



CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE CANOLA (*Brassica napus* L.) DE OTOÑO-INVIerno EN ZACATECAS, MÉXICO

GROWTH AND PRODUCTION OF AUTUMN-WINTER CANOLA (*Brassica napus* L.) FORAGE IN ZACATECAS, MEXICO

Ricardo A. Sánchez-Gutiérrez¹, Alejandro Espinoza-Canales²,
Alberto Muro-Reyes³ y Héctor Gutiérrez-Bañuelos^{3*}

¹ Campo Experimental Zacatecas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. km 24.5 Carr. Zacatecas-Fresnillo. 98500, Calera de V. R., Zacatecas, México. Tel.: 01-800-088-2222 Ext. 82301. ² Unidad Académica de Agronomía, Universidad Autónoma de Zacatecas. km 15.5 Carr. Zacatecas-Guadalajara. 98170, Cieneguillas, Zacatecas, México. ³ Unidad Académica de Medicina Veterinaria, Universidad Autónoma de Zacatecas. km 31.5 Carr. Zacatecas-Fresnillo. 98500, Enrique Estrada, Zacatecas, México. Tel.: 01(478)98-5-12-55.

*Autor para correspondencia (hgutierrez@uaz.edu.mx)

RESUMEN

La canola (*Brassica napus* L.) puede representar una alternativa como cultivo forrajero para el ciclo otoño-invierno (O-I); sin embargo, se desconoce el momento de cosecha para lograr los máximos rendimientos de materia seca. El objetivo del estudio fue determinar en dos variedades de canola la acumulación de la materia seca y sus componentes morfológicos durante 10 fechas de corte, y así poder identificar el momento óptimo de cosecha para el ciclo O-I en Zacatecas, México. Las variedades Canorte 2010 y Hyola 401 fueron evaluadas en un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones. La cosecha de las plantas se realizó manualmente los días 9, 16, 23, 30, 42, 49, 56, 63, 70 y 77 después de la siembra. Las variables medidas fueron rendimiento de forraje seco, producción de materia seca de hoja verde, tallo, flor/botón, silicua y hoja muerta. La dinámica de crecimiento en la producción de forraje seco en las dos variedades de canola presentó un incremento constante y significativo ($P \leq 0.05$) a partir del día 23 hasta el 63, donde Hyola 401 tuvo una mayor producción ($P \leq 0.05$). El valor máximo de la tasa de crecimiento se presentó al día 63 después de la siembra, con un promedio de 69.2 y 59.3 kg MS ha⁻¹ d⁻¹, respectivamente, para Hyola 401 y Canorte 2010. Se concluye que la fecha óptima de corte para incrementar el rendimiento de forraje seco es el día 63 después de la siembra, y que la variedad Hyola 401 muestra mayores rendimientos de materia seca.

Palabras clave: Canola, rendimiento de forraje, tasa de crecimiento, fecha de corte.

SUMMARY

Canola (*Brassica napus* L.) might represent an alternative as a forage crop for Autumn-Winter cycle; however, the harvest time to achieve maximum yields of dry matter. The objective of this study was to determine in two canola varieties the accumulation of dry matter is unknown and its morphological components during 10 cut dates, and thus, be able to identify the optimum harvest time for the Autumn-Winter cycle in Zacatecas, Mexico. The Varieties Canorte 2010 and Hyola 401 were evaluated under a completely randomized experimental design with three replications. Plants were manually harvested at 9, 16, 23, 30, 42, 49, 56, 63, 70 and 77 days after planting. Traits measured were dry forage yield, dry matter yield of green leaf, stem, flower/button, siliqua, and dead leaf. The dynamics of growth in dry forage production in the two varieties of canola showed a constant and significant ($P \leq 0.05$) increase and statistically significant from day 23 to day 63, where Hyola 401 showed higher production ($P \leq 0.05$). The maximum value of growth rate

was observed at day 63 after planting, with an average of 69.2 and 59.3 kg MS ha⁻¹ d⁻¹, respectively for Hyola 401 and Canorte 2010. It is concluded that the optimal harvest time to increase dry forage yield is day 63 after planting, and that Hyola 401 variety shows higher yields of dry matter.

Index words: Canola, forage yield, growth rate, harvest time.

INTRODUCCIÓN

La canola (*Brassica napus* L.) es una especie oleaginosa que pertenece a la familia Brassicaceae y es comúnmente conocida como colza, nabo o rape. Es un cultivo que se siembra en muchas partes del mundo y se utiliza para la producción de aceite, pasta, miel y forraje. La canola tiene una amplia adaptación climática, su temperatura óptima es de 20 °C y responde a los climas templados fríos. Aunque en estado vegetativo puede soportar hasta -4.5 °C, las temperaturas cercanas a los 0 °C causan daño a los órganos florales. Los requerimientos hídricos para el ciclo completo son de 450 mm, pero alrededor del 50 % es indispensable durante el periodo de floración al llenado de grano (Ruiz *et al.*, 2013).

La canola es considerada de buena calidad para uso forrajero, se puede aprovechar también como heno e incluso conservar en forma de ensilaje (Balakhial *et al.*, 2008; Koch *et al.*, 2002). Otro uso es como forraje bajo pastoreo, ya que responde al rebrote y produce 2.5 t MS ha⁻¹ después de los dos meses (Judson *et al.*, 2013). De Ruiter *et al.* (2009) recomiendan para el pastoreo variedades con proporción de por lo menos el 50 % de hoja, con respecto a todos los componentes morfológicos, mientras que Cheema *et al.* (2012) reportaron que existe hasta 1 t de variación en la acumulación de materia seca entre variedades de canola; por lo tanto, es importante seleccionar variedades con las mejores características forrajeras y que tengan alta producción de materia seca.

En los sistemas intensivos de producción de leche en México el forraje de canola en otoño-invierno (O-I) es una alternativa para el ahorro del recurso hídrico, ya que presenta la mayor eficiencia de uso de agua con 1.9 kg MS m⁻³ de agua, comparado con los cultivos tradicionales como la avena (*Avena sativa* L.), triticale (*Triticosecale*) y balli-co (*Lolium perenne* L.) que produjeron 1.35, 1.50 y 1.11 kg MS m⁻³ de agua, respectivamente (Cruz *et al.*, 2012). En Zacatecas, la superficie dedicada en O-I de 2014 para la siembra de los cultivos forrajeros avena, triticale, cebada (*Hordeum vulgare* L.) y trigo (*Triticum* spp.) fue mayor a siete mil hectáreas (SIAP, 2015).

La canola tiene potencial para ser un cultivo alternativo a los cereales de grano pequeño en las regiones donde el agua de riego proveniente del subsuelo empieza a ser una limitante. En Zacatecas, durante el ciclo O-I se desconoce el periodo donde se optimizan los rendimientos de materia seca en variedades de canola y la morfología que la conforma. El objetivo del presente estudio fue determinar en dos variedades de canola la acumulación de la materia seca y sus componentes morfológicos durante 10 fechas de corte, y así poder identificar el momento óptimo de cosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

El experimento se llevó a cabo en el Campo Experimental Zacatecas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en las coordenadas geográficas 23° 36' latitud N, 102° 39' longitud O y a una altitud de 2192 msnm. El suelo es franco arenoso con pH de 7. El clima es semiárido y durante los meses de septiembre a diciembre la precipitación, temperaturas mínimas y máximas históricas son 118 mm, 2 y 22 °C, respectivamente (Medina y Ruiz, 2004). En los meses de

evaluación del año 2013 la precipitación reportó 14 % (135 mm) más de lo esperado con relación al histórico (Figura 1).

Material genético, diseño y unidad experimental

Se evaluaron las variedades de canola Canorte 2010 y Hyola 401 bajo un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones. La unidad experimental fue de cuatro surcos de 0.76 m de ancho por 50 m de largo. La parcela útil fueron los dos surcos centrales de 3 m de largo por muestreo.

Manejo del experimento

El experimento se sembró en seco el 11 de septiembre de 2013, a una densidad de siembra de 2.5 kg ha⁻¹; el mismo día de siembra se aplicó riego mediante cintilla superficial; después, los riegos se efectuaron cada tercer día hasta los 7 d, cuando se presentó la emergencia. Los riegos que se aplicaron más la lluvia acumulada de septiembre a diciembre representaron una lámina de aproximadamente 25 cm. Se aplicó una dosis de fertilización de 150-100, nitrógeno y fósforo, respectivamente. La cosecha de las plantas se realizó manualmente a los 9, 16, 23, 30, 42, 49, 56, 63, 70 y 77 días después de la siembra, cada corte presentó un desarrollo vegetativo diferente, donde se cortaron las plantas de la parcela útil y se descartó 0.5 m por cada orilla.

Variables registradas

Las variables medidas fueron rendimiento de forraje seco (FS), producción de materia seca de hoja verde (HJV), tallo (T), flor/botón (F/B), silicua (S) y hoja muerta (HJM), todas ellas en kg ha⁻¹. Para la estimación de FS se cortaron las plantas a una altura de 10 cm sobre el suelo, se pesó la biomasa y se estimó la producción de forraje verde por

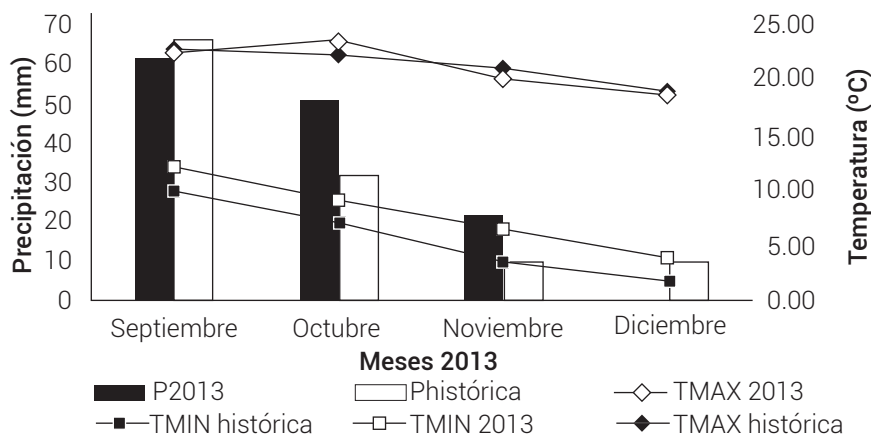


Figura 1. Precipitación mensual (mm) y temperaturas máximas y mínimas (°C) en el sitio experimental en el año 2013.

hectárea. Posteriormente, se tomó una muestra representativa de la biomasa, se pesó y se separaron las partes vegetativas de la planta en tallo, hoja verde, flor/botón, silicua y hoja muerta. Las porciones se colocaron en una bolsa de papel con la identificación de la parcela y se introdujeron a una estufa a 55 °C durante 48 h. Después del tiempo de secado se pesaron las muestras y se sumaron las partes vegetativas para determinar el contenido de materia seca (peso seco de las muestras dividido por el peso verde de la muestra representativa).

Con la producción de forraje verde y el contenido de materia seca se estimó el rendimiento de forraje seco por hectárea. También, se determinó la tasa de crecimiento (TC) mediante el forraje seco por corte entre los días transcurridos de un corte a otro (Calzada-Marín *et al.*, 2014).

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza con el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2011) y la comparación de medias se realizó mediante DMS a una probabilidad menor a 5 %. Por último, con el propósito de observar la tendencia en FS y TC se realizó un análisis de regresión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dinámica de crecimiento

En las dos variedades de canola la dinámica de crecimiento en la producción de forraje seco presentó un incremento constante y significativo ($P \leq 0.05$) a partir del día 23, con 250 y 456 kg MS ha⁻¹ hasta el día 63 con 3732 y 4359.6 kg MS ha⁻¹ para Canorte 2010 y Hyola 401, respectivamente. Después del día 63 el FS de ambas variedades mantuvieron su producción ($P \leq 0.05$), por lo que los modelos

polinomiales de segundo grado explicaron el 94.6 ($R^2 = 0.9458$) y 94.1 % ($R^2 = 0.9415$) de la variabilidad de los datos (Figura 2). Al final del crecimiento la variedad Hyola 401 superó ($P \leq 0.05$) a Canorte 2010 con 4583.3 kg MS ha⁻¹. No se presentaron interacciones significativas ($P \leq 0.05$) de variedades \times cortes.

La dinámica de crecimiento fue similar a la reportada en canola por Clarke y Simpon (1978); sin embargo, difiere un poco de la reportada por Chapman *et al.* (2009) donde al final de la curva se observa un decline en la materia seca, debido a que se tomaron las muestras hasta la madurez fisiológica del cultivo. Los resultados finales de FS son congruentes con los publicados en condiciones ambientales y temporadas similares, cuando empieza la reducción de temperaturas y horas luz (Sprague *et al.*, 2014), tal como fue en el ciclo O-I cuando se condujo el presente experimento. Los resultados del presente estudio son bajos comparados con las 10 t MS ha⁻¹ que se producen en ambientes donde las horas luz son mayores (Chapman *et al.*, 2009). Por lo tanto, para condiciones primavera-verano (P-V) en Zacatecas se pudiera asumir la obtención de rendimientos más altos que en O-I.

El comportamiento de FS entre las variedades coincide con los reportados en la Comarca Lagunera, México por Reta-Sánchez *et al.* (2017), donde Hyola 401 superó a Canorte 2010 con 22 % de materia seca en la etapa de floración completa. Estos autores mencionan una acumulación de proteína cruda en las variedades que va de 17.4 a 18.2 %, sin encontrar diferencias estadísticas.

Para las condiciones del centro norte de México, Hyola 401 es una opción como cultivo alternativo eficiente en el uso de agua para la ganadería y representa una alternativa forrajera en los sistemas donde complementan con materia seca. La tasa de crecimiento coincidió en las dos

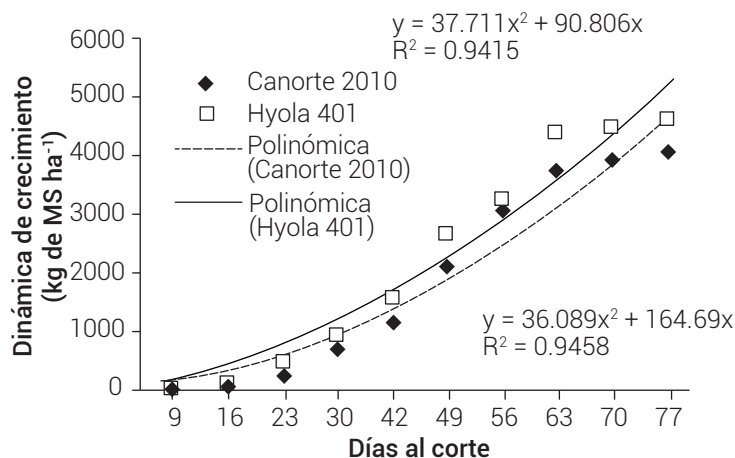


Figura 2. Dinámica de crecimiento (kg MS ha⁻¹) de dos variedades de canola durante el ciclo otoño-invierno en Zacatecas.

variedades iniciando con un incremento constante hasta llegar entre los 63 y 70 días después de la siembra, posterior a estos días, la tasa empezó a decrecer. Al día 63 en las variedades se observaba alrededor de 10 % de floración y el valor de crecimiento para Canorte 2010 fue de 59.3 kg MS ha⁻¹ d⁻¹ y para Hyola 401 de 69.2 kg MS ha⁻¹ d⁻¹.

El modelo que mejor ajustó fue un polinomial de tercer grado, con un coeficiente de determinación para cada variedad alto, R² > 0.99 (Figura 3). Diepenbrock (2000) menciona que la tasa de crecimiento en *Brassica napus* la determina el dosel del cultivo cerrado y la radiación interceptada, donde a menor intercepción se presenta menor crecimiento. Este proceso está relacionado con poca área fotosintéticamente activa debido al declive del índice de área foliar que ocurre al inicio de la floración. Sincik *et al.* (2007) reportaron que la mejor etapa de desarrollo para realizar el corte en canola es cuando la planta finalizó la floración, después de este periodo el incremento de materia seca no es significativo; sin embargo, Espinoza-Canales *et al.* (2017) reportaron que los mayores niveles de proteína cruda se obtienen cuando la planta se encuentra al 5 % de floración, ya que al 90 % la proteína cruda disminuye del 26 al 12 %.

Estos mismos autores reportan un incremento en la cantidad de fibra detergente ácida de 28 a 52 % comparando el 5 y 90 % de floración, respectivamente. En el presente trabajo el día 63, que fue cuando las variedades presentaron la mayor tasa de crecimiento, coincide con la dinámica de crecimiento del FS que se mantiene constante. Por lo tanto, se puede asumir que alrededor del día 63 o inicio de floración (10 %) es cuando se logra el mejor potencial forrajero para la canola en el ciclo O-I en Zacatecas.

Componentes morfológicos

La acumulación de materia seca de los componentes morfológicos de las variedades varió significativamente, en los tallos se observó un incremento a partir del día 23 hasta el 70, al último corte Hyola 401 registró 3048 kg MS ha⁻¹, mientras que Canorte 2010, 2675 kg MS ha⁻¹ (P ≤ 0.05). La materia seca de hojas verdes en las variedades aumentó (P ≤ 0.05) a partir del día 16 y se observó el máximo valor al 63, Hyola 401 superó a Canorte 2010 con 1004 kg MS ha⁻¹ (P ≤ 0.05). La mayor acumulación de flor/botón se observó de los días 56 al 70 con rendimientos de 117 a 175 kg MS ha⁻¹, las variedades fueron similares (P > 0.05). En la materia seca de silicuas se observó un incremento (P ≤ 0.05) lineal a partir del día 56 hasta el último corte, Canorte 2010 reportó el mayor valor con 894.7 kg MS ha⁻¹, mientras que Hyola 401 acumuló 609 kg MS ha⁻¹ (P ≤ 0.05).

La materia seca de hojas muertas empezó a partir del día 49, se observaron valores significativos y altos para el día 56 en las dos variedades, Hyola 401 presentó 214 kg MS ha⁻¹ y Canorte 2010 70 kg MS ha⁻¹ (Figura 4). Al día 63 el tallo y hoja verde fueron los componentes que conformaron la materia seca; sin embargo, el porcentaje de hoja verde por cada variedad fue bajo, en Hyola 401 fue de 23 % y en Canorte 2010 de 18 %. La buena calidad nutricional de la planta completa está ligada al porcentaje de hoja, mientras que la baja calidad se relaciona con la cantidad de tallos, ésto se debe a que el tallo contiene más fibra y poca proteína (Westwood y Mulcock, 2012).

Las investigaciones realizadas con el consumo de canola en pastoreo mencionan que el ganado disminuye el consumo voluntario de forraje a medida que aumenta la proporción de los tallos, lo que pudiera afectar el comportamiento productivo (Chapman *et al.*, 2009). De acuerdo

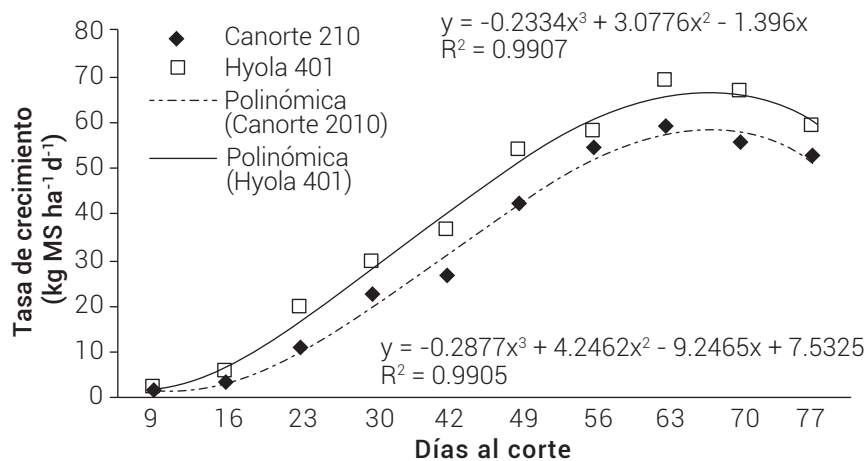


Figura 3. Tasa de crecimiento a través del tiempo de las variedades de canola durante el ciclo otoño-invierno en Calera, Zacatecas, 2013.

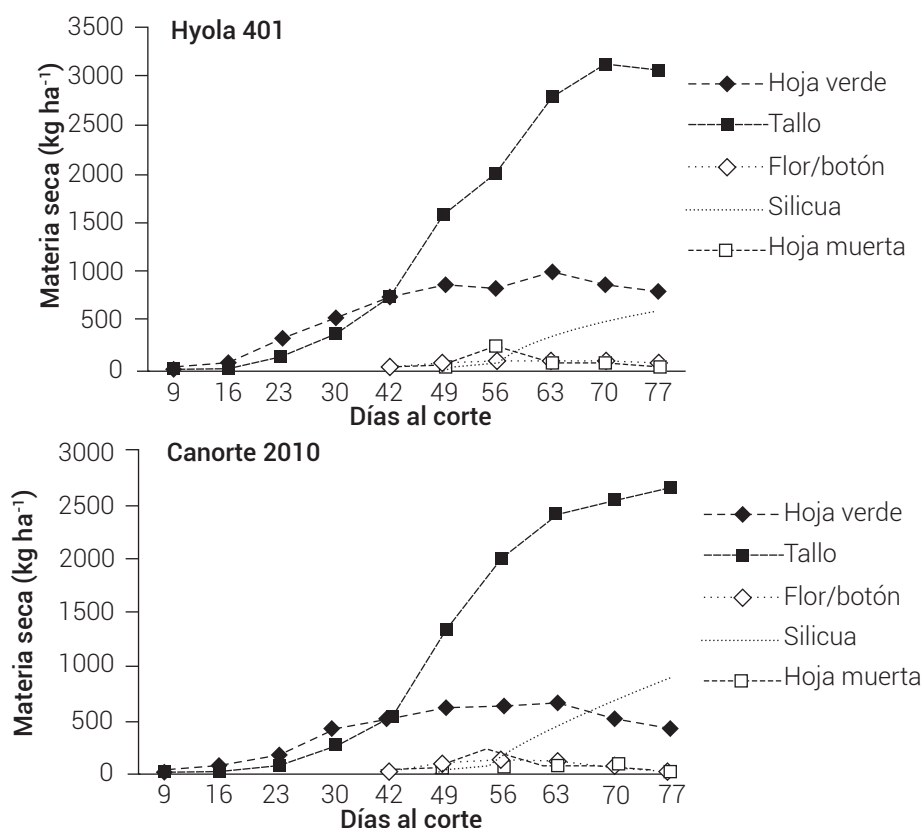


Figura 4. Acumulación de materia seca por componente morfológico a través del tiempo en dos variedades de canola durante el ciclo otoño-invierno en Zacatecas, 2013.

con la proporción hoja-tallo para pastoreo, el uso de estas variedades sería entre los días 30 y 42, que es cuando las plantas tienen arriba del 50 % de la producción de hoja, aunque, el rendimiento se sacrifica. Debido a que el máximo rendimiento de las variedades no concuerda con la máxima proporción de hoja-tallo para el pastoreo, se pudiera asumir que las variedades tienen un enfoque hacia la producción de grano, por lo que se recomienda que el corte a los 63 días sea para ensilaje.

Con respecto a las variedades, Hyola 401 promete ser una variedad con más potencial forrajero para ensilar, mientras que Canorte 2010 posee características de producción de grano debido a que su ganancia en la acumulación de silicua fue mayor. Se recomienda realizar evaluaciones de variedades con características para el uso de pastoreo, las cuales coincidan con el máximo rendimiento de materia seca con una proporción de hoja mayor al 50 %.

CONCLUSIONES

La dinámica de crecimiento de las variedades mostró el máximo rendimiento de forraje seco al día 63 después de la siembra, lo que coincide con la máxima tasa de crecimiento.

Por lo tanto, alrededor de este día se recomienda realizar el corte para lograr los mayores rendimientos de canola en el ciclo O-I. Para un mejor aprovechamiento de la canola en O-I se recomienda la variedad Hyola 401, y de acuerdo con la proporción de hoja verde, utilizarla para ensilaje al día 63 y para pastoreo del día 30 al 42 después de la siembra.

BIBLIOGRAFÍA

- Balakhial A., A. A. Naserian, A. Herabi Moussavi, F. Eftekhar Shahrodi and R. Vali Zadeh (2008) Changes in chemical composition and *in vitro* DM digestibility of urea and molasses treated whole crop canola silage. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 7:1042-1044.
- Calzada-Marín J. M., J. F. Enríquez-Quiroz, A. Hernández-Garay, E. Ortega-Jiménez y S. I. Mendoza-Pedroza (2014) Análisis de crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en clima cálido subhúmedo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 5:247-460.
- Chapman G., E. Bork, N. Donkor and R. Hudson (2009) Yields, quality and suitability of four annual forages for deer pasture in North Central Alberta. *The Open Agriculture Journal* 3:26-31, doi: 10.2174/1874331500903010026.
- Cheema M. A., A. Sattar, M. A. Wahid, M. F. Saleem and S. Sadiq (2012) Growth, yield and quality response of various canola cultivars under agro-ecological condition of Faisalabad. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 49:35-39.
- Clarke J. M. and G. M. Simpson (1978) Growth analysis of *Brassica Napus* cv. Tower. *Canadian Journal of Plant Science* 58:587-595, <https://doi.org/10.4141/cjps78-092>.

- Cruz C. J. J., G. Núñez H., R. Faz C., D. G. Reta S. y H. A. Serrato M. (2012) Potencial forrajero y eficiencia de uso del agua de canola (*Brassica napus* L.) en comparación con cultivos tradicionales en el ciclo de invierno. *AGROFAZ* 12:125-130.
- De Ruiter J., D. Wilson, S. Maley, A. Fletcher, T. Fraser, W. Scott, S Berryman, A. Dumbleton and W. Nichol (2009) Management Practices for Forage Brassicas. Forage Brassica Development Group. Christchurch, New Zealand. 62 p.
- Diepenbrock W. (2000) Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Field Crops Research* 67:35-49, [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(00\)00082-4](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(00)00082-4).
- Espinoza-Canales A., H. Gutiérrez-Bañuelos, R. A. Sánchez-Gutiérrez, A. Muro-Reyes, F. J. Gutiérrez-Piña y A. Corral-Luna (2017) Calidad de forraje de canola (*Brassica napus* L.) en floraciones temprana y tardía bajo condiciones de temporal en Zacatecas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 8:243-248. <http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v8i3.4501>.
- Judson H. G., D. G. Ferguson, M. K. Cutts and A. J. E. Moorhead (2013) Live-weight gain of lambs grazing three forage rapes wich differ in total dry matter yield. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 75:257-260.
- Koch D. W., C. Kercher and R. Jones (2002) Fall and winter grazing of brassicas – a value-added opportunity for lamb producers. *Sheep and Goat Research Journal* 17:1-13.
- Medina G. G. y J. A. Ruiz C. (2004) Estadísticas Climatológicas Básicas del Estado de Zacatecas (Período 1961-2003). Libro Técnico Núm. 3. Campo Experimental Zacatecas, Centro de Investigación Regional Centro Norte, INIFAP. Calera de V. R., Zacatecas, México. 240 p.
- Reta-Sánchez D. G., J. S. Serrato-Corona, H. M. Quiroga-Garza, U. Figueroa-Viramontes y A. Gaytán-Mascorro (2017) Potencial forrajero de cultivares de canola primaverales e invernales en la Comarca Lagunera, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 40:227-233.
- Ruiz C. J. A., G. Medina G., I. J. González A., H. E. Flores L., G. Ramírez O., C. Ortiz T., K. F. Byerly M. y R. A. Martínez P. (2013) Requerimientos Agroecológicos de Cultivos. 2ª edición. Libro Técnico Núm. 3. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco, Centro de Investigación Regional Pacífico, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. 564 p.
- SAS Institute (2011) SAS® 9.3 Companion for Windows. Statistical Analysis System Institute. Cary, NC, USA. 694 p.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2015) Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. México. http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/ (Abril 2018).
- Sincik M., U. Bilgili, A. Uzun and E. Acikgoz (2007) Short communication. Harvest stage effects on forage yield and quality for rape and turnip genotypes. *Spanish Journal of Agricultural Research* 5:510-516, doi: 10.5424/sjar/2007054-286.
- Sprague S. J., J. A. Kirkegaard, J. M. Graham, H. Dove and W. M. Kelman (2014) Crop and livestock production for dual-purpose winter canola (*Brassica napus*) in the high-rainfall zone of south-eastern Australia. *Field Crops Research* 156:30-39, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.10.010>.
- Westwood C. T. and H. Mulcock (2012) Nutritional evaluation of five species of forage brassica. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 74:31-38.