



Fertilización nitrogenada y contenido de nitratos en hojas de

lechuga Iceberg

Debido al peligro real en el consumo de nitratos en hoja y al grado de sensibilización de la población en temas de seguridad alimentaria, la UE ha establecido los contenidos máximos de nitratos en cultivos hortícolas de aprovechamiento foliar. A su vez, el IMIDA (Murcia) ha realizado una serie de ensayos de campo aplicando distintas dosis de nitrógeno por hectárea para estudiar la evolución de los nitratos en hoja de lechuga Iceberg y ha realizado más de 200 análisis en distintas cooperativas, mostrándose los resultados en el presente artículo.

Luis Rincón Sánchez.
IMIDA (Murcia).

Recomendaciones de riego y abonado para evitar un exceso de nitratos en hoja

Algunas especies de plantas hortícolas de aprovechamiento foliar (espinaca, acelga, lechuga y endivia) tienden a acumular nitratos en las hojas cuando la absorción excede a la reducción dentro de la planta (Breimer, 1982). La función específica de los nitratos en los vegetales es la de suministrar nitrógeno para la síntesis de proteínas, reduciéndose previamente mediante la acción de la enzima nitrato reductasa. A diferencia de lo que ocurre con otros compuestos de nitrógeno (nitritos y amonio), los nitratos se acumulan en las vacuolas de los tejidos vegetales, donde tienen una función no específica supliendo a ácidos orgánicos y azúcares, actuando como regulador

osmótico cuando la fotosíntesis es muy baja (Behr y Wiebe, 1992). Las consecuencias de la acumulación no están muy estudiadas y definidas, pero sí es suficientemente conocida su toxicidad en el organismo humano (Craddock, 1983).

Desde un punto de vista toxicológico, el nitrato como tal es una sustancia poco peligrosa. El problema se produce cuando el nitrato es reducido (transformado) a nitrito por las enzimas segregadas por ciertas bacterias existentes en la saliva humana. Los nitritos sí son tóxicos y en cantidades elevadas pueden producir metahemoglobinemia, a la que los lactantes son particularmente sensibles. Por otra parte, si los nitritos reaccionan con ami-

nas (ingeridas exteriormente), se producen las nitrosaminas, de efectos cancerígenos (cáncer de estómago).

Aunque el peligro real en el consumo de nitratos no está suficientemente definido, el grado de sensibilización de la población ha inducido a la Unión Europea a establecer los contenidos máximos de nitratos en cultivos hortícolas de aprovechamiento foliar (**cuadro I**).

Acumulación de nitratos en la lechuga Iceberg y factores de influencia

La lechuga obtiene todo el nitrógeno del suelo por absorción de las raíces en forma iónica, preferentemente en forma nítrica

(NO₃⁻) y menos como amonio (NH₄⁺). El nitrógeno es utilizado por la planta para sintetizar aminoácidos y proteínas. El protoplasma de todas las células contiene proteínas. El nitrógeno es también requerido por las plantas para sintetizar otros componentes vitales como clorofila, ácidos nucleicos y enzimas.

El nitrato absorbido por las raíces puede seguir diferentes caminos dentro de la planta, puede ser reducido en las mismas raíces, puede ser almacenado en las vacuolas de ciertas partes radicales para una posterior reducción o exportación y puede ser transportado hacia las partes aéreas, donde se reducen. Behr y Wiebe (1992) encontraron una correlación inversa entre nitratos y otros compuestos osmóticos para diecinueve cultivares de lechuga, demostrando que los que tienen bajo contenido de nitratos tienen un elevado contenido de malato, cloruro, fructosa y glucosa.

Numerosas investigaciones realizadas sobre la acumulación de nitratos en lechuga y otros cultivos hortícolas (apio, espinacas, nabos, acelgas, cebollas, etc.) han demostrado que los factores más importantes influyentes en la acumulación de nitratos en la planta son:

Ambientales (climáticos)

De ellos, la radiación global a lo largo del ciclo de cultivo es el que mayor influencia ejerce en la cantidad de nitrato acumulado por la planta. La reducción de nitratos en la planta fue estudiada por Sady y cols. (1995), que encontraron en cultivos de otoño-invierno actividad baja de la enzima nitrato reductasa, lo que disminuye la reducción del NO₃⁻ dentro de la planta, originando mayor contenido de nitratos en hojas; efecto inverso al producido en cultivos de primavera-verano, en que se produce mayor actividad de la enzima debido a la mayor luminosidad y, consecuentemente, menor acumulación de NO₃⁻ en planta. El incremento de la intensidad luminosa aumenta también la con-

LEGISLACIÓN DE LA UNIÓN EUROPEA SOBRE CONTENIDOS MÁXIMOS DE NITRATOS (REVISIÓN: AGOSTO, 2003).		
PRODUCTO	CONTENIDO MÁXIMO mg NO ₃ /kg	REVISIÓN 2003
Espinacas frescas (1) (<i>Spinacia Oleracea L</i>)	Recogidas entre el 1 de noviembre y el 31 de marzo	3000
	Recogidas entre el 1 de abril y el 31 de octubre	2500
Espinacas en conserva, refrigeradas o congeladas		2000
Lechuga fresca (<i>Lactuca sativa L.</i>) (lechugas de invernadero y cultivadas al aire libre), excepto las lechugas del párrafo siguiente	Recogidas entre el 1 de octubre y el 31 de marzo	
	Lechugas cultivadas en invernadero	4500 (3)
	Lechugas cultivadas al aire libre	4000 (3)
	Recogidas entre el 1 de abril y el 30 de septiembre	
	Lechugas cultivadas en invernadero	3500 (3)
	Lechugas cultivadas al aire libre	2500 (3)
Lechuga del tipo Iceberg (4)	Lechugas cultivadas en invernadero	2500 (3)
	Lechugas cultivadas al aire libre	2000 (3)

(1) No se aplican a las espinacas sometidas a transformación.
 (2) DO L27 de 15/8/1979, p. 26.
 (3) A falta de etiquetado adecuado en el que se indique el método de producción, se aplica el límite establecido para las lechugas cultivadas al aire libre.

centración de ácidos orgánicos (Lacertosa y cols., 1997). En ciclos de cultivo de verano, la absorción de nitrógeno se acerca a la absorción potencial máxima (> 90%), mientras que en ciclos de otoño-invierno la absorción es variable, llegando en algunos casos a no superar el 50% del potencial máximo.

El aumento de la temperatura disminuye también la acumulación de nitratos en hojas de lechuga (Behr y Wiebe, 1992), aunque no suele apreciarse en plantaciones comerciales debido a que un aumento de la temperatura va acompañado de una alta luminosidad, lo que genera una mayor reducción de nitratos en la planta, disfrazando los efectos de la temperatura.

Fertilización nitrogenada

Las cantidades de nitrógeno aportadas al cultivo influyen en la concentración de nitratos en planta (Rincón et al., 2002), estando relacionada a su vez con la radiación global y la temperatura. En condiciones de baja radiación global, la cantidad de nitrógeno aportado al cultivo tiene menor significación en la acumulación de nitratos en planta que en períodos de media-alta radiación donde la concentración de nitratos en planta aumenta en relación con la cantidad de nitrógeno aportado.

La forma del nitrógeno del fertilizante provoca diferencias en



Lechuga Iceberg con defecto de acogollado por exceso de N.

las cantidades de nitrógeno absorbidas y en la concentración de nitratos en hoja. En este sentido, Frota y Tucker (1972) confirmaron que la lechuga absorbe y utiliza las formas NO₃⁻ y NH₄⁺, dependiendo la absorción de cada una de ellas de la temperatura. El N-NH₄⁺ es absorbido en pequeña cantidad, aumentando con temperaturas bajas, mientras que las formas nítricas son absorbidas en mayor medida con temperaturas altas. Formulaciones amoniales (N-NH₄⁺) reducen el contenido de nitratos en hoja y formulaciones nítricas elevan la concentración (Behr y Wiebe, 1992).

Está demostrado que el crecimiento y la producción de la lechuga son óptimos cuando el equilibrio NO₃⁻/NH₄⁺ en las fórmulas de fertilizantes es supe-

rior a 2,3 (Gastaldi y Sutton, 1989), influyendo también en el desarrollo y distribución de raíces, las cuales intervienen a su vez en la eficacia de la absorción del nitrógeno. En este sentido, Jackson y cols. (1993) exponen que la mayor eficiencia en la absorción del N en riego por goteo es debida, por una parte, a la distribución de raíces en el perfil del suelo, al concentrarse en profundidades entre 0 y 30 cm, y por otra, al reducirse las pérdidas por lixiviación.

La variabilidad genética también influye en la acumulación de nitratos en hojas de lechuga debi-

do a la diferente reducción de los nitratos de cada cultivar (Blom-Zamstra y Eenink, 1986), aunque dicha influencia es menor que la debida a la cantidad de nitrógeno aportado y al nivel de luminosidad durante el ciclo de cultivo.

Efecto de la cantidad de nitrógeno aportado en la producción y concentración de nitratos

La respuesta productiva y el contenido de nitratos en hojas de lechuga Iceberg fue estudiado por Rincón y col. (2002), que aplicaron al suelo cantidades crecientes de nitrógeno de 25, 50, 100, 150 y 200 kg/ha.

La cantidad de N aportado y sobre todo la disponibilidad de NO_3^- en la disolución del suelo, originó respuestas distintas en el rendimiento del cultivo, incidiendo en el número de frutos recolectados, peso comercial de los mismos e índice de cosecha. Cuando la aportación de N fue inferior a la demanda de la planta (25 y 75 kg de N/ha) el crecimiento vegetativo se ralentizó, disminuyendo la acumulación de biomasa como consecuencia de producir frutos de menor peso comercial. Por el contrario, la aportación de cantidades de nitrógeno superiores a la absorción del cultivo (150 y 200 kg de N/ha) incrementó la velocidad de crecimiento, acumulando altas cantidades de biomasa y generando plantas de excesivo tamaño con deficiente acogollado, lo que produjo frutos de gran volumen y baja compacidad (**figura 1**), reduciéndose la producción comercial, índice de cosecha (relación entre la biomasa comercializada y la biomasa total) y calidad de cosecha. La producción comercial más elevada y con mayor calidad se consiguió en el tratamiento donde se aportaron 100 kg de N, cantidad que equilibra la demanda de N por la lechuga Iceberg (Rincón, 2004).

El contenido de nitratos se analizó por separado en hojas externas y hojas internas, mostrándose en la **figura 2** su evolución

para las distintas cantidades de N aportado. La evolución fue similar para ambos tipos de hoja, variando la concentración con la disponibilidad de NO_3^- en la disolución del suelo, dependiente a su vez de la cantidad de nitrógeno aportado. Cuando la disponibilidad de NO_3^- en la disolución del suelo fue deficitaria (< 50 ppm en el extracto suelo agua 1:2, cuando se aportaron 25 kg de N/ha), el contenido de nitratos se incrementó hasta la fase de roseta, disminuyendo posteriormente durante toda la fase de acogollado por efecto de dilución. Sin embargo, cuando la disponibilidad de NO_3^- en el suelo fue superior a la absorción del cultivo (> 200 ppm, cuando se aportaron 200 kg de N/ha), el contenido de NO_3^- en hojas aumentó hasta la recolección.

En la **figura 2** se observa que en la recolección, la concentración, de NO_3^- en hojas exteriores

se elevó a 4.500 mg/kg de materia fresca cuando se aportaron al suelo 200 kg de N/ha, descendiendo hasta 2.250 mg/kg de materia fresca cuando la cantidad aportada descendió a 25 kg/ha. En hojas internas, la concentración más alta fue de 1.500 mg/kg de biomasa verde cuando las plantas recibieron 200 kg de N/ha, bajando hasta los 650 mg/kg de materia fresca cuando se rebajó la cantidad aportada a 25 kg de N/ha. Los resultados obtenidos demuestran que la cantidad de N aportado en la fertilización influye directamente en el contenido de nitratos en hoja, mostrando a su vez que las hojas exteriores de la lechuga Iceberg (fracción de la planta no comestible) acumulan la mayor parte de los nitratos acumulados por la planta, siendo su concentración tres veces superior al contenido de las hojas internas (fracción comercial).

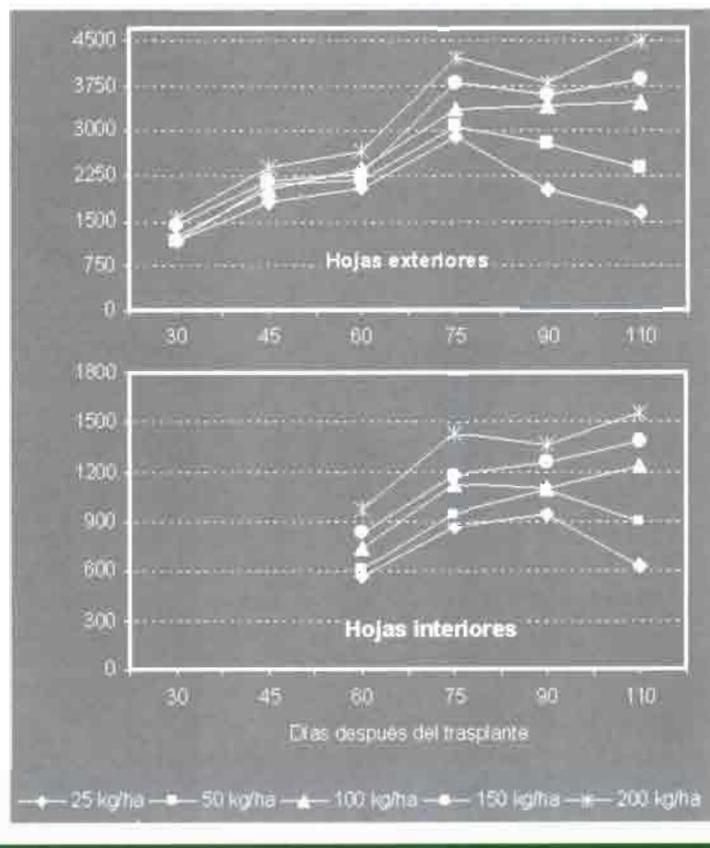
Concentración de nitratos en cogollos comerciales

Al efecto de conocer cuantitativamente la concentración de nitratos en lechuga Iceberg comercializada, Rincón y Sáez (1995) determinaron la concentración de nitratos en cogollos de lechuga Iceberg para exportación. El material vegetal se obtuvo directamente de diferentes cooperativas de agricultores de la Región de Murcia sobre producto confeccionado previo a su exportación. Las muestras se consiguieron en ocho cooperativas situadas en las dos zonas de cultivo de lechuga Iceberg más importantes: Campo de Cartagena (cuatro cooperativas) y Valle del Guadalentín (cuatro cooperativas). El muestreo se extendió desde el 24 de enero (plantaciones de noviembre) hasta el 20 de marzo (plantaciones de diciembre), al efecto de conseguir cosechas procedentes de ciclos de cultivo con temperaturas y radiación global más desfavorables. Las muestras se tomaron los martes de cada semana, obteniendo entre tres y diez muestras de cada cooperativa, todas ellas cogollos envasados previos al túnel de frío. Cada muestra elemental procedía de distinto agricultor, tomando tres unidades para su análisis, que se realizaba dentro de las 24 horas siguientes al muestreo. El número total de muestras recolectado para la determinación fue de 202.

Una vez estuvieron las plantas en el laboratorio, las tres de cada muestra elemental se dividieron en cuatro cuartos, tomándose un cuarto de cada una para el análisis. Los tres cuartos procedentes de las plantas se pesaron, se desmenuzaron, se mezclaron y se secaron en estufa de aire forzado a 65 °C durante 24 horas para la obtención de materia seca. El material seco se pesó y molió en molino de aspas a 10.000 rpm pasándose por un tamiz de 0,5 mm. Los nitratos se analizaron mediante el método AOAC (AOAC, 1990).

FIGURA 1 y 2

Evolución del contenido de nitratos en hojas de lechuga iceberg según cantidad de nitrógeno aportado (Rincón y cols., 2002).





Pix®

El fitorregulador de amplias prestaciones

Fitorregulador para los cultivos de melón, cebolla, viña, parral, ajo y algodón.



BASF

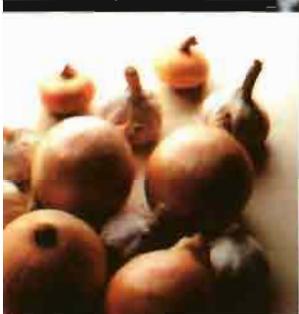
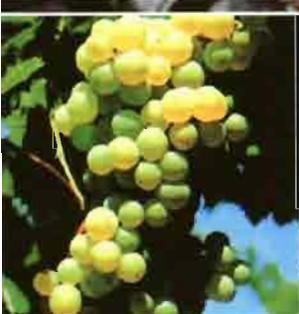
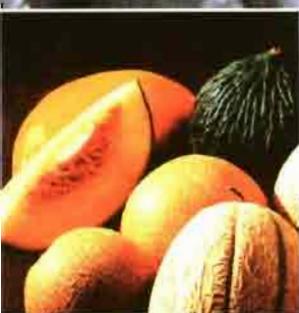
The Chemical Company



Cultivamos Ideas

Fitosanitarios

BASF Española S.A.
Can Rabia, 3-5
08017 Barcelona
Tel. Dpto. Técnico: 95 428 16 60
mail: basfesa.basfagro@basf.es
www.agro.basf.es



Es recomendable dejar de abonar 4 ó 6 días antes de la recolección para disminuir la acumulación de nitratos en hoja.

El cuadro II presenta la concentración media de nitratos de los cogollos, diferenciando los valores obtenidos entre cooperativas y mes de recolección. De los valores obtenidos se desprende que las concentraciones de nitratos son muy próximas tanto en la fecha de recolección como entre cooperativas, dependiendo las variaciones de las condiciones climáticas y del cultivar principalmente. La concentración media total de todas las muestras analizadas fue de 974,6 mg/kg de peso verde, cifra muy inferior a las tolerancias máximas establecidas por la Unión Europea (2001 y 2003).

Consideraciones a tener en cuenta en la práctica de la fertirrigación nitrogenada

En el riego

- Utilizar siempre la información agroclimática facilitada por los Servicios de Información Agraria de las Comunidades Autónomas, de donde se puede obtener la evapotranspiración de referencia (ET₀) o las necesidades hídricas ajustadas a cada ciclo de cultivo.

- Hacer siempre un adecuado uso del agua de riego, estableciendo la dosis de riego e intervalo entre riegos ajustados ambos al tipo de suelo, tratando de minimizar las pérdidas de agua a las estrictamente necesarias por los condicionamientos agronómicos. De esta forma se reducirán las pérdidas por lixiviación de nitrógeno.

- Se recomienda programar la fertirrigación para intervalos semanales, utilizando para el riego los datos climáticos de la semana anterior. Cuando las condiciones climáticas de la semana en curso varíen significativamente respecto a las de la semana anterior, se deben reajustar las aportaciones de agua. La incorporación de algún elemento de medida directa o indirecta



CUADRO II.

CONTENIDO DE NITRATOS (MG/KG) EN COGOLLO COMERCIAL DE LECHUGA ICEBERG CULTIVADA AL AIRE LIBRE EN LA REGIÓN DE MURCIA.

COOPERATIVA	Enero	Febrero	Marzo	Nº de muestras	Media total
COTA 120	894±209	1.001±151	995±208	53	968±189
GREGAL	781±82	1.056±207	940±200	37	957±208
S. CAYETANO	909±205	1.097±252	1.054±100	30	1.058±232
HORTAMIRA	956±164	1.216±188	1.075±59	20	1.084±194
HORTIALAMO	922±124	985±110	871±161	19	925±131
M. TOTANA	690±72	1.082±279	868±191	13	893±240
SACOJE	1.158±118	824±145	1.366±136	14	1.090±281
AGROSOL	803±218	666±235	779±58	16	754±195
Nº MUESTRAS	57	83	62	202	
Media mensual	886±188	1.025 ± 232	985 ±215	-	973±222

Fuente: Rincón y cols. (1995).

de la humedad del suelo permitirá ver los cambios de humedad y, en consecuencia, aumentar o disminuir las aportaciones.

En la fertilización

- Realizar un buen balance del nitrógeno necesario para la fertirrigación localizada del cultivo, teniendo en cuenta los requerimientos de la planta en cada fase vegetativa, las pérdidas por lixiviación no controlables, y las aportaciones del agua de riego y/o del suelo principalmente (Rincón, 2004).

- Distribuir el nitrógeno a lo largo del ciclo de cultivo con la misma frecuencia del riego, ajustando la cantidad al requerimiento de la planta en cada fase vegetativa (Rincón, 2004), evitando aportaciones acumuladas que

den lugar a concentraciones elevadas de nitrógeno en el suelo, lo que podría producir pérdidas elevadas por lixiviación, desequilibrio iónico de la disolución del suelo y repercusiones en la nutrición de la planta, afectando negativamente a la productividad, además de incrementar los problemas medioambientales.

- Es recomendable utilizar formulaciones nítricas y amoniacaes conjuntamente, en la proporción del 70-75% en forma nítrica y el 25-30% en forma amoniacaal.

Cuando se utilice ácido nítrico para ajustar el pH de la disolución de riego, se debe tener en cuenta la cantidad de nitrógeno que se aporta. Cuando se inyecta ácido nítrico durante todo el tiempo de riego, el nitrógeno aportado puede representar hasta el 50% del

Bibliografía

AOAC. (1990). Official Methods of Analysis. 10th ed. Arlington, Virginia, USA: Association of Official Analytical Chemists.

Behr U., Wiebe J., 1992. Relation between photosynthesis and nitrate content of lettuce cultivars. *Sci Hort.* 49, 175-179.

Blom-Zandstra G., Eenink A., 1986. Nitrate concentration and reduction in different genotypes of lettuce. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111, 908-911.

Breimer T., 1982. Environmental factors and cultural measures affecting the nitrate content in spinach. *Fertilizer. Research* 3 (3), 192-222.

Craddock V.M., 1983. Nitrosamines and human cancer. Proof of an Association. *Nature London*: 306-338.

Gardner B.R., Pew W., 1979. Comparison of various nitrogen sources for the fertilization of winter-grown head lettuce. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104 (4): 534-536.

Gastaldi C.R., Sutton B.G., 1989. Optimizing nitrogen fertilization of vegetable crops by drip irrigation. *Acta Horticulturae* 247, 217-221.

Jackson L.E., Stivers L.J., Warden B.T., Tanji K., 1993. Crop nitrogen utilization and soil nitrate loss in a lettuce field. *Fertilizer Research* 37 (2), 93-105.

Lacertosa, G., Montemurro, F., Capotorti, G., Palazzo, D. 1997. Influenza dei fattori ambientali e della disponibilità di azoto sulla concentrazione di nitrati nelle lattuga (*Lactuca sativa* L.). *Rev. Agron.* 31 (1): 72-77.

Rincón L., Sáez J., 1995. Contenido de nitratos en lechuga tipo iceberg en las áreas de cultivo de la Región de Murcia. *FECOAM* 4, 39-44.

Rincón L., Sáez, J., Pellicer, C., 2002. Influencia de distintas dosis de nitrógeno aportados al suelo en la absorción y concentración de nitratos en lechuga iceberg. *Investigación Agraria* 17 (2), 303-318.

Rincón, L., 2004. Pautas para una correcta fertirrigación de la lechuga iceberg. *Vida Rural* 185, 38-42.

Sady W., Rozeks S., Myczkowski J., Adams P., Hidding A.P., Kipp J.A., Sonneveld C., Krejci C., 1995. Effects of different forms of nitrogen on the quality of lettuce yield. *Acta Horticulturae* 401, 409-416.

total necesario por el cultivo. En condiciones medias de cultivo en suelo sólo es necesario bajar el pH de la disolución de riego durante el tiempo final de riego (10-15% del total de riego) en el que no se aportan fertilizantes, teniendo como finalidad prevenir la formación de precipitados en goteros y otros elementos de la instalación.

- Es recomendable dejar de abonar entre cuatro y seis días antes de la recolección para disminuir la acumulación de nitratos en hoja. ■

**TIENE BUEN ASPECTO
EN EL CAMPO...**

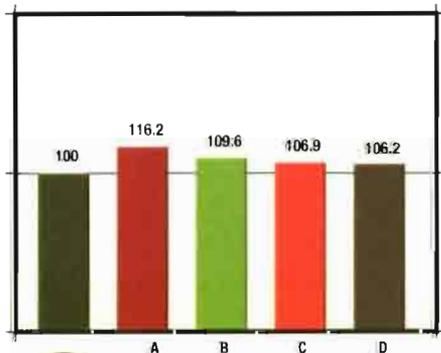


**Y RESULTA AÚN MEJOR PARA
SU RENTABILIDAD**

Tractores John Deere serie 6020 y 7020



CONSUMO DE COMBUSTIBLE AL RÉGIMEN
NOMINAL



Una optimización del consumo de combustible sobresaliente – está es sólo una de las formas en que los tractores John Deere le ayudan a reducir costes y a aumentar su rentabilidad total.

Fuente: Revista Top Agrar, Diciembre de 2004

Cuando se trata de trabajar usted desea tener el equipo más productivo. En su negocio usted desea la máxima rentabilidad. ¿Está usted buscando características que reduzcan sus costes totales y mejoren su rentabilidad total? Entonces, un tractor John Deere es la mejor elección para su negocio.

Reduzca los costes de combustible con un motor PowerTech 4V-CR y la posibilidad de montar tres transmisiones diferentes. Experimente mayor comodidad y permanezca productivo durante más tiempo, con características como la consola CommandArm y el Asiento Activo (disponible en los modelos serie 7020). La suspensión independiente multipunto (TLS) transmite casi un 10% más de potencia al suelo, para que usted pueda trabajar con aperos más anchos. El sistema de guiado asistido AutoTrac elimina caros solapes. Y ahora, gracias a las condiciones de financiación disponibles con John Deere Credit, poseer un tractor John Deere es más fácil que nunca. Y usted siempre puede confiar en el servicio sin rival y el apoyo del concesionario John Deere local.

Suba a un tractor John Deere serie 6020 o serie 7020 hoy mismo y haga aumentar los beneficios de su explotación.

www.johndeere.es



5000000000