

Efectos de la etapa de crecimiento de la planta en el rendimiento, el valor alimenticio y algunos caracteres morfológicos de la facelia (*Phacelia tanacetifolia* Benth.)

E. Ates¹, L. Coskuntuna² y A.S. Tekeli¹

¹Department of Field Crops, Faculty of Agricultural, University of Namik Kemal, Tekirdag, Turkey.

²Department of Animal Science, Faculty of Agricultural, University of Namik Kemal, Tekirdag, Turkey.

Correo electrónico: ertan_ates@hotmail.com

El propósito de esta investigación fue determinar el rendimiento, algunos caracteres morfológicos y los valores alimenticios de la facelia (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) en diferentes etapas de crecimiento (botón, floración media y floración completa). El diseño experimental fue de bloques completamente al azar con tres réplicas. La altura máxima de la planta (106.33 cm) se midió para la facelia en la etapa de floración completa. La etapa de crecimiento correspondiente al botón tuvo la mayor proporción hoja/tallo (0.60). Las etapas de desarrollo floración media y floración completa mostraron los mayores rendimientos de forraje verde (60.20 hasta 60.47 t ha⁻¹) y materia seca (9.77 hasta 9.87 t ha⁻¹). La etapa de botón evidenció mayor valor de PB (13.22 %) con respecto a las otras etapas. La mayor tasa de FAD (37.33 %) se determinó en las plantas en etapa de floración completa, mientras que los valores máximos de FND (45.43-45.60 %) y LAD (22.43-23.70 %) se encontraron en las etapas de floración media y de floración completa. No hubo diferencias significativas entre la longitud de la hoja (19.76-20.11 cm), el número de hojas por planta (27.65-30.21), el diámetro del tallo principal (5.48-5.77 mm) y los contenidos de Ca (0.97-0.98 %) y Mg (0.37-0.39 %). Las diferencias en el contenido de P (0.42-0.67 %) y K (2.27-2.38 %) en las etapas de crecimiento fueron significativas. Se concluye que en la región subtropical en condiciones secas, la facelia se puede sembrar para obtener valores máximos de rendimiento de forraje verde, rendimiento de materia seca y contenidos minerales. La facelia constituyó un alimento balanceado para los animales durante todo el período de crecimiento.

Palabras clave: *facelia*, *forraje*, *etapa de crecimiento*, *Phacelia tanacetifolia* Benth., *rendimiento*.

La facelia (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) está incluida dentro de la familia Boraginaceae, *Phacelia* Juss. Este género contiene alrededor de 200-230 especies. La facelia es una fuente importante de néctar de alta calidad y polen para las abejas melíferas (*Apis spp.*) y los abejorros (*Bombus spp.*). Además, se usa para forraje, y como cultivo ornamental y de cobertura.

La facelia es una planta herbácea, erecta, de floración anual de día largo y puede sobrevivir a -8 °C. Se ha informado que su altura puede oscilar entre 15 y 119 cm (Gilbert 2003 y Karadag y Buyukburc 2003a y Geren y Kaymakkavak 2007). Originaria de la parte norte y oeste de América, se cultivó para forraje y cría de abejas durante el siglo XX. La facelia está adaptada a un amplio rango de tipos de suelos, pero se adapta mejor a regiones bajas con buen drenaje, suelos arcillosos, arcilloso-limosos, arenoso-arcillosos, franco-arcillosos y de textura aireada de pH desde 5 hasta 8.5. Se ha sembrado de forma exitosa en áreas que reciben entre 350 y 900 mm de precipitación anual.

La facelia aparece en la lista como una de las veinte flores productoras de miel para abejas melíferas y resulta muy atractiva también para los abejorros y las moscas de las flores (mosca de la familia Syrphidae). Su hábito de florecer abundantemente y por un período largo puede incrementar el número y la diversidad de los insectos beneficiosos. La facelia es también útil como flor de corte debido a sus inusuales y atractivas inflorescencias, fuertes tallos, y larga vida en floreros (Gilbert 2003).

Se evaluaron forrajes que difieren en cuanto a características morfológicas y etapa de crecimiento a la

hora de la cosecha para determinar los efectos en variables que se asumieron estaban relacionadas con las características del alimento. Sin embargo, muchos factores determinan el efecto del valor alimenticio de los cultivos forrajeros y de su composición mineral en la digestibilidad y consumo del alimento. Los factores que influyen en el valor alimenticio de los cultivos forrajeros durante el crecimiento y el desarrollo se incluyen; a) factores climáticos, b) etapa de crecimiento, c) época de corte, d) proporción hoja/tallo, e) daño por enfermedad, f) daño por insectos, g) proporción de malas hierbas e i) características de los suelos (Tekeli y Ates 2006). El objetivo de esta investigación fue determinar el rendimiento, algunos caracteres morfológicos y el valor alimenticio de la facelia en diferentes etapas de crecimiento.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó durante la etapa de crecimiento de 2006-2007 (noviembre-junio) en suelo xeralf con pH 7.2 en el área experimental del Departamento de Cultivos de Campo (41.0 °N, 27.5 °E) de la Facultad de Agricultura de la Universidad Namik Kemal, localizada a aproximadamente 5 m de altitud sobre el nivel del mar y con una precipitación total de 482 mm como promedio y una temperatura anual general de 10.5 °C. El suelo donde se llevó a cabo el estudio tenía bajo contenido de materia orgánica (1.02-1.22 %), moderado de fósforo (P) (promedio de 63.1 kg ha⁻¹), pero rico en potasio (K) (534.2 ha⁻¹). El experimento se diseñó como bloque completamente al azar con tres réplicas.

Se usaron semillas certificadas de facelia variedad Turan-92. Esta variedad se obtuvo del Departamento de Cultivos de Campo, de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Gaziosmanpasa. Cada parcela (12.5 m² por parcela) consistió en 10 surcos a 25 cm cada uno y con 5 m de longitud. Las semillas se sembraron a una tasa de 20 kg ha⁻¹ (Karadag y Buyukburc 2003b), de forma manual, el 7 de noviembre de 2006 y el 4 de noviembre de 2007. Las parcelas no fueron irrigadas o fertilizadas después de sembradas. La altura de la planta (cm), el número de hojas por planta y la proporción hoja/tallo se determinaron en veinte plantas, que fueron escogidas al azar en cada parcela. Las muestras se separaron manualmente en los componentes hoja y tallo (incluyendo la envoltura de la hoja y la inflorescencia). Los componentes se pesaron y el peso seco de la hoja se dividió por el peso seco del tallo para calcular la proporción hoja/tallo (Ates 2009). Se midió el diámetro del tallo principal (mm) entre el sexto y el séptimo nódulo. Se midió la longitud de la hoja (cm) en la hoja del sexto nódulo de las plantas. Se realizó un corte en cada año en las tres etapas de crecimiento tales como desarrollo del botón (primer año: 17 de abril, segundo año: 20 de abril), floración media (primer año: 2 de mayo, segundo año: 6 de mayo) y floración completa (primer año: 20 de mayo, segundo año: 20 de mayo) a 3 cm de altura desde el nivel del suelo (Tekeli y Ates 2006). El rendimiento del forraje verde (t ha⁻¹) se determinó en 3 m² y después se calculó por hectárea. Aproximadamente 500 g de muestras de plantas se secaron a 55 °C durante 24 h y se almacenaron durante un día a temperatura ambiente. Después, se calculó el rendimiento de material seca (t ha⁻¹) (Tekeli y Ates 2006).

Se analizaron las muestras de forraje para determinar nitrógeno (N) mediante los procedimientos de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC 2007). Luego de que a las muestras vegetales se le agregara ácido nítrico-perclórico, se determinó el contenido de P (%) con el espectrofotómetro. Los contenidos (%) de K, calcio (Ca) y magnesio (Mg) se hallaron mediante espectrofotómetro de absorción atómica. Los contenidos (%) de proteína bruta (PB) de las muestras se determinaron multiplicando los contenidos de N por un coeficiente de 6.25. Los contenidos (%) de fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina ácido detergente (LAD) se determinaron siguiendo los procedimientos descritos por Kok *et al.* (2007). Todas las muestras se analizaron por triplicado. Los resultados se analizaron usando el paquete estadístico TARIST. Este mismo programa estadístico se utilizó para la prueba de comparación (la mínima diferencia significativa de Fisher, MDS) de las medias.

Resultados y Discusión

Las interacciones de los rasgos y los años no fueron significativas. Por esta razón, se compararon las medias de dos. Los resultados de los análisis para los rasgos estudiados se muestran en la tabla 1. No hubo diferencias significativas entre el largo de la hoja (19.76-20.11 cm), el número de hojas por planta (27.65-30.21), el diámetro del tallo principal (5.48-5.77 mm), y los contenidos de Ca (0.97-0.98 %) y Mg (0.37-0.39 %).

La altura de la planta, el largo del tallo principal, el número de ramas por planta, el diámetro del tallo principal, el número de hojas por planta, el largo de la hoja y el

Tabla 1. Rendimiento, algunas características morfológicas y valores alimenticios de la facelia en diferentes etapas de crecimiento

Indicadores	Etapas de Crecimiento			EE±	Sign.
	Botón	Floración Media	Floración completa		
Altura de la planta, cm	100.33 ^c	103.66 ^b	106.33 ^a	4.38E-01	*
Número de hojas por planta	30.21	29.31	27.65	3.11E-01	NS
Largo de la hoja, cm	20.11	19.76	20.03	3.67E-01	NS
Proporción hoja/tallo	0.60 ^a	0.52 ^b	0.46 ^c	9.19E-03	**
Diámetro del tallo principal, mm	5.67	5.77	5.48	3.01E-01	NS
Rendimiento de forraje verde, t ha ⁻¹	55.66 ^b	60.20 ^a	60.47 ^a	3.83E-01	**
Rendimiento de material seca, t ha ⁻¹	9.26 ^b	9.87 ^a	9.77 ^a	8.30E-02	**
Proteína bruta, %	13.22 ^a	10.21 ^b	9.65 ^c	9.83E-02	**
FAD, %	36.20 ^b	36.40 ^b	37.33 ^a	1.60E-01	**
FND, %	41.42 ^b	45.43 ^a	45.60 ^a	1.73E-01	**
LAD, %	16.41 ^b	22.43 ^a	23.70 ^a	2.33E-01	**
K, %	2.27 ^b	2.30 ^b	2.38 ^a	8.83E-03	**
Ca, %	0.97	0.98	0.98	1.21E-02	NS
P, %	0.42 ^b	0.63 ^a	0.67 ^a	7.77E-03	**
Mg, %	0.37	0.39	0.39	2.23E-02	NS

*P < 0.05 **P < 0.01 NS: P > 0.01 y 0.05

peso de esta son caracteres importantes usados para determinar el rendimiento de forraje verde y de materia seca; mientras que, el largo de la hoja, el peso de la hoja, la proporción hoja/tallo, la proteína, la fibra y el contenido de minerales son rasgos importantes para la calidad del forraje. Sin embargo, el contenido de minerales en las plantas es afectado por muchos factores, tales como el suelo, el clima, la estación, el manejo, la planta y la etapa de crecimiento de la planta. La máxima altura de la planta (106.33 cm) ($P < 0.05$) se midió en la facelia en la etapa de floración completa. La mínima altura de la planta (100.33 cm) se encontró en la facelia en la etapa de botón. La primera etapa de crecimiento tuvo la mayor proporción hoja/tallo (0.60). Los valores de la altura de la planta fueron similares a los de Gilbert (2003), Geren y Kaymakkavak (2007), Anon (2010a) y Anon (2010b). Estos plantearon que la altura de la planta cambió desde 15 hasta 119 cm en la etapa de floración; mientras que Karadag y Buyukburc (2003a) informaron que la planta crece desde 38.7 hasta 54.5 cm.

El rendimiento de forraje verde, rendimiento de materia seca, la tasa de proteína bruta, los contenidos de fibra y minerales son caracteres muy importantes para la producción y calidad del forraje. Los principales factores que influyen en el valor alimenticio potencial de la facelia durante el crecimiento y el desarrollo son: la etapa de crecimiento a la hora del corte; la proporción hoja/tallo; los factores climáticos y edáficos, tales como la locación geográfica, estacional y la variación anual, la variación diurna asociada a la iluminación, el ambiente y la temperatura del suelo, el tipo de suelo, la humedad del suelo, y la fertilidad del suelo; el daño por enfermedad e insectos; y las infestaciones por malas hierbas. La etapa de crecimiento a la hora del corte es a menudo el factor que más fácilmente se controla. Las etapas de crecimiento de floración media y floración completa mostraron el mayor rendimiento de forraje verde (60.20 hasta 60.47 t ha⁻¹) y rendimiento de materia seca (9.77 hasta 9.87 t ha⁻¹) (tabla 1). Los menores rendimientos de forraje verde (10.68 hasta 21.23 t ha⁻¹) y de materia seca (3.00 hasta 6.00 t ha⁻¹) se reportaron por Basbag *et al.* (2001) y Karadag y Buyukburc (2001).

La etapa de crecimiento de botón mostró mayor valor ($P < 0.01$) que otras etapas de crecimiento para la PB (13.22 %). La mayor proporción de FAD (37.33 %) se determinó en plantas en la etapa de floración completa, mientras que la máxima tasa de FND (45.43-45.60 %) y LAD (22.43-23.70 %) se encontró en las etapas de floración media y floración completa (tabla 1). La PB y la fibra bruta (FB) se han usado ampliamente para clasificar el forraje, y su utilización ha hecho posible formular dietas. Los alimentos fibrosos se han definido, con algunas excepciones, como los forrajes que tienen más de 18 % de FB en la materia seca, contrario a los concentrados, que se definen como que tienen menos de 18% de FB (Fisher *et al.* 1995). En las plantas, la proteína está concentrada en las porciones de crecimiento

activo, especialmente las hojas y las semillas. El valor biológico de una proteína es el porcentaje de la proteína digestible del forraje o las mezclas de forraje que son usables como una proteína por el animal. La mayoría de los forrajes contienen algo de proteína, pero la cantidad y calidad de la proteína varía considerablemente de un forraje a otro y la digestibilidad de la proteína también varía (Ensminger *et al.* 1990). La fibra neutro detergente (FND) se aproxima al total de los constituyentes de la pared celular que incluyen las hemicelulosas, sin embargo la fibra ácido detergente (FAD) representa principalmente la celulosa, la lignina y las cenizas. En general, los forrajes que contienen menos de 70 % de FND y más de 8 % de proteína bruta tendrán suficiente proteína y energía digestible, vitaminas, y minerales para mantener animales más viejos. Por lo tanto, incluso muchos forrajes de baja calidad y residuos de cultivos pueden satisfacer las necesidades de mantenimiento de algunas clases de animales, si la proteína y los minerales son adecuados (Ball *et al.* 2001). El forraje con bajo contenido de FND o FAD es mejor en calidad que el que tiene altos contenidos de FND o FAD. La FND está estrechamente asociada con el consume total potencial del forraje por el animal mientras que la FAD está más estrechamente relacionada con la digestibilidad del forraje. Por tanto, ambos valores se utilizan para predecir la calidad del forraje. Las vacas lecheras altas productoras necesitan heno con al menos 20 % de PB, menos de 30 % FAD, y menos de 40 % FDN. Los forrajes con mejores valores de PB, FAD y FDN no son necesariamente mejores para la producción de leche. Cuando la PB es mayor de 25 %, la FAD es menor de 25 %, y/o la FND es menor de 35 %, muchos forrajes pasan a través del rumen sin ser absorbidos y son esencialmente desechados (Redfearn *et al.* 2008). Los animales monogástricos carecen de las enzimas necesarias para desdoblar los enlaces de las moléculas de glucosa en la fibra. Por tanto, son malos consumidores de los cultivos de forrajes fibrosos. Los microorganismos en el rumen contienen las enzimas celulósicas; por tanto, el forraje que tiene alto contenido de fibra se puede utilizar efectivamente por los rumiantes (Tekeli y Ates 2006). Los efectos de diferentes distancias entre surcos en el rendimiento del pasto y en algunas otras características del rendimiento y la calidad de las variedades de facelia fueron investigados por Geren y Kaymakkavak (2007). Estos autores informaron que las proporciones de PB de la facelia varían desde 12.1 hasta 14.1 %. Los resultados de estos investigadores son similares a los hallazgos en este estudio.

Las diferencias en los contenidos de P y K en las etapas de crecimiento fueron significativos ($P < 0.01$). La etapa de crecimiento de la floración completa tuvo el mayor contenido de K (2.38 %), mientras que el menor contenido de P (0.42 %) se determinó en la facelia en la etapa de botón. Los cultivos forrajeros son fuentes importantes de minerales esenciales para la salud animal.

Los elementos minerales tienen una gran variedad de usos en el cuerpo de los animales. Como constituyentes de los huesos y los dientes, los minerales suministran fuerza y rigidez a las estructuras óseas. En sus estados iónicos en los fluidos corporales son indispensables para el mantenimiento del equilibrio ácido-base y la relación osmótica con el medio hídrico, y para actividades de integración que involucran los sistemas nervioso y endocrino. Como componentes de los pigmentos de la sangre, las enzimas y los compuestos orgánicos en tejidos y órganos son indispensables para los procesos metabólicos esenciales que involucran el intercambio de gas y las transacciones de energía (Kader *et al.* 2005). Se conoce que dieciocho elementos minerales se requieren por al menos algunas especies animales. Se pueden dividir en dos grupos (macro y microelementos) basados en la cantidad necesaria en el forraje. Los macroelementos son necesarios en cantidades que van desde una décima de gramo hasta uno o más gramos por día. Los segundos, basados en las cantidades necesarias en el forraje, son los siguientes: macroelementos: sodio (Na), cloro (Cl), Ca, P, Mg, K y azufre (S); microelementos: cromo (Cr), cobalto (Co), cobre (Cu), fluor (F), yodo (I), hierro (Fe), molibdeno (Mo), selenio (Se), silice (Si) y zinc (Zn) (Tekeli y Ates 2006). Los elementos minerales constituyen aproximadamente 1.5-5.5 % del cuerpo de los animales; de los cuales 1.4 % era de Ca, 0.8 %, de P, 0.19 %, de K, y 0.046 %, de Mg. La NRC (2001) informó que el requerimiento de los principales nutrientes minerales en vacas gestantes o lactantes es de 0.6-0.8 % para K, 0.18-0.44 % para Ca, 0.18-0.39 % para P y 0.04-0.10 % para Mg. El contenido de elementos minerales en algunas gramíneas y leguminosas fue investigado por Juknevičius y Sabienė (2007). Estos autores obtuvieron valores de 0.50-1.47 % para Ca, 0.23-0.24 % para P, 1.65-1.80 % para K y 0.14-0.30 % para Mg en algunas leguminosas forrajeras y gramíneas. Los contenidos de P, K y Mg que se registraron en el presente experimento fueron mayores que los reportados por Juknevičius y Sabienė (2007).

Se concluye que en la región subtropical bajo condiciones de secano, la facelia se puede sembrar para obtener rendimiento máximo de forraje verde, de materia seca y de contenidos minerales. La facelia constituyó un alimento balanceado para los animales durante toda la época de crecimiento.

Referencias

- Anon 2010a. Ariotu (*Phacelia tanacetifolia* Benth). Disponible: <<http://www.cinarziraat.com/site/site.asp>> [Consultado: Junio 2010]
- Anon 2010b. Purple Tansy, *Phacelia tanacetifolia*. Disponible: <<http://theseedsite.co.uk/profile410.html>> [Consultado: Junio 2010]
- AOAC. 2007. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th Ed., Revision 2. Association of Official Analytical chemists. USA. p. 232
- Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 44, Número 4, 2010.
- Ates, E. 2009. Some morphological and forage quality properties of different clover species (*Trifolium sp.*) at different aspect and altitude of grassland vegetations. Tesis de Doctorado, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Namik Kemal University, Tekirdag, Turquía
- Ball, D.M., Collins, M., Lacefield, G.D., Martin, N.P., Mertens, D.A., Olson, K.E., Putnam, D.H., Undersander, D.J. & Wolf, M.W. 2001. Understanding Forage Quality. American Farm Bureau Federation Publication 1-01, Park Ridge, IL, USA. p. 2
- Basbag, M., Saruhan, V. & Gul, I. 2001. The effects of different seed rates on some agronomic characters of phacelia (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) at Diyarbakir conditions. GAP Second Agricultural Congress, October 24-26, Sanliurfa, p. 985
- Ensminger, M.E., Oldfield, J.E. & Heinemann W.W. 1990. Protein supplements. En: Feeds & Nutrition. The Ensminger Publishing Company, California, USA. p. 88
- Fisher, D.S., Burns, J.C. & Moore, J.E. 1995. The Nutritive Evaluation of Forage. En: Forages, Volume I. An Introduction to Grassland Agriculture. Eds. Barnes, R.F., Miller, D.A. & Nelson, C.J. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA. p. 108
- Geren, H. & Kaymakkavak, D. 2007. Effects of different row spacing on the herbage yield and some other yield and quality characteristics of Phacelia (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) varieties. The Journal of Agricultural Faculty Ege University 44: 71
- Gilbert, L. 2003. *Phacelia tanacetifolia*: what we know about its suitability as an insectary plant and cover crop in the Mid-Atlantic region. Small Farm Success Project, Sustainable Agricultural Systems Lab, USDA, USA. p. 1
- Juknevičius, S. & Sabienė, N. 2007. The content of mineral elements in some grasses and legumes. Ekologija 53:44
- Kader, M.A., Hossain, M.A. & Hasan, M.R. 2005. A survey of the nutrient composition of some commercial fish feeds available in Bangladesh. Asian Fisheries Science 18:59
- Karadag, Y. & Buyukburc, U. 2001. The effect of different row spacing on herbage and seed yields of phacelia (*Phacelia tanacetifolia* Benth.). 4th Turkey Field Crops Congress, September 17-21, Tekirdag, PAYMAS Press, Istanbul. Grassland and Forage Crops 3:143
- Karadag, Y. & Buyukburc, U. 2003a. Researches on spring sowing date of Phacelia (*P. tanacetifolia* Benth.) under Tokat conditions. I. Forage Yield Characteristics. The Journal of Agricultural Sciences Ankara University 9:435
- Karadag, Y. & Buyukburc, U. 2003b. Researches on spring sowing date of Phacelia (*P. tanacetifolia* Benth.) under Tokat conditions. II. Seed Yield Characteristics. The Journal of Agricultural Faculty Gaziosmanpasa University 20:143
- Kok, D., Ates, E., Korkutal, I. & Bahar, E. 2007. Forage and nutritive value of the pruning residues (leaves plus summer lateral shoots) of four grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars at grape harvest and two post-harvest dates. Spanish Journal of Agricultural Research 5:517
- Redfearn, D., Zhang, H. & Caddel, J. 2008. Forage Quality Interpretations. Oklahoma Cooperative Extension Service, Division of Agricultural Sciences and natural Resources, Oklahoma State University, USA. p. 3
- Tekeli, A.S. & Ates, E. 2006. Valores nutritivos de diferentes tréboles anuales (*Trifolium sp.*) en diferentes etapas de crecimiento. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 40:97

Recibido: 15 de junio de 2009