

Contenidos de aminoácidos y fibra de cuatro leguminosas forrajeras anuales diferentes en estado de florecimiento completo

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

¹ Department of Field Crops, Faculty of Agricultural, University of Namik Kemal, Tekirdag, Turkey.
Correo electrónico: ertan_ates@hotmail.com

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

El objetivo de este trabajo fue determinar los contenidos de aminoácidos y fibra de alberja o chícharo de campo (*Pisum arvense* L.), trébol persa o de juncal (*Trofolium resupinatum* var. *Typicum* Fiori et Paol.), trébol cabeza de búho (*T. alpestre* L.) y trébol de montaña (*T. montanum* L.) en etapa de florecimiento completo. La investigación se realizó durante 2005-2006 en el Departamento de Cultivos de Campo de la Facultad de Agropecuaria de la Universidad Namik Kemal, Turquía. Los tréboles cabeza de búho y de montaña se recolectaron de los pastizales (43.0 °N, 26.0 °E) de la villa de Belovetz, Bulgaria. El trébol persa (línea Y) y el chícharo de campo (línea Z) se obtuvieron del Departamento de Cultivos de Campo, de la Facultad de Agropecuaria, Universidad Namik Kemal en Tekirdag, Turquía. Todas las muestras se analizaron en triplicado. El diseño experimental fue de bloque completamente al azar con tres réplicas. Se determinaron los contenidos de aminoácidos (g kg⁻¹), la proteína bruta (g kg⁻¹), la fibra ácido detergente (%) y la fibra neutro detergente (%). Se encontró que el mayor contenido total de aminoácidos (127.1 g kg⁻¹) y proteína bruta (151.3 g kg⁻¹) fue en el chícharo de campo, comparado con las medias de las otras especies estudiadas. Los aminoácidos, la fibra neutro detergente, y la fibra ácido detergente fueron diferentes según las diferentes especies. El trébol de montaña presentó los mayores valores de fibra neutro detergente (45.16 %) y fibra ácido detergente (34.67 %), mientras que los menores valores de fibra neutro detergente (40.11 %) y fibra ácido detergente (30.52 %) se obtuvieron en trébol persa. El chícharo de campo, el trébol persa, el trébol cabeza de búho, y el trébol de montaña son más apropiados y pueden sugerirse para su uso como alimento fresco o seco para el ganado.

Palabras clave: aminoácido, fibra, *Pisum arvense* L., *Trifolium alpestre* L., *T. resupinatum* L., *T. montanum* L.

Las leguminosas se usan para forraje, ensilaje, alimento, ornamento, polen, recursos de néctar, y en los pastizales. Entre las especies de plantas, las leguminosas forrajeras anuales se consideran como la fuente principal de nutrientes para el ganado y se cultivan a nivel mundial. Ellas proveen energía esencial, proteína, vitaminas, minerales y fibras. Muchos factores determinan el efecto en el valor nutritivo, la digestibilidad y consumo de forraje de las leguminosas forrajeras anuales. Los macrofactores que afectan los valores nutritivos de las leguminosas forrajeras anuales incluyen: a) factores climáticos, b) estado de crecimiento, c) proporción de hojas, d) proporción de tallos, e) tiempo de corte, f) daño por enfermedad, g) daño por insecto, h) rasgos de suelo, e i) proporción de malas hierbas (Tekeli y Ates 2006 a y b).

Las proteínas son macromoléculas. Una proteína típica contiene 200-300 aminoácidos, pero algunas son mucho más pequeñas (las más pequeñas se denominan a menudo péptidos) y hay otras más grandes (la mayor hasta la fecha es la titina, una proteína que se encuentra en el músculo esquelético y cardíaco, y contiene 26 926 aminoácidos en una cadena simple) (Anon 2009).

La calidad de la proteína es un término usado para describir el balance de aminoácidos (AA) de la proteína. Se dice que una proteína es de buena calidad cuando contiene todos los AA esenciales en adecuadas proporciones y cantidades necesarias por un animal específico; y se dice que son de baja calidad cuando son deficientes en el contenido o balance de AA

esenciales (Ensminger *et al.* 1990). Para una salud y un comportamiento óptimos, la dieta animal debe contener cantidades adecuadas de todos los nutrientes necesarios, incluyendo los AA. Una carencia de los AA limitantes reducirá el crecimiento animal, disminuirá la eficiencia alimentaria y, en casos extremos, provocará deficiencia nutricional (Anon 2008a).

El forraje con bajo contenido de fibra neutro detergente (FND) o fibra ácido detergente (FAD) es mejor en calidad que el que tiene alto contenido de FND o de FAD. Por lo tanto, ambos valores se usan en la predicción de la calidad del forraje. Además, las leguminosas forrajeras que se cultivan por su mayor calidad de forraje contienen mayor contenido de proteína y AA esenciales o mayor digestibilidad. Estos rasgos se conocen para la alimentación del ganado. Sin embargo, se han estudiado muy poco los contenidos de AA y las fracciones de la mayoría de las leguminosas forrajeras. El objetivo de este trabajo fue determinar los contenidos de AA y fibra del chícharo de campo o alberja (*Pisum arvense* L.), trébol persa o de juncal (*Trofolium resupinatum* var. *Typicum* Fiori et Paol.), trébol cabeza de búho (*T. alpestre* L.) y trébol de montaña (*T. montanum* L.) en etapa de florecimiento completo.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó durante 2005-2006 en el Departamento de Cultivos de Campo en la Facultad de Agropecuaria de la Universidad Namik Kemal, Turquía. Se utilizaron en el estudio tres especies de trébol anua-

les (trébol de montaña, trébol cabeza de búho y trébol persa o de juncal) y chícharo de campo o alberja. El trébol cabeza de búho y el trébol de montaña en estado de florecimiento completo se recolectaron de pastizales (43.0 °N, 26.0 °E) de la villa de Belovets en Razgrad, Bulgaria, durante 2005-2006. La misma está localizada a alrededor de 641 m de altitud sobre el nivel del mar y con un total de precipitación de 525 mm como promedio y una temperatura general media de 10.8 °C. El suelo del pastizal donde se realizó el estudio tenía adecuado contenido de materia orgánica (4.4-4.7 %), moderado de fósforo (P) (promedio de 65.8 kg ha⁻¹), pero abundante de potasio (K) (223.2 ha⁻¹). Aproximadamente 500 g de biomasa se recolectaron en dos años (primer año: trébol cabeza de búho, 9 de julio; trébol de montaña, 13 de julio) (segundo año: trébol cabeza de búho 10 de septiembre; trébol de montaña 14 de septiembre). Las muestras completas de plantas se lavaron con agua de manantial y se secaron inmediatamente a 55 °C durante 48 h y se almacenaron a temperatura ambiente (Ates y Tekeli 2007).

El trébol persa (línea Y) y el chícharo de campo (línea Z) se obtuvieron del Departamento de Cultivos de Campo de la Facultad de Agropecuaria, Universidad Namik Kemal en Tekirdag, Turquía. Estas plantas se sembraron. El área de siembra (41.0 °N, 27.5 °E) tuvo una altitud de 5 m, con una precipitación total de 482 mm como promedio y una temperatura anual general de 10.5 °C. El suelo del área de siembra fue xeralf, bajo en materia orgánica (1.04 %), moderado en contenido de P (60.27 kg ha⁻¹), pero rico en contenido de K (578.22 kg ha⁻¹) y con pH 6.9. La distancia entre surcos fue de 30 cm, se utilizaron proporciones de siembra de 10 kg ha⁻¹ (trébol) y 120 kg ha⁻¹ (Tekeli y Ates 2006a). Las parcelas fueron de 2.1 x 5 m, arregladas en un diseño de bloque al azar con tres réplicas. Los surcos se sembraron en otoño (1 de noviembre de 2005 y 7 de noviembre de 2006) y no se aplicó irrigación o fertilizante después de la siembra. El forraje fue cosechado mediante corte de 2.1 por 1 m de área de cada parcela hasta una altura de 3 cm del tocón cuando las plantas alcanzaron el florecimiento completo (chí-

charo de campo. Primer año 4 de mayo; segundo año: 11 de mayo; trébol persa: primer año 7 de mayo; segundo año, 15 de mayo). Se lavaron las muestras de biomasa de chícharo de campo y trébol persa con agua de manantial y se secaron inmediatamente a 55 °C durante 48 h y se almacenaron a temperatura ambiente (Ates y Tekeli 2007).

Todas las muestras secas se molieron en pedazos pequeños (<2mm) y se usaron para los análisis. Se determinó el contenido de proteína bruta (PB) por el método de micro-Kjeldahl. Se definió el contenido de AA (en materia seca (MS), g kg⁻¹) mediante el analizador automático AAA-881 después de la hidrólisis con ácido hidroclorehídrico. Se determinaron los contenidos de FND y FAD siguiendo los procedimientos de Romero *et al.* (2000). Se analizaron todas las muestras en triplicado. El diseño experimental fue de bloques completamente aleatorios con tres réplicas. Los resultados se analizaron mediante el programa estadístico TARIST.

Resultados y Discusión

No hubo diferencias significativas entre los años. Por lo tanto, el mismo programa estadístico se usó para la prueba de comparación de las medias de los dos años. Los resultados de los análisis para los rasgos estudiados se muestran en la tabla 1 y en las figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Los contenidos de proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), aminoácidos totales y aminoácidos variaron significativamente en las muestras de plantas en dependencia de la especie. Las interacciones de PB, AA totales, contenidos de AA, FND y FAD no fueron significativas.

Los mayores contenidos de AA (127.1 g kg⁻¹) y PB (151.3 g kg⁻¹) se observaron en el chícharo de campo, comparados con las medias de las otras especies estudiadas (tabla 1). Hubbard (2008) informó que las leguminosas forrajeras también aseguran buena proteína para los rumiantes. El contenido de PB y su fraccionamiento variaron en dependencia de las especies y cultivares. Por ejemplo, el trébol Endura kura (*T. ambiguum* M.B.), la alfalfa (*Medicago sativa* L.) y el trébol rojo (*T. pratense* L.) tuvieron

Tabla 1. Contenidos de aminoácidos totales (AA, g kg⁻¹), fibra neutro detergente (FND, %) y fibra ácido detergente (FAD, %) de algunas leguminosas forrajeras anuales en la etapa de florecimiento completo (las medias de dos años).

Indicador	Especies				EE±
	Chícharo de campo	Trébol persa	Trébol cabeza de búho	Trébol de montaña	
Contenido total de AA, g kg ⁻¹	127.1 ^a	122.2 ^b	122.0 ^b	120.6 ^c	1.62E-01**
Proteína bruta, g kg ⁻¹	151.3 ^a	147.2 ^b	146.4 ^b	145.8 ^c	1.63E-01**
FND, %	42.69 ^c	40.11 ^d	43.47 ^b	45.16 ^a	1.87E-01**
FAD, %	31.42 ^b	30.52 ^c	32.78 ^b	34.67 ^a	2.12E-01**

** P < 0.01

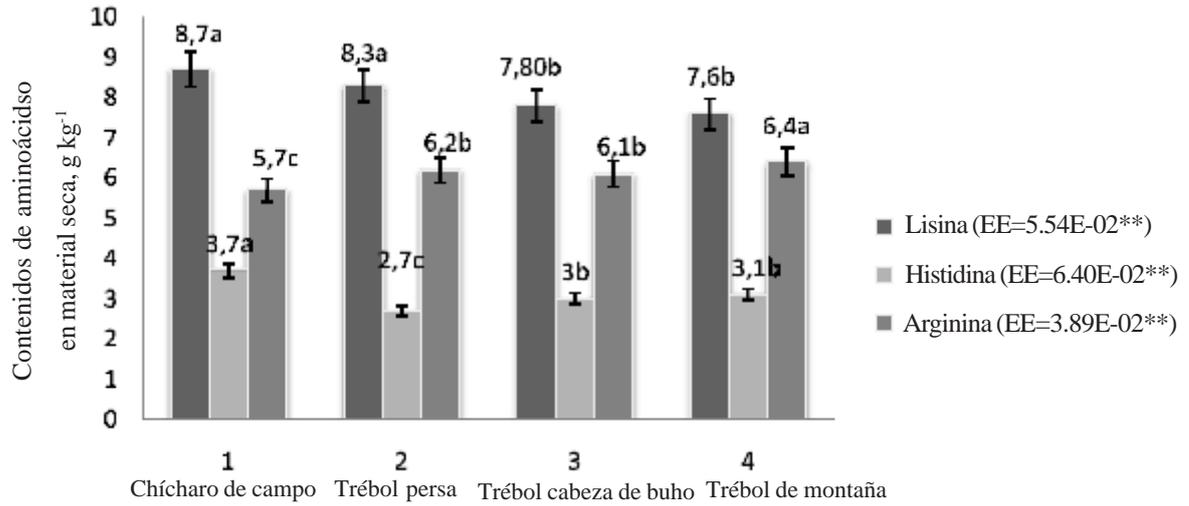


Figura 1. Contenidos de lisina, histidina y arginina en chicharo de campo, trébol persa, trébol cabeza de búho y trébol de montaña en etapa de florecimiento completo. ** P < 0.01

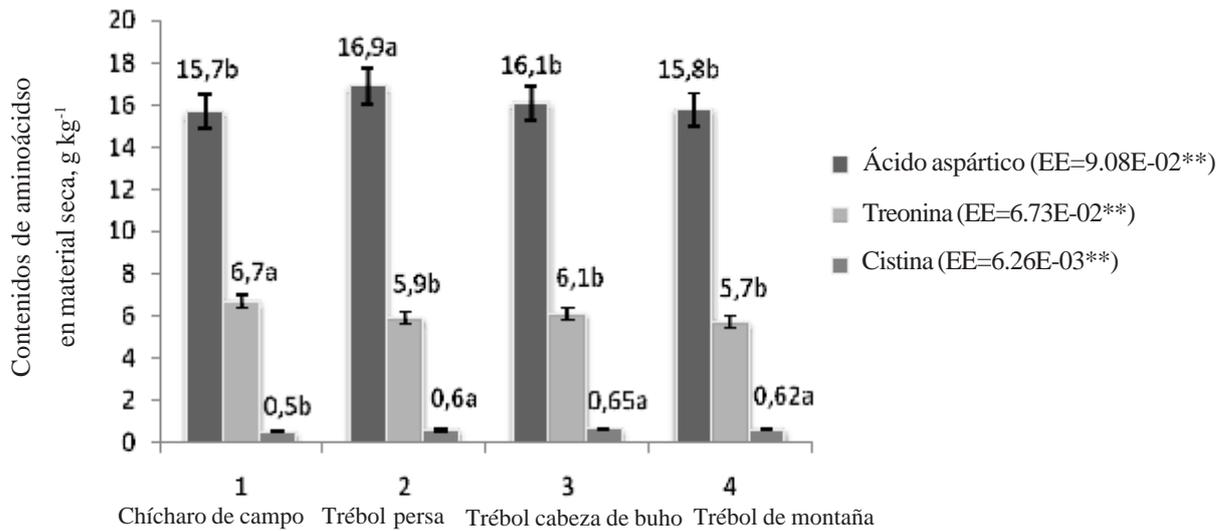


Figura 2. Contenidos de ácido aspártico, treonina y cistina eb chicharo de campo, trébol persa, trébol cabeza de búho y trébol de montaña en etapa de florecimiento completo. ** P < 0.01

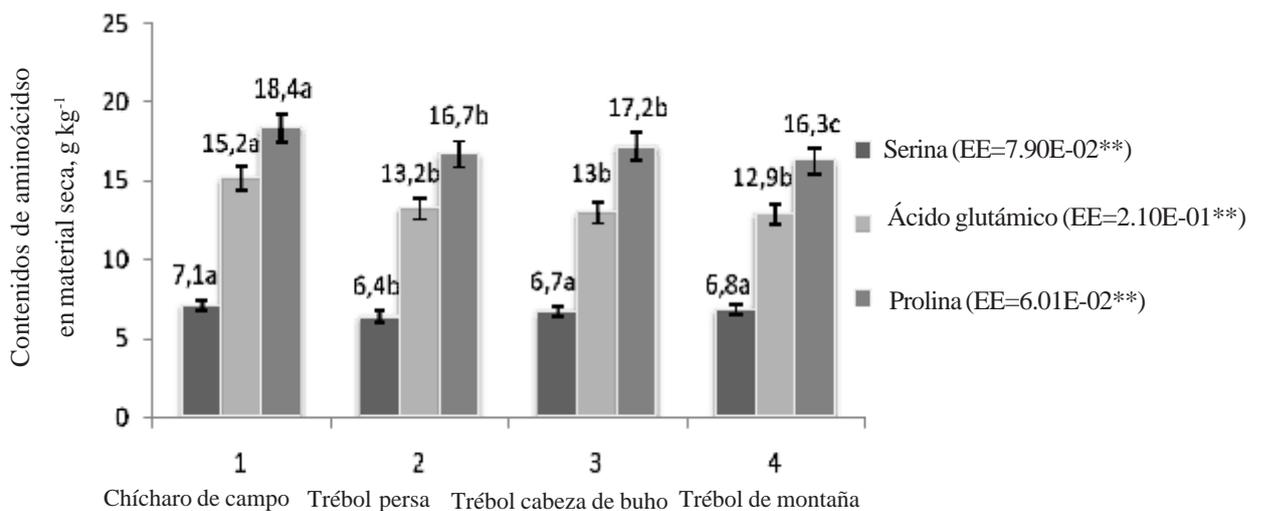


Figura 3. Contenidos de serina, ácido glutámico y prolina en chicharo de campo, trébol persa, trébol cabeza de búho y trébol de montaña en etapa de florecimiento completo. ** P < 0.01

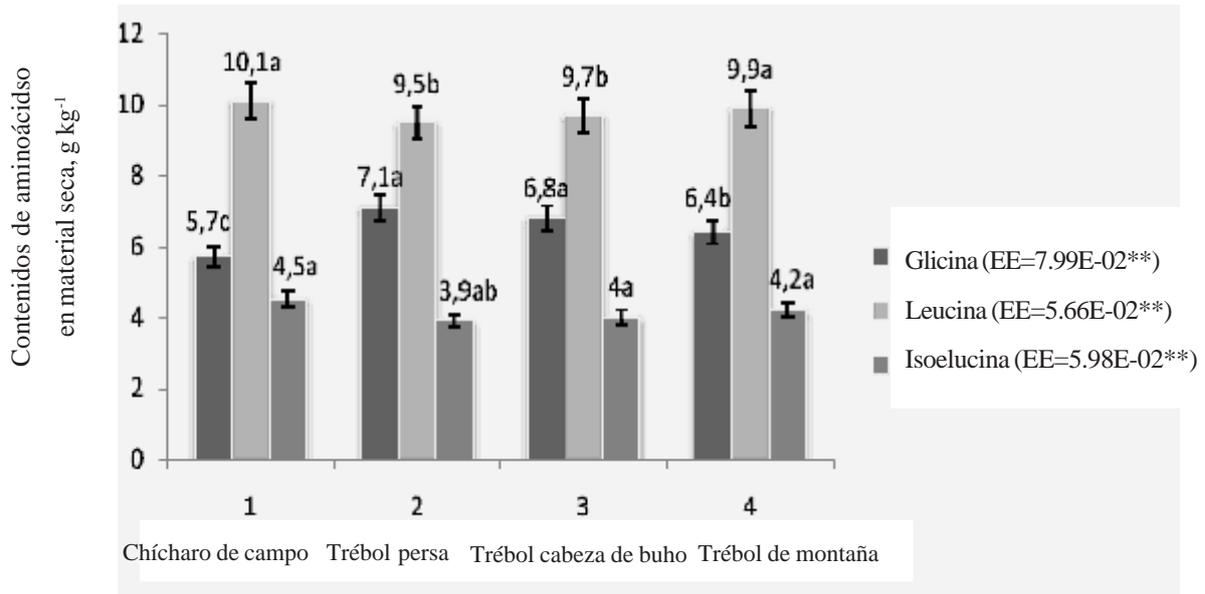


Figura 4. Contenidos de glicina, leucina e isoleucina en chícharo de campo, trébol persa, trébol cabeza de búho, y trébol de montaña en etapa de florecimiento completo. ** P < 0.01

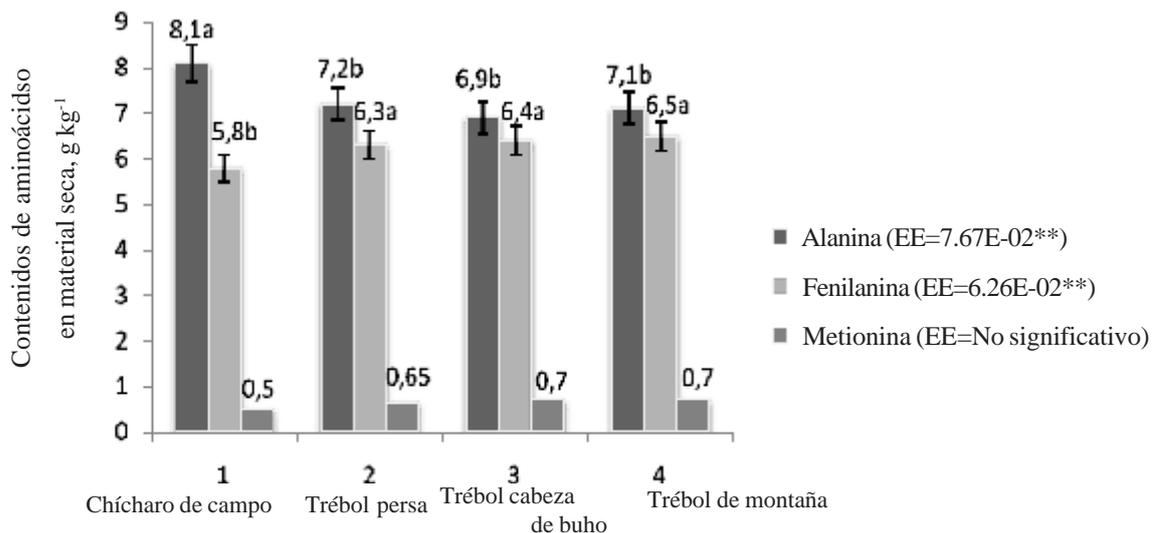


Figura 5. Contenidos de alanina, fenilalanina, y metionina en chícharo de campo, trébol persa, trébol cabeza de búho y trébol de montaña en etapa de florecimiento completo. ** P < 0.01

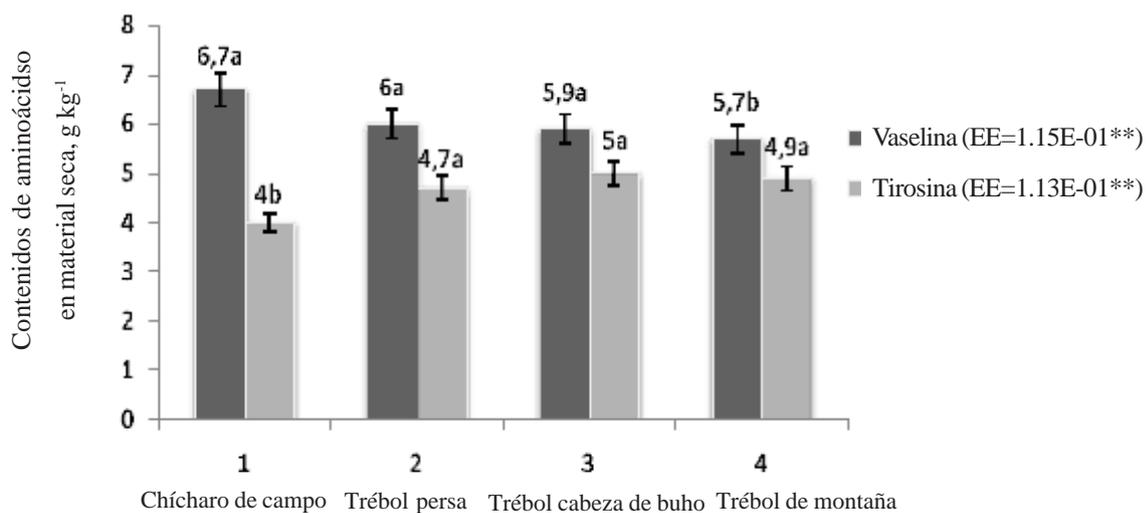


Figura 6. Contenidos de valina y tirosina en chícharo de campo, trébol persa, trébol cabeza de búho y trébol de montaña en etapa de florecimiento completo. ** P < 0.01

similares contenidos de PB (promedio de 194 g kg⁻¹), los que fueron mayores que los del trébol Rhizo kura (177 g kg⁻¹) (Seguin *et al.* 2002). El contenido y digestibilidad real de AA de los diferentes tipos de trébol y variedades en experimentos con ocas fueron estudiados por Penkov *et al.* (2003). Ellos reportaron que el contenido de PB en la biomasa de trébol rojo variaba de 143.6 a 157.1 g kg⁻¹ y los aminoácidos totales de 124.7 hasta 141.2 g kg⁻¹ MS. Tekeli y Ates (2006 a y 2007) determinaron 151-183 g kg⁻¹ PB en el chícharo de campo. Los resultados fueron similares a los informados por estos investigadores. El NRC (2001) informó de dietas que contienen 19 % o más de PB en la MS redujeron las tasas de fertilidad del ganado.

Los AA y no proteínas per se son los nutrientes necesarios. Los AA absorbidos, utilizados principalmente como bloques constructivos para la síntesis de proteínas, son vitales para el mantenimiento, crecimiento, reproducción, lactancia, y otras actividades fisiológicas de los animales. Se determinaron las diferencias entre especies en los contenidos de metionina (0.5-0.7 g kg⁻¹) como no significativas.

Los AA, la FND y la FAD fueron todos diferentes en los diversas leguminosas forrajeras (P < 0.01). El chícharo de campo tuvo el menor contenido de arginina (5.7 g kg⁻¹), cistina (0.5 g kg⁻¹), fenilalanina (5.8 g kg⁻¹), glicina (5.7 g kg⁻¹), y tirosina (4.0 g kg⁻¹), mientras tuvo el mayor contenido de treonina (6.7 g kg⁻¹), histidina (3.7 g kg⁻¹), prolina (18.4 g kg⁻¹), ácido glutámico (15.2 g kg⁻¹), y alanina (8.1 g kg⁻¹) (figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6). Los contenidos máximos de lisina (8.3 a 8.7 g kg⁻¹) se obtuvieron en chícharo de campo y trébol persa, respectivamente (figura 1). Los contenidos más bajos de serina (6.4 g kg⁻¹) y los más altos de ácido aspártico (16.9 g kg⁻¹) se encontraron en trébol persa (figura 2 y 3). El contenido de isoleucina varió de 3.9 a 4.5 g kg⁻¹ (figura 4). Los contenidos más altos de leucina (9.9 a 10.1 g kg⁻¹) se encontraron para el trébol de montaña y chícharo de campo, respectivamente (figura 4). Sin embargo, el trébol de montaña exhibió menor contenido que las otras especies de contenido de valina (5.7 g kg⁻¹) (figura 6). Penkov *et al.* (2003) informaron 8.5 g kg⁻¹ de lisina, 3.1 g kg⁻¹ de histidina, 6.3 g kg⁻¹ de arginina, 21.6 g kg⁻¹ de ácido aspártico, 6.5 g kg⁻¹ de treonina, 7.2 g kg⁻¹ de serina, 7.9 g kg⁻¹ de alanina, 0.7 g kg⁻¹ de cistina, 7.2 g kg⁻¹ de valina, 0.5 g kg⁻¹ de metionina, 4.9 g kg⁻¹ de isoleucina, 9.8 g kg⁻¹ de leucina, 4.9 g kg⁻¹ de tirosina, y 6.2 de fenilalanina en MS del trébol rojo tetraploide, similar a los hallazgos de este estudio.

El trébol de montaña tuvo los niveles más altos de FND (45.16 %) y FAD (34.67 %), mientras los menores de FND (40.11 %) y FAD (30.52 %) se obtuvieron en trébol persa (tabla 1). Una alta proporción de leguminosas en el forraje se considera favorable debido a su palatabilidad, digestibilidad, y valor nutritivo para el ganado. Después que se detiene el crecimiento celular, las

paredes celulares vuelven más gruesas y se forma la pared secundaria. En oposición a las paredes primarias, las secundarias no contienen proteína y pueden variar significativamente en composición y estructura entre los tipos celulares (Kok *et al.* 2007). Las paredes secundarias consisten en una red de fibrillas de celulosa embebidas en una matriz amorfa de hemicelulosas, pectina y lignina (Ates y Tekeli 2005 y Anon 2008b). El contenido de fibra se correlaciona usualmente con la digestibilidad de la MS, solo hasta el punto que su disponibilidad está determinada por lignificaciones u otros factores limitantes (Ates y Tekeli 2005). La calidad nutritiva del forraje se determina hasta cierto punto por ingredientes de la pared celular que son digeribles parcial o variablemente y estas fracciones puede separarse mediante métodos de extracción secuencial que eliminan los constituyentes solubles de las células y aíslan las fracciones insolubles que abarcan los constituyentes totales de la pared celular (FND), las lignocelulosas y las proteína ligada a la pared celular (FAD), la lignina y otros materiales recalcitrantes (González-Fernández *et al.* 2008). La fracción de FND está inversamente relacionada con el consumo de forraje voluntario al aire libre y la fracción de FAD está inversamente relacionada con la digestibilidad de forraje. Fulkerson *et al.* (2007) informaron que las proporciones de la FND y la FAD oscilaron entre 39.2 % y 25.7 %, respectivamente, en trébol persa durante la primavera, mientras Arslan *et al.* (2008) encontraron que la relación de FND fue de 37.98 % y la de FAD de 29.45 % para el chícharo de campo. Las proporciones de FAD registradas en este experimento fueron mayores que las reportadas por Fulkerson *et al.* (2007), pero similares a las encontradas por Arslan *et al.* (2008). Las vacas lecheras altas productoras necesitan heno con al menos 20 % de PB, menos de 30 % de FAD y menos de 40 % de FND. Los forrajes con mejores valores de PB, FAD y FND no son necesariamente mejores para la producción de leche. Cuando la PB es mas de 25 %, la FAD es menos de 25 % y/o la FND es menos de 35 %, mucha cantidad puede pasar por el rumen sin ser absorbida y esencialmente se pierde (Redfearn *et al.* 2008).

Según los contenidos de aminoácidos y fibra, el chícharo de campo, el trébol persa, el trébol cabeza de búho y el trébol de montaña son más apropiados y pueden ser sugeridos para su utilización como alimento fresco o seco para el ganado.

Referencias

- Anon 2008a. Amino Acids, Livestock. NOSB Materials Database. Disponible: <http://www.omri.org/espanol_text.html> [Consultado: noviembre de 2008]
- Anon 2008b. The Plant Cell. Disponible: <<http://users.rcn.com/jkimball.ma.ultranet/BiologyPages/P/PlantCell.html>> [Consultado: octubre de 2008]
- Anon 2009. Proteins. Disponible: <<http://users.rcn.com/jkimball.ma.ultranet/BiologyPages/P/Proteins.html>> [Consultado: octubre de 2009]

- Arslan, B., Ates, E., Tekeli, A.S. & Esendal, E. 2008. Feeding and agronomic value of field pea (*Pisum arvense* L.)-safflower (*Carthamus tinctorius* L.) mixtures. The 7th International Safflower Conference «Safflower: Unexploited potential and world adaptability», 3-6 November, Wagga Wagga, New South Wales, Australia. p. 18
- Ates, E. & Tekeli, A.S. 2005. Calidad del forraje y potencial de tetania en combinaciones de dactilo aglomerado (*Dactylis glomerata* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.). Rev. Cubana Cienc. Agríc. 39:99
- Ates, E. & Tekeli, A.S. 2007. Salinity tolerance of Persian clover (*Trifolium resupinatum* L. var. majus Boiss.) lines at germination and seedling stage. World J. Agric. Sci. 3:71
- Ensminger, M.E., Oldfield, J.E. & Heinemann, W.W. 1990. Protein supplements. En: Feeds & Nutrition. The Ensminger Publishing Company, California, USA. p. 71
- González-Fernández, I., Bass, D., Muntifering, R., Mills, G. & Barnes, J. 2008. Impacts of ozone pollution on productivity and forage quality of grass/clover swards. Atmospheric Environment 42:8755
- Hubbard, D. 2007. Essential and Non-essential Amino Acids. Disponible: <<http://www.dwaynehubbard.com>> [Consultado: septiembre de 2007]
- 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. Span. J. Agric. Res. 5: 517
- NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Ed. National Academy of Sciences National Research Council, Washington, USA. p. 43
- Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 44, Número 1, 2010.
- Penkov, D., Pavlov, D. & Mihovsky, T. 2003. Comparative study of the aminoacid's true digestibility of different clover (*Trifolium*) varieties in experiments with ganders. J. Cent. Euro. Agric. 4:191
- 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
- Romero, M.J., Madrid, J., Hernández, F. & Cerón, J.J. 2000. Digestibility and voluntary intake of vine leaves (*Vitis vinifera* L.) by sheep. Small Rum. Res. 38:191
- Seguin, P., Mustafa, A.F. & Sheaffer, C.C. 2002. Effects of soil moisture deficit on forage quality, digestibility, and protein fractionation of kura clover. J. Agron. and Crop Sci. 188:260
- Tekeli, A.S. & Ates, E. 2006a. Forage Legumes. Trakya University, Tekirdag Agricultural Faculty Press, Turkey. p 2
- Tekeli, A.S. & Ates, E. 2006b. Valores nutritivos de diferentes tréboles anuales (*Trifolium* sp.) en diferentes etapas de crecimiento. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 40:97
- Tekeli, A.S. & Ates, E. 2007. Effects of different cutting stages on forage yield, quality, and tetany ratio in field pea (*P. arvense* L.)-common wheat (*Triticum aestivum* L.) mixture. The 7th Turkey Field Crops Congress, 25-27 June, Erzurum, Grasslands-Forage Crops and Industrial Crops 2:106

Recibido: 2 de julio de 2009