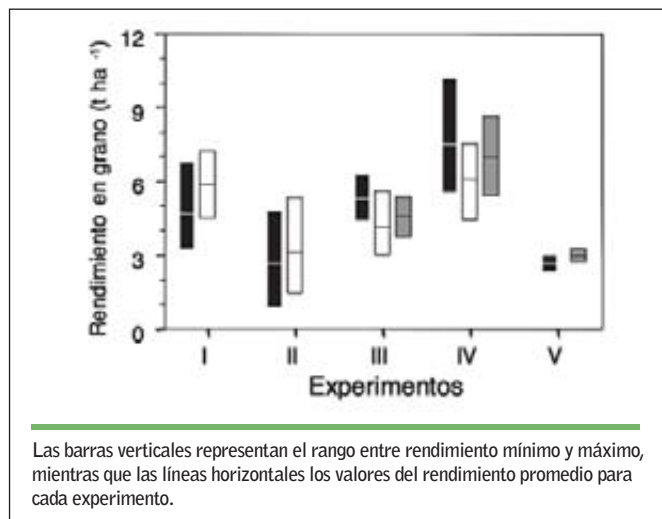
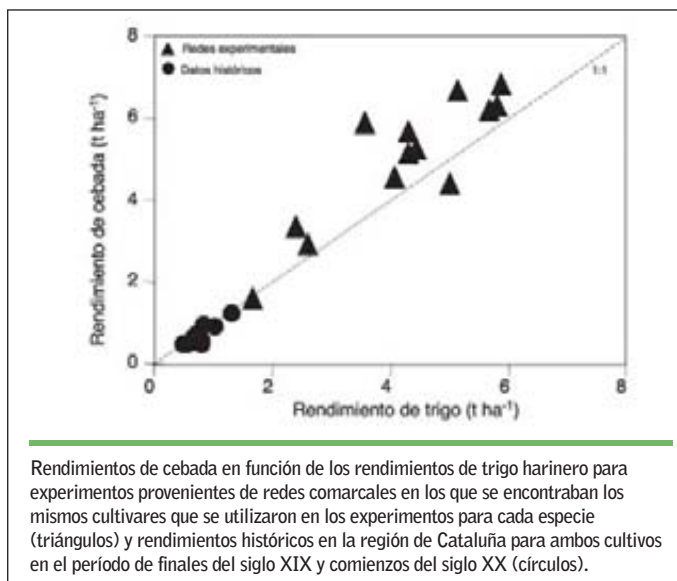


FIGURA 3

Rendimientos de cebada en función de los rendimientos de trigo harinero.



el número de granos en cebada se encuentra fuertemente influenciado por el número de espigas por unidad de superficie^[16].

Conclusiones

El conjunto de datos experimentales compuestos por los resultados del análisis regional para Cataluña, tanto propios como de redes experimentales parece indicar que actualmente no existe una clara e inequívoca superioridad del cultivo de cebada con respecto al cultivo de trigo (duro o harinero) tanto en términos de rendimiento de grano como de uso y eficiencia de uso de los principales recursos (agua y nitrógeno) que justifiquen productivamente el monocultivo de cebada en zonas áridas de la región mediterránea. ●

Agradecimientos

Agradecemos a Francesc Bullich Mases, responsable de las fincas en donde se realizaron la mayoría de los estudios en la localidad de Agramunt, y a Jaume Gregori Puñet, responsable de la Oficina Comarcal de l'Urgell y la Unidad de Agramunt del DAR (Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural) de Cataluña por su colaboración en la realización de todos los experimentos mencionados. La financiación de estos estudios fue provista por proyectos de la Unión Europea y del MICINN.

Bibliografía ▼

1. Loss, S.P. and K.H.M. Siddique, Morphological and Physiological Traits Associated with Wheat Yield Increases in Mediterranean Environments, in *Advances in Agronomy*, 1994, Academic Press, p. 229-276.
2. Sadras, V., D. Roget, and M. Krause, Dynamic cropping strategies for risk management in dry-land farming systems. *Agricultural Systems*, 2003. 76(3): p. 929-948.
3. Sadras, V.O., A quantitative top-down view of interactions between stresses: theory and analysis of nitrogen-water co-limitations in Mediterranean agro-ecosystems. *Australian Journal of Agricultural Research*, 2005. 56: p. 1151-1157.
4. López-Bellido, L., *Mediterranean cropping systems in Ecosystems of the World*, C.J. Pearson., Editor. 1992, Elsevier: Netherlands. p. 311-356.
5. Anderson, W.K. and A. Impiglia, Management of dryland wheat, in *Wheat: Improvement and Production. Plant Production and Protection Series B.C. Curtis, S. Rajaram, and H. Gómez-Macpherson, Editors. 2002, FAO: Rome. p. 567*
6. López-Castañeda, C., et al., Seed and Seedling Characteristics Contributing to Variation in Early Vigor among Temperate Cereals. *Crop Sci.*, 1996. 36(5): p. 1257-1266.
7. Simpson, P.G. and K.H.M. Siddique, Soil type influences relative yield of barley and wheat in a Mediterranean-type environment. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 1994. 172: p. 147-160.
8. Cossani, C.M., R. Savin, and G.A. Slafer, Contrasting performance of barley and wheat in a wide range of conditions in Mediterranean Catalonia (Spain). *Annals of Applied Biology*, 2007. 151(2): p. 167-173.
9. Cossani, C.M., G.A. Slafer, and R. Savin, Yield and biomass in wheat and barley under a range of conditions in a Mediterranean site. *Field Crops Research*, 2009. 112(2-3): p. 205-213.
10. Cossani, C.M., G.A. Slafer, and R. Savin, Co-limitation of nitrogen and water on yield and resource-use efficiencies of wheat and barley. *Crop & Pasture Science*, 2010. 61: p. 844-851.
11. DAAR, Cereals d'hivern: Varietats, treball del sòl i control de males herbes i malalties, in *Dossier Tècnic Nro 5. 2005, Generalitat de Catalunya: Catalunya. p. 36.*
12. DAAR, Varietats de cereals d'hivern, in *Dossier Tècnic Nro 15. 2006, Generalitat de Catalunya: Catalunya. p. 39.*
13. DAAR, Avaluació varietal en cereals d'hivern, in *Dossier Tècnic Nro. 23. 2007, Generalitat de Catalunya: Catalunya. p. 24.*
14. DAAR, Noves varietats de cereals d'hivern, in *Dossier Tècnic Nro. 31. 2008, Generalitat de Catalunya: Catalunya. p. 31.*
15. Ferrante, A., R. Savin, and G.A. Slafer, Floret development of durum wheat in response to nitrogen availability. *Journal of Experimental Botany*, 2010. 61(15): p. 4351-4359.
16. Ferrante, A., R. Savin, and G.A. Slafer, Floret development of wheat and barley in response to nitrogen and water availabilities, in *Crop Production and Forest Sciences. 2009, Universitat de Lleida: Lleida. p. 37.*

¿Verde?



¡Verde!

EPSO^{Top}
16% MgO, 32% SO₄

**EPSO
Microtop**
15% MgO, 31% SO₄, 0,9% B, 1% Mn

**EPSO
Combipop**
13% MgO, 34% SO₄, 4% Mn, 1% Zn

Magia de la naturaleza. La gama EPSO es la referencia Europea entre los abonos foliares con magnesio, azufre y micronutrientes. Sus características: son completamente solubles en agua, inmediatamente disponibles para las plantas y aptos para todos los cultivos. Sus efectos:

- hojas amarillas recuperan su color verde
- favorece el desarrollo radicular y el crecimiento de la planta
- asegura suministro de nutrientes en los picos de demanda

Los abonos EPSO son ideales como foliares en cultivos extensivos, que miles de agricultores Europeos combinan con tratamientos fitosanitarios. Los abonos EPSO – son la solución económica para altos rendimientos.

