

Tierras

AGRICULTURA

nº 182 (año 2011) 4 €

REGADÍOS '11

**EL MAYOR FALLO DE LOS REGANTES
SUELE SER QUE NO AJUSTAN BIEN LA
DOSIS DE AGUA A CADA CULTIVO**

COLZA '11

**Más interes de los agricultores por la colza
ante los buenos precios y los altos rendimientos**

Al servicio del **AGRICULTOR**
y el **GANADERO**



CULTIVO DE LA COLZA:

Influencia de la fertilización en el rendimiento

García-Ciudad A, Vázquez-de-Aldana BR, Petisco C, García-Criado L, Jiménez-Mateos MA, García-Criado B.

Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca (IRNASA, CSIC). Apdo. 257, 37071 Salamanca

RESUMEN

La colza, cultivo de gran expansión en la agricultura europea, presenta múltiples formas de aprovechamiento: alimentación humana, animal y usos industriales. En este artículo se estudia la producción de semilla de colza, variedad 'ES Hydromel', y la concentración y producción de aceite de la semilla, bajo la influencia de diversos tratamientos de fertilización. El ensayo se realizó en secano (siembra otoñal), en una zona semiárida de la provincia de Salamanca. Los resultados mostraron que la producción de semilla se incrementa significativamente ($p < 0,05$) con la adición de fertilizantes; con un aporte adecuado se consiguieron producciones más de cuatro veces superiores a las obtenidas sin fertilización alguna (valores medios comprendidos entre 823 kg ha^{-1} y 3866 kg ha^{-1}). Asimismo, la producción de aceite puede incrementarse también más de cuatro veces, con las dosis más altas de fertilizante (valores medios desde 352 kg ha^{-1} hasta 1544 kg ha^{-1}). Sin embargo, la concentración de aceite en la semilla, disminuyó de forma gradual al aumentar la dosis de fertilizante nitrogenado, aunque sólo se obtuvieron diferencias significativas entre los niveles más bajos de fertilización y los más altos. Las concentraciones medias de aceite oscilaron entre 39.8% y 45.1%.

Tabla 1. Tratamientos de fertilización en un cultivo de colza: formulación, cantidad y época de aplicación

Tratamiento	Aplicación de fondo			Aplicación de cobertera			Aportación total	
	kg ha ⁻¹	Formulación	Nutrientes kg ha ⁻¹	Kg ha ⁻¹	Formulación	Nutrientes kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	Nutrientes kg ha ⁻¹
T0	0		0	0		0	0	0
T1	200	8-24-16	16 N 48 P ₂ O ₅ 32 K ₂ O	131	26-0-0; 37 (NSA)	34 N 48 SO ₃	331	50 N 48 P ₂ O ₅ 32 K ₂ O 48 SO ₃
T2	300	8-24-16	24 N 72 P ₂ O ₅ 48 K ₂ O	292	26-0-0; 37 (NSA)	76 N 108 SO ₃	592	100 N 72 P ₂ O ₅ 48 K ₂ O 108 SO ₃
T3	400	8-24-16	32 N 96 P ₂ O ₅ 64 K ₂ O	454	26-0-0; 37 (NSA)	118 N 168 SO ₃	854	150 N 96 P ₂ O ₅ 64 K ₂ O 168 SO ₃
T4	500	8-24-16	40 N 120 P ₂ O ₅ 80 K ₂ O	423	26-0-0; 37 (NSA)	110 N 157 SO ₃	923	150 N 120 P ₂ O ₅ 80 K ₂ O 157 SO ₃
T5	200	8-15-15	16 N 30 P ₂ O ₅ 30 K ₂ O	131	26-0-0; 37 (NSA)	34 N 48 SO ₃	331	50 N 30 P ₂ O ₅ 30 K ₂ O 48 SO ₃
T6	300	8-15-15	24 N 45 P ₂ O ₅ 45 K ₂ O	292	26-0-0; 37 (NSA)	76 N 108 SO ₃	592	100 N 45 P ₂ O ₅ 45 K ₂ O 108 SO ₃
T7	400	8-15-15	32 N 60 P ₂ O ₅ 60 K ₂ O	454	26-0-0; 37 (NSA)	118 N 168 SO ₃	854	150 N 60 P ₂ O ₅ 60 K ₂ O 168 SO ₃
T8	500	8-15-15	40 N 75 P ₂ O ₅ 75 K ₂ O	423	26-0-0; 37 (NSA)	110 N 157 SO ₃	923	150 N 75 P ₂ O ₅ 75 K ₂ O 157 SO ₃

(NSA): nitrosulfato amónico

INTRODUCCIÓN

La colza (*Brassica napus* L.) es la oleaginosa más cultivada en la Unión Europea. Es un cultivo tradicional en muchos países europeos como Francia, Suecia, Alemania e Inglaterra; a nivel mundial los principales productores son India, China y Canadá. Este cultivo se destina a muy diferentes usos: alimentación animal (torta/harina, obtenida como subproducto en las industrias extractoras de aceite, semilla entera, ensilado, etc.), alimentación humana y otros usos industriales. Entre estos últimos cabe destacar el incremento de este cultivo dirigido hacia usos energéticos como producción de biodiesel (Camps y Marcos, 2002; López Bellido, >>>

Tabla 2. Producción de semilla y concentración y producción de aceite de colza, variedad 'ES Hydromel', según los diferentes niveles de abonado

Tratamiento	Producción semilla (kg ha ⁻¹)			Concentración aceite (%)			Producción aceite (kg ha ⁻¹)		
	Rango	Media	CV	Rango	Media	CV	Rango	Media	CV
T0	546-1126	823	30.5	40.2-44.9	43.2	4.91	245-452	352	26.7
T1	1629-2501	2117	20.5	42.9-48.4	45.1	5.23	721-1210	957	22.9
T2	2710-3660	3083	13.1	41.1-45.6	43.2	4.98	1113-1668	1337	17.8
T3	3130-3525	3384	5.3	39.3-42.7	40.9	4.16	1239-1494	1386	8.8
T4	3314-4192	3597	11.3	39.8-41.2	40.4	1.53	1344-1728	1456	12.6
T5	1942-2979	2566	17.5	42.6-45.7	43.6	3.30	834-1269	1119	18.4
T6	2677-3307	2983	10.3	36.4-44.3	41.0	8.05	1007-1386	1224	13.6
T7	3040-3671	3374	7.9	39.5-42.6	40.4	3.61	1209-1462	1364	8.1
T8	3505-4178	3866	7.9	36.2-44.1	39.8	8.17	1270-1783	1544	14.7
Media	546-4192	2866	32.8	36.2-48.4	41.9	8.59	245 - 1783	1193	31.9

►►► 2002). En la comunidad autónoma de Castilla-León y, concretamente en la zona transfronteriza con Portugal, ha aumentado notablemente en los últimos años la superficie dedicada al cultivo de colza. La colza puede constituir una excelente alternativa en la rotación de cereales, incluso para sustituir al cultivo de la remolacha y por consiguiente, ofrece buenas expectativas a los agricultores (Provedo Pisano y Díez Antolínez, 2006; Junta de Castilla y León, 2006).

Independientemente del uso al que se dirija este cultivo, es evidente que el parámetro prioritario a tener en cuenta, es la producción de semilla. Sin embargo, ciertos factores de calidad de la semilla tendrán mayor o menor importancia, dependiendo de su utilización posterior. Así, si la colza se dirige a usos energéticos, como producción de biodiesel, la concentración de aceite de la semilla y la producción de aceite por unidad de superficie, son factores fundamentales para estudiar el potencial del cultivo. Por otro lado, es incuestionable que la semilla de colza posee un alto contenido en proteína que puede ser aprovechado en alimentación animal, tanto si se utiliza la semilla completa, como si se utiliza la torta/harina procedente de las industrias extractoras de aceite (Guerrero García, 1999; FEDNA, 2003). Además, la planta de colza también puede ser aprovechada por el ganado, especialmente como ensilado (Guerrero García, 1999).

Este trabajo se enmarca en un amplio proyecto, que ha abordado la producción de biomasa aérea y estado nutricional de la planta (respecto a N y P) en la fase de floración (García-Ciudad *et al.*, 2009) y la producción de semilla (García-Ciudad *et al.*, 2010). El objetivo del presente trabajo es estudiar la producción de semilla de colza de la variedad 'ES Hydromel' y la concentración y producción de aceite de la semilla, bajo la influencia de diversos tratamientos de fertilización.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en una parcela de secano de zona semiárida, sobre un campo de rastrojo de cereal (finca Experimental del IRNASA-CSIC, Barbadillo, Salamanca). El suelo, clasificado como Cambisol eútrico-crómico posee una textura areno-arcillosa, pH ácido (6.08), un contenido bajo en materia orgánica (0.80%) y un contenido alto en P asimilable (25.3 ppm). Se utilizó *Brassica napus* L., variedad 'ES Hydromel', con un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones y nueve tratamientos de fertilizantes sugeridos por una Empresa del sector, en parcelas elementales de 6 m x 15 m. La siembra se efectuó en otoño de 2007 (mediados de octubre), empleando aproximadamente 6 kg de semilla ha⁻¹, en líneas separadas entre sí 27 cm. Las dosis de fertilizante y época de aporte, se muestran en la Tabla 1.

A mediados de julio de 2008 se recolectó el grano mecánicamente (cosechadora) en una fracción (aproximadamente de 25 m²) de cada parcela y las semillas se introdujeron en bolsas, trasladándose al laboratorio para su manipulación posterior. Las semillas se limpiaron de impurezas y se secaron en bandejas al aire a temperatura ambiente, determinándose la producción de semilla en kg ha⁻¹. Del total de muestras se tomaron submuestras que se molieron para efectuar las determinaciones de la concentración de aceite. Ésta se determinó mediante extracción automática con disolvente (éter de petróleo), con sobrepresión y a temperatura elevada, en un extractor ANKOM XT10. Los resultados se expresaron en porcentajes sobre la base de materia seca. Se obtuvo también la producción de aceite por unidad de superficie (kg ha⁻¹), al multiplicar la concentración de aceite por la producción de semilla.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS 17.0, aplicándose un análisis de la varianza (ANOVA) ►►►

►►► para determinar el efecto del tratamiento de fertilizante sobre las producciones de semilla y aceite y sobre la concentración de aceite de la semilla. Se utilizó el contraste de mínimas diferencias significativas (MDS) para la comparación entre pares de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados sobre la producción de semilla, concentración de aceite en la semilla, así como la producción de aceite por unidad de superficie, de la variedad de colza 'ES Hydromel', según los distintos tratamientos de fertilización se muestran en la Tabla 2. En las Tablas 3, 4 y 5 se exponen los resultados de las comparaciones entre pares de medias de los distintos tratamientos según el test MDS (mínima diferencia significativa).

► **Producción de semilla**

La fertilización influye significativamente en la producción de semilla (Tablas 1, 2 y 3). Así, mientras que con T0 (no aporte de fertilizante) se obtiene una producción media de 823 kg ha⁻¹, con los tratamientos que aportan las dosis más altas de N (150 kg de N ha⁻¹: T3, T4, T7 y T8), se obtienen producciones medias que oscilan entre 3374 y 3866 kg ha⁻¹, lo que implica cuadruplicar la producción. Entre estos cuatro tratamientos no existen diferencias significativas (Tabla 3) a pesar de que T4 y T8 llevan una mayor cantidad de P y K (Tabla 1). Estos resultados indican que las formulaciones T4 y T8 son menos recomendables que T3 y T4, ya que la incorporación adicional de P y K supone un incremento económico, que no se ve reflejado en un aumento significativo en la producción de semilla. Con las dosis más bajas de fertilizante (50 kg de N ha⁻¹: T1 y T5) ya se aprecia un notable incremento en la producción (Tabla 2), no existiendo diferencias significativas (p>0,05) entre ambos tratamientos (Tabla 3). Los tratamientos que suponen aportes totales intermedios de N (T2 y T6), consiguen también producciones intermedias, no existiendo diferencias significativas entre ellos (Tablas 2 y 3). Con ambos tratamientos

Tabla 3. Efecto del tratamiento de fertilización en la producción de semilla: nivel de significación entre pares de tratamientos resultante del contraste MDS. En negrita se destacan niveles con significación p<0.05

	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
T0		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
T1			0.000	0.000	0.000	0.077	0.001	0.000	0.000
T2				0.229	0.045	0.044	0.686	0.244	0.003
T3					0.392	0.002	0.112	0.968	0.059
T4						0.000	0.018	0.371	0.281
T5							0.099	0.003	0.000
T6								0.121	0.001
T7									0.054
T8									

Tabla 4. Efecto del tratamiento de fertilización en la concentración de aceite: nivel de significación entre pares de tratamientos según el contraste MDS. En negrita se destacan niveles con significación p<0.05

	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
T0		0.231	0.981	0.159	0.093	0.797	0.174	0.091	0.040
T1			0.241	0.013	0.006	0.344	0.014	0.006	0.002
T2				0.153	0.089	0.815	0.167	0.087	0.038
T3					0.770	0.099	0.959	0.764	0.485
T4						0.055	0.731	0.994	0.683
T5							0.109	0.054	0.023
T6								0.0725	0.454
T7									0.689
T8									

Tabla 5. Efecto del tratamiento de fertilización en la producción de aceite: nivel de significación entre pares de tratamientos según el contraste MDS. En negrita se destacan niveles con significación p<0.05

	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
T0		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
T1			0.006	0.002	0.001	0.215	0.047	0.004	0.000
T2				0.705	0.363	0.100	0.383	0.837	0.118
T3					0.591	0.047	0.215	0.863	0.229
T4						0.014	0.081	0.479	0.497
T5							0.421	0.066	0.003
T6								0.283	0.019
T7									0.171
T8									

se consiguen producciones estadísticamente iguales a las obtenidas con alguno de los tratamientos que aportan las dosis más altas (Tablas 1 y 3). Ello indica que con estas dosis más altas, se pueden estar sobrepasando en algunos casos, los niveles óptimos de adición. Estos resultados son ►►►

►►► relevantes y deben ser considerados porque suponen una disminución en costes de fertilizante.

La producción de semilla, en base al efecto de la fertilización, sigue un comportamiento paralelo al de la producción de biomasa aérea en la fase de inicio de floración (García Ciudad *et al.*, 2009). Las producciones obtenidas en nuestro ensayo son similares a las de otros autores, para esta misma variedad (Provedo Pisano y Díez Antolín, 2006).

► Concentración de aceite

Las concentraciones de aceite (Tabla 2) varían dentro de los intervalos normales que aparecen en las diversas publicaciones sobre el tema. Además, los márgenes de variación son estrechos, lo que se pone de manifiesto por los bajos coeficientes de variación obtenidos, en todos los casos inferiores al 10%. Los valores medios oscilan entre 39.8%, obtenido con el tratamiento T8 (uno de los de mayor aporte de fertilizante) y 45.1% correspondiente al tratamiento T1 (uno de los tratamientos de menor aporte). Al considerar los valores medios, se observa un cierto efecto negativo de la fertilización en la concentración de aceite en la semilla: las concentraciones de aceite más bajas suelen aparecer con los tratamientos más altos y las más elevadas se corresponden en la mayoría de los casos con los menores aportes de fertilizante. Esto puede ser debido al "efecto de dilución" ya que al aumentar la dosis de fertilización se incrementa de manera significativa la producción de semilla, según se ha comentado.

De lo anterior se desprende que existe una correlación inversa entre la producción de semilla y la concentración de aceite en la semilla; dicha correlación es significativa a un nivel de probabilidad $p < 0.05$ (Figura 1).

Los resultados de las comparaciones de la concentración de aceite entre tratamientos, confirman lo expresado anteriormente: el tratamiento T8 da lugar a diferencias significativas ($p < 0.05$) con T0 y con los que aportan los niveles más bajos de nutrientes: T1, T2 y T5 (Tabla 4). Por el contrario, este mismo tratamiento T8 no da lugar a diferencias estadísticamente significativas, con los tratamientos que aportan una cantidad de nutrientes similar. Según se aprecia en la misma Tabla 4, no existen diferencias significativas, respecto a la concentración de aceite, entre los restantes pares de tratamientos

► Producción de aceite

Este parámetro por unidad de superficie cultivada, es muy importante desde el punto de vista de la utilización de la colza en la producción de biocombustibles. Este parámetro se obtiene a partir de la producción de semilla y de la concentración de aceite en la semilla. Por tanto, las variaciones en la producción total de aceite por unidad de superficie, siguen una tendencia paralela en cierta medida, a las de producción de semilla. Ello es lógico, ya que este factor es notablemente mayor que la concentración de aceite, cuya variabilidad relativa es muy pequeña, comparada con ►►►



Camino Sendero del Monte s/n
Tfno: 983 82 42 40 / Fax: 983 82 49 00
47494 RUBÍ DE BRACAMONTE (Valladolid)
E-mail: maquinaria@pitasl.com / www.pitasl.com



Terrano FX Ligerero, útil, eficaz



Sprinter ST Hacer de la siembra un Hobby?!



WM 'Innovaciones para su éxito'



Para zonas de fincas más pequeñas

MAQUINARIA USADA

Siembra directa: Kuhn, John Deere, Horsch, Semeato
Siembra tradicional: Horsch de 3m. y Torres de 4m.

►►► la de la producción de semilla. Consiguientemente, la producción de aceite oscila también dentro de límites muy amplios con la aplicación de fertilizantes (Tabla 2). Los valores medios fluctúan entre 352 kg de aceite ha⁻¹ (T0, testigo) y 1544 kg de aceite ha⁻¹ (T8, que aporta al igual que algún otro tratamiento las dosis más altas de nutrientes), lo que indica que las producciones de aceite por unidad de superficie, pueden cuadruplicarse con un suministro adecuado de fertilizantes.

De la relación entre producción de semilla y producción de aceite, se deduce que existe una correlación directa y altamente significativa ($p < 0.001$) entre ambos parámetros (Figura 1). La concentración y la producción de aceite están correlacionadas negativamente, pero la correlación no es significativa (no se muestra la gráfica correspondiente).

Todos los tratamientos incrementan significativamente ($p < 0.05$) la producción de aceite, respecto del tratamiento testigo (T0) (Tabla 5). No existen diferencias significativas entre T1 y T5, ya que ambos aportan la misma dosis de abonado (50 kg de N ha⁻¹), pero sí entre éstos y los demás. Considerando los tratamientos que aportan 100 ó 150 kg de N ha⁻¹, no existen diferencias significativas entre ellos aunque, según se vio en producción de semilla, los tratamientos de mayor aporte, generalmente daban lugar a producciones de semilla numéricamente más altas. En lo que a producción de aceite se refiere, pueden explicarse las diferencias no significativas antes aludidas, por las variaciones inversas en los dos factores que intervienen en la producción de aceite (producción de semilla y concentración de aceite). Cabe destacar que también en la producción de aceite, el mayor aporte de P y K (tratamientos T4 y T8) produce un ligero incremento (Tabla 2), respecto de los de T3 y T7 (igual aporte de N), aunque este incremento no es estadísticamente significativo.

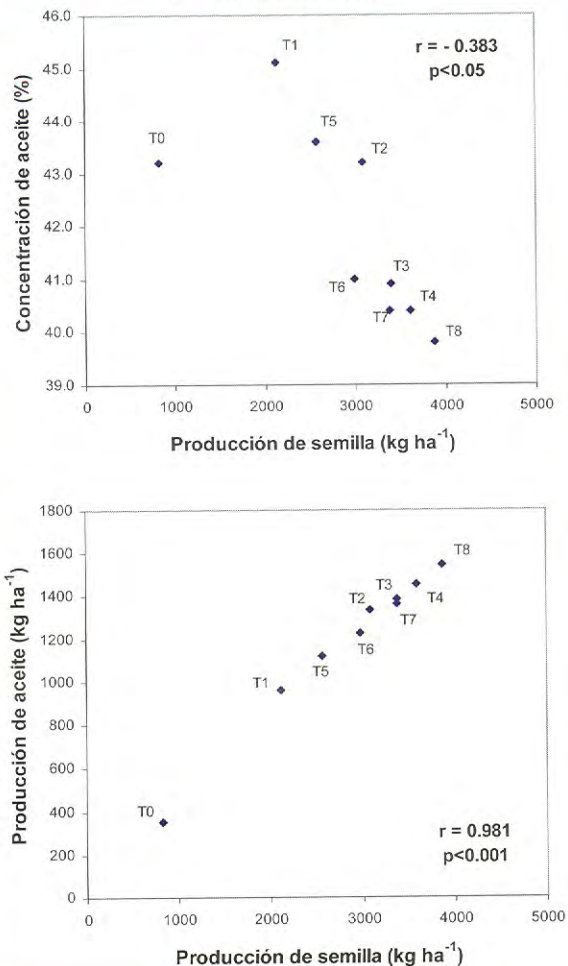
CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos evidencian que la fertilización influye de forma positiva y altamente significativa en la producción de semilla de colza y en la producción de aceite por unidad de superficie. Ambas producciones pueden cuadruplicarse con un aporte adecuado de fertilizante. Por el contrario, con el incremento de la dosis de fertilizante, se aprecia cierto efecto depresivo en la concentración de aceite de la semilla, debido al efecto de dilución.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por la Empresa FERTIBERIA S.A. (Proy. Ref.: OOT: 2006006-3), Junta de Castilla y León (Proy. Ref.: CSI04A07) y Proyecto: 0128_PROBIOENER_2_E (Programa de Cooperación Transfronteriza España-Portugal, UE/FEDER). Los autores agradecen la colaboración técnica de J.C. Estévez y M.C. Esteban Hernández.

Figura 1. Correlación entre producción de semilla y concentración de aceite, y entre producción de semilla y producción de aceite



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Camps, M.; Marcos, F. 2002. *Los Biocombustibles*. Ediciones Mundi-Prensa, 366 pp. Madrid (España).
- FEDNA 2003. *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos* (2ª ed.). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 423 pp. Madrid (España).
- García Ciudad, A.; Petisco, C.; García Criado, L.; Vázquez de Aldana, B.R.; García Criado, B. 2009. Efecto de la fertilización en la producción de biomasa aérea y concentraciones de nitrógeno y fósforo en plantas de colza. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, R. Reiné et al. (Eds.). Gráficas Alós. Huesca (España), 237-243.
- García Ciudad, A., Petisco, C., Vázquez de Aldana, B.R., García Criado, L., García Criado, B. 2010. Producción de semilla y contenido de proteína de colza cultivada en el Oeste español. En: *Pastos. Fuente Natural de Energía*, A. Calleja et al. (Eds.). Universidad de León - Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, León (España), 115-120.
- Guerrero García, A. 1999. *Cultivos herbáceos extensivos*. Mundi-Prensa, 831 pp. Madrid (España).
- Junta de Castilla y León. 2006. Colza: El cultivo de moda; estrategia de la UE para los biocarburantes. *Tierras de Castilla y León: Agricultura*, 122, 94-110.
- López Bellido, L. 2002. *Cultivos industriales*. Ediciones Mundi-Prensa, 1071 pp. Madrid (España).
- Provedo Pisano, R.; Díez Antolínez, R. 2006. *El cultivo de la colza en Castilla y León. Resultados de los ensayos, campaña 2005-06*. Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL), Junta de Castilla y León, 55 pp. Valladolid (España).