

NIVELES DE ENERGIA ESTIMADA EN LOS FORRAJES DE UN DISTRITO DE MEDIANA PRODUCCION LACHERA, FORTUNA DE SAN CARLOS, EN LA ZONA NORTE DE COSTA RICA¹

Jorge Ml. Sánchez^{2/*}, Henry Soto^{**}

Palabras clave: Bromatología de forrajes, energía en forrajes, forrajes tropicales, ganado de leche, trópico húmedo.

RESUMEN

La producción de leche es muy importante en el distrito de Fortuna, ubicado en el trópico húmedo a 100-160 msnm, con una temperatura promedio de 25.4°C y 3565 mm de precipitación anual. Hatos de Holstein, Jersey, Guernsey y sus cruces, de mediano potencial productivo, promedian 12 kg/vaca/día. Para estimar el contenido de energía para producción de leche de las principales gramíneas forrajeras de la zona, se tomaron 108 muestras en fincas comerciales durante 1 año. Las especies de piso evaluadas y su edad de rebrote fueron Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*) 21-25 días, *Brachiaria Ruzi* (*Brachiaria ruziziensis*) 26-30 días, Candelario (*Pennisetum purpureum* cv King Grass) 45-55 días y Ratana (*Ischaenum indicum*) 21-25 días. Además se evaluó King Grass (*P. purpureum*) como pasto de corte cosechado a 50-60 días. Se utilizó el modelo mecanístico de la Universidad Estatal de Ohio (Weiss 1997) para estimar el contenido total de nutrimentos digestibles (TND), y los contenidos de energía digestible, metabolizable y neta de lactación por procedimientos estándares del NRC (1989). Los contenidos de TND de Estrella Africana, B. Ruzi, Candelario, Ratana y King Grass fueron 54, 52, 55, 50 y 47%, respectivamente. El nivel promedio de TND en pastos de piso (53%) fue similar al obtenido en el Distrito de Florencia (Sánchez

ABSTRACT

Estimated energy levels in grasses of a medium-producing dairy zone, Fortuna de San Carlos district, northern of Costa Rica. Milk production is one of the main activities of the Fortuna District, located in the Humid Tropics at 100-160 masl, with average temp. 25.4°C and 3565 mm annual rainfall. Holstein, Jersey and Guernsey herds of medium production potential, as well as their crosses, average milk production of 12 kg/cow/day. To estimate energy content for milk production in the main grass species consumed in the zone, 108 hand-plucked samples were collected in commercial dairy farms during 1 year. Grazing species evaluated and their stages of maturity (in days) were: *Cynodon nlemfuensis* (21-25), *Brachiaria ruziziensis* (26-30), *Pennisetum purpureum* cv King Grass (45-55), and *Ischaenum indicum* (21-25); the cutting grass *Pennisetum purpureum* was harvested as fodder at 50-60 days. The Ohio State University mechanistic model (Weiss 1997) was used to estimate total digestible nutrients (TDN) contents. Digestible, metabolizable and net energy for lactation contents were estimated via standard NRC (1989) procedures. TDN contents of *C. nlemfuensis*, *B. ruziziensis*, *P. purpureum* cv King Grass (under grazing), *I. indicum* and *P. purpureum* cv King Grass (as cutting grass) were 54, 52, 55, 50 and 47%, respectively. Average

1/ Recibido para publicación el 3 de junio de 1998.

2/ Autor para correspondencia.

* Escuela de Zootecnia y Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA). Universidad de Costa

Rica. San José, Costa Rica.

E-mail: jmsanche@cariari.ucr.ac.cr

** Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

y Soto 1997b), pero menor que el de Quesada (55%; Sánchez y Soto 1997a). Los mayores contenidos de energía en Estrella y Candelario indican que estos forrajes son una buena opción para las lecherías de Fortuna. King Grass mostró niveles similares a los obtenidos previamente en el trópico húmedo de Costa Rica. Se indican los niveles de energía digestible, metabolizable y neta de lactación obtenidos. La relación entre necesidades de nutrimentos del ganado lechero de la zona y la calidad nutricional de los forrajes indica que la energía es uno de los nutrimentos más limitantes para la producción de leche en el distrito de Fortuna.

INTRODUCCION

La energía se define como la capacidad para realizar un trabajo. En la nutrición del ganado lechero, los alimentos son los que tienen esa capacidad y el trabajo consiste en el mantenimiento de la vaca, la producción de leche y la reproducción. El contenido de energía disponible de los alimentos, o sea su capacidad para soportar un trabajo, es difícil de cuantificar y no se puede determinar por técnicas convencionales de laboratorio. Sin embargo, para lograr este objetivo se han desarrollado modelos matemáticos que se basan en la composición química de los alimentos y forrajes (Minson 1982, Weiss 1997).

Weiss et al. (1992) y Weiss (1997) han desarrollado un modelo mecanístico para estimar el contenido de energía de los forrajes, subproductos, fuentes proteicas y granos. Este modelo tiene la particularidad de basarse en fracciones uniformes de los alimentos, y en la digestibilidad verdadera. No es específico para una población y es sensible a cambios en la concentración de los nutrimentos que afectan el contenido de energía disponible de los alimentos tales como la proteína cruda, el extracto etéreo, los carbohidratos no fi-

TDN level estimated for grazing species (53%) was similar to one obtained in Florencia District (Sánchez and Soto 1997b), but lower than the value of Quesada District (55%, Sánchez and Soto 1997a). Higher energy levels in *C. nlemfuensis* and *P. purpureum* cv King Grass (under grazing) indicate that they are good grass species for dairy farms in this district. Energy levels in King Grass are similar to those observed elsewhere in the Costa Rican humid tropics. Digestible, metabolizable and net energy for lactation levels of analyzed grass species are reported. Comparisons between nutritional requirements of dairy cattle and nutritional quality of the grasses indicate that energy is one of the most limiting nutrients for milk production in Fortuna District.

brosos, la fibra detergente neutro (FDN), la lignina y las cenizas. Este modelo estima el contenido total de nutrimentos digestibles (TND) dentro de un 5% del valor verdadero de TND de las gramíneas y leguminosas forrajeras.

El contenido de energía de los alimentos debe estimarse de la manera más exacta posible. Si los valores estimados de energía se sobre estiman, las vacas lecheras pierden peso y la eficiencia productiva y reproductiva se reduce. Por el contrario, si el contenido de energía se subestima la vaca se engorda y se pueden presentar desbalances metabólicos tales como la cetosis (Davidson et al. 1997, Drackley 1997, Weiss 1997).

En trabajos realizados por Sánchez y Soto (1997b), en lecherías especializadas y de doble propósito con niveles bajos de producción en el distrito de Florencia del Cantón de San Carlos, se ha encontrado que la energía es uno de los nutrimentos más limitantes para la producción de ganado lechero a base de gramíneas forrajeras.

La presente investigación tuvo como objetivo estimar los niveles de energía de las principales especies de gramíneas forrajeras consumidas por el ganado bovino en lecherías especializadas de mediano potencial productivo del

distrito de Fortuna, Cantón de San Carlos, en términos de sus niveles de total de nutrimentos digestibles (TND), energía digestible (ED), energía metabolizable (EM) y energía neta de lactación (EN_L).

MATERIALES Y METODOS

El distrito de Fortuna del Cantón de San Carlos está ubicado a $10^{\circ} 30' - 25'$ latitud norte y $84^{\circ} 35' - 45'$ longitud oeste. Su altitud oscila entre 100 msnm en el poblado de El Tanque y los 1633 en el Volcán Arenal; aunque la zona de interés pecuario llega hasta los 600 msnm. La precipitación promedio anual es de 3565 mm, con promedios mensuales durante la época semiseca (enero a abril) de 130 mm y durante la lluviosa (mayo a diciembre) de 380 mm. Caracterizándose por ser más lluvioso que el distrito de Florencia, pero menos que el de Quesada. La temperatura promedio anual es de 25.4°C y las temperaturas promedio mínima y máxima son 20.9 y 29.8°C , respectivamente (Instituto Meteorológico Nacional). Su ubicación geográfica hace que tenga zonas de vida muy diversas, tales como bosque muy húmedo tropical, bosque muy húmedo premontano transición a basal y bosque húmedo tropical transición a perhúmedo (Tossi 1969).

Las explotaciones de ganado lechero en esta zona son del tipo de lechería especializada, donde se produce con animales de mediano potencial productivo de las razas Holstein, Jersey, Guernsey y muy frecuentemente con sus cruces. La producción del hato promedio de este distrito es de 12 kg de leche/vaca/día y la alimentación se basa en el uso intensivo de los forrajes y la suplementación con alimentos balanceados, los cuales por lo general se suministran en una relación leche:alimento que oscila entre 2.5 a 4:1. Asimismo, es común la utilización de subproductos agroindustriales tales como la melaza de la caña de azúcar. Los forrajes de la zona por lo general se fertilizan con dosis de N que oscilan entre 125 y 200 kg/ha/año. Además, se tienen programas de control de malezas. Para estimar el contenido de energía de las principales especies de gramíneas forrajeras utilizadas en las lecherías de la zona, se tomaron 108 muestras durante un período de un

año. Estas fueron recolectadas según el método de muestreo denominado cuota probabilística (Snedecor y Cochran 1989), se tomaron 28 muestras del pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*) y 20 de cada uno de los pastos B. Ruzi (*Brachiaria ruziziensis*), Candelario (*Pennisetum purpureum* cv King Grass), Ratana (*Ischaemum indicum*) y King Grass (*Pennisetum purpureum*). Las muestras de los pastos de piso se recolectaron simulando pastoreo, en el potrero que seguía en el orden de rotación, y el de corte se tomó de los comederos antes de que éste fuera seleccionado por los animales. La edad de rebrote de los pastos Estrella Africana y Ratana osciló entre 21 y 25 días, mientras que para B. Ruzi fue de 26 a 30 días, para el Candelario 45 a 55 y para el King Grass de 50 a 60.

Para evaluar el contenido de energía de los forrajes se estimaron los niveles de TND, ED, EM y EN_L . El contenido de TND se estimó por medio del modelo mecanístico de la Universidad Estatal de Ohio (Weiss et al. 1992, Weiss 1997) y los contenidos de ED, EM y EN_L por los procedimientos empleados por el NRC (1979). Dichos procedimientos, así como las metodologías utilizadas para determinar las fracciones químicas en que se basan los modelos matemáticos y el modelo estadístico utilizado para analizar la información, han sido descritos por Sánchez y Soto (1997a).

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 se presentan los valores estimados de TND de las muestras de gramíneas forrajeras recolectadas en fincas comerciales de ganado lechero del distrito de Fortuna. Esta variable difirió ($P \leq 0.05$) entre especies, no así entre épocas climáticas. Los pastos Candelario y Estrella Africana mostraron los valores mayores de energía, seguidos por B. Ruzi y Ratana. El pasto King Grass presentó los niveles más bajos con una media de 47.3% de la MS. Al ser la energía uno de los nutrimentos más limitantes para la producción de ganado lechero en el trópico húmedo de Costa Rica (Sánchez y Soto 1993), los pastos Estrella Africana y Candelario constituyen

Cuadro 1. Contenido total de nutrimentos digestibles (% de la MS) de los pastos del Distrito de Fortuna, Cantón de San Carlos.

Especie	Estación		
	Semiseca	Lluviosa	Promedio
Estrella A	54.0	54.6	54.3 ^a
Ruzi B	53.2	51.7	52.4 ^b
Candelario C	53.7	55.5	54.6 ^a
Ratana A	50.4	50.3	50.3 ^c
Promedio	52.9	53.2	53.1
King Grass D	47.0	47.5	47.3

^{a,b,c} Promedios en la misma columna con diferente letra difieren significativamente ($P \leq 0.05$).

A: 21-25 d; B: 26-30 d; C: 50-60 d de pastoreo; D: cosechado en prefloración.

una buena opción para integrar el recurso forrajero de la zona en estudio.

Los niveles de TND encontrados en el pasto Estrella Africana coinciden con los encontrados por Sánchez y Soto (1997a) en los distritos de Quesada y Florencia, por Van Soest y Giner-Chaves (1994) en diferentes zonas tropicales. Sin embargo, son inferiores a los obtenidos por Ibrahim (1988) en Sri Lanka, quien informa valores de 67.6% de TND en la MS para muestras de pasto Estrella Africana cosechadas a una edad de rebrote similar a la utilizada en esta investigación. En relación con B. Ruzi, los niveles de energía encontrados (52.4%) son inferiores a los informados por Sánchez y Soto (1997b, 1999) en los distritos de Florencia (53.7%) y Quesada (55.8%); lo cual podría deberse a que este forraje recibe mejores prácticas de fertilización en estos últimos 2 distritos. Este aspecto debe ser considerado por los productores del distrito de Fortuna, ya que por lo general este forraje ha demostrado tener un buen nivel de energía cuando se maneja en forma apropiada. Si se asume una disponibilidad y consumo adecuado de forraje, la diferencia entre la cantidad de energía que pueden ingerir por día los animales que pastorean B. Ruzi en los Distritos de Fortuna o Florencia, corresponde aproximadamente a la energía necesaria para producir 1 L de leche con 4% de grasa. Ibrahim (1998) obtuvo para esta especie forrajera un

nivel de 63.3% de TND. El pasto Ratana mostró un valor promedio similar al obtenido en el Distrito de Florencia por Sánchez y Soto (1997b), pero superior al encontrado por Ibrahim (1988). Las muestras de pasto Ratana analizadas en este estudio provenían de potreros de Estrella Africana invadidos por Ratana, lo cual contribuyó a que este forraje se beneficiara del buen manejo que, por lo general, se le da a Estrella Africana en esta zona.

Con respecto al pasto King Grass, los valores de TND encontrados son similares a los informados por Sánchez y Soto (1997b), así como por Van Soest (1994) para muestras tomadas a los 60 días de rebrote. El nivel de energía estimado para este pasto representa un 89% del obtenido para las especies de piso en promedio; lo cual sugiere que el King Grass debe utilizarse para suplementar al ganado lechero únicamente en aquellas épocas del año en que hay una reducción en la disponibilidad de los forrajes de piso.

A diferencia de lo ocurrido con el comportamiento del contenido de energía entre épocas climáticas en los distritos de Quesada y los que se encontraron en Florencia, en esta zona no hubo diferencias significativas en el contenido de este nutrimento entre la época semiseca y la lluviosa; aspecto que puede deberse al régimen de lluvias que impera en esta región.

En los Cuadros 2, 3 y 4 se indican los niveles de ED, EM y EN_L estimados en los forrajes objeto de estudio. Al igual que el TND, estas formas de expresar el contenido de energía de los forrajes difieren entre especies ($P \leq 0.05$) pero no entre épocas climáticas. Los promedios obtenidos para las especies de piso fueron 2.34 Mcal de ED/kg de MS, 1.65 de EM y 1.04 de EN_L ; mientras que para el pasto King Grass fueron 2.08 Mcal de ED/kg de MS, 1.92 de EM y 1.18 de EN_L . García-Trujillo y Pedroso (1989), en Cuba, informan valores de EM para el pasto Estrella Africana cosechado a edades de rebrote de 21 a 24 días de 1.95, 1.99 y 2 Mcal/kg de MS cuando este forraje se fertiliza con dosis de 80, 100 y 160 kg de N/ha/año, respectivamente. Estos valores se asemejan a los encontrados en esta investigación. Xandé et al. (1989), en las Antillas Francesas, han obtenido para este mismo forraje cosechado a las 7 semanas de rebrote valores de 2.39

Cuadro 2. Contenido de energía digestible (Mcal/kg de MS) de las gramíneas forrajeras del Distrito de Fortuna, Cantón de San Carlos.

Especie	Estación		
	Semiseca	Lluviosa	Promedio
Estrella A	2.38	2.41	2.41 ^a
Ruzi B	2.34	2.28	2.31 ^b
Candelario C	2.37	2.45	2.41 ^a
Ratana A	2.22	2.21	2.22 ^c
Promedio	22.33	2.34	2.34
King Grass D	2.07	2.09	2.08

^{a,b,c} Promedios en la misma columna con diferente letra difieren significativamente ($P \leq 0.05$).

A: 21-25 d; B: 26-30 d; C: 50-60 d de pastoreo; D: cosechado en prefloración.

Cuadro 3. Contenido de energía metabolizable (Mcal/kg de MS) de los pastos del Distrito de Fortuna, Cantón de San Carlos.

Especie	Estación		
	Semiseca	Lluviosa	Promedio
Estrella A	1.96	1.98	1.97 ^a
Ruzi B	1.92	1.85	1.88 ^b
Candelario C	1.94	2.02	1.98 ^a
Ratana A	1.79	1.78	1.79 ^c
Promedio	1.91	1.92	1.92
King Grass D	1.64	1.66	1.65

^{a,b,c} Promedios en la misma columna con diferente letra difieren significativamente ($P \leq 0.05$).

A: 21-25 d; B: 26-30 d; C: 50-60 d de pastoreo; D: cosechado en prefloración.

Cuadro 4. Contenido de Energía Neta de Lactación (Mcal/kg de MS) de los pastos del Distrito de Fortuna, Cantón de San Carlos.

Especie	Estación		
	Semiseca	Lluviosa	Promedio
Estrella A	1.20	1.22	1.21 ^a
Ruzi B	1.18	1.15	1.16 ^b
Candelario C	1.19	1.24	1.22 ^a
Ratana A	1.11	1.11	1.11 ^c
Promedio	1.17	1.18	1.18
King Grass D	1.03	1.04	1.04

^{a,b,c} Promedios en la misma columna con diferente letra difieren significativamente ($P \leq 0.05$).

A: 21-25 d; B: 26-30 d; C: 50-60 d de pastoreo; D: cosechado en prefloración.

Mcal de ED y 2.04 Mcal de EM/kg de MS. Si se considera que la calidad nutricional de los pastos tiende a declinar con la edad de los mismos (Fick et al. 1994, Van Soest 1994), tales valores son superiores a los obtenidos en esta investigación, lo cual podría deberse a la metodología diferente empleada por esos autores para estimar el contenido de este nutrimento.

Debido a que los forrajes analizados, en general, presentan niveles bajos de energía, los alimentos balanceados que se utilizan en el distrito de Fortuna para complementar la dieta de los animales en pastoreo deben ser altos en este nutrimento (más de 3.2 Mcal de ED/kg de MS). Además, el alimento balanceado debe ser el mismo a lo largo del año, ya que las fluctuaciones que experimentan los niveles de energía entre épocas climáticas en los forrajes son mínimas. El suministro de cantidades adecuadas de energía durante los diferentes estados fisiológicos de la vaca es esencial para prevenir desbalances metabólicos durante el parto (Drackley 1997, Davidson et al. 1997), obtener índices reproductivos adecuados (Staples 1992) y lograr niveles de producción (Coppock 1985, Davidson et al. 1997, Muller 1992) y calidad de la leche óptimas (Bachman 1992).

IMPLICACIONES

La relación entre las necesidades nutricionales del ganado lechero de mediano potencial productivo (con un promedio de 12 kg/vaca/día) (ARC 1980, NRC 1989) del Distrito de Fortuna y la calidad nutricional de los forrajes analizados en esta investigación indica que la energía es uno de los nutrimentos más limitantes para la producción de leche, aspecto que debe ser considerado en toda práctica de alimentación que se establezca en esta zona.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento a los productores de ganado lechero del Distrito de Fortuna por la colaboración brindada durante la realización de esta investigación.

LITERATURA CITADA

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL (ARC). 1980. The nutrient requirements of ruminant livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Slough, England, UK. 351 p.
- BACHMAN, K.C. 1992. Managing milk composition. *In: Large Dairy Herd Management*. Ed. by H.H. Van Horn and C.J. Wilcox. Champaign, Il. American Dairy Science Association. 336-346 p.
- COPPOCK, C.E. 1985. Energy nutrition and metabolism of the lactating dairy cow. *Journal of Dairy Science* 68:3403-3410.
- DAVIDSON, J.A.; RODRIGUEZ, L.A.; MASHEK, D.G.; RISCH, C.C.; SCHEURER, S.J.; PILBEAM, T.E.; BEEDE, D.K. 1997. The beginning is the most important part of the work: feeding fresh cows optimally. *In: Tri-State Dairy Nutrition Conference*. Fort Wayne, Indiana. p. 83-104.
- DRACKLEY, W. 1997. Minimizing ketosis in high producing dairy herds. *In: Tri-State Dairy Nutrition Conference*. Fort Wayne, Indiana. p. 63-81.
- FICK, G.W.; WILKENS, P.W.; CHERNEY, J.H. 1994. Modeling forage quality changes in the growing crop. *In: Forage Quality, Evaluation and Utilization*. Ed. by G.C. Fahey, Jr., et al. American Society of Agronomy. Madison, WI. USA.
- GARCIA-TRUJILLO, R.; PEDROSO, D.M. 1989. Alimentos para rumiantes. tablas de valor nutritivo. Edica. La Habana, Cuba. 40 p.
- IBRAHIM, M.N.M. 1988. Feeding tables for ruminants in Sri Lanka. Kandy Offset Printers Ltd. Kandy, Sri Lanka. 137 p.
- MINSON, D. 1982. Effect of chemical composition on feed digestibility and metabolizable energy. *Nutrition abstracts and reviews*. Series B. 52:592-615.
- MULLER, L.D. 1992. Feeding management strategies. *In: Large dairy herd management*. Ed. by H.H. Van Horn and C.J. Wilcox. Champaign, Il. American Dairy Science Association. p. 336-346.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. 6th rev. ed. Washington, D.C. National Academy Press. 157 p.
- SANCHEZ, J.M.L.; SOTO, H. 1993. Estimated values of net energy for lactation of tropical pastures. *Journal of Dairy Science* 76 (Suppl. 1):215 (Abst.).
- SANCHEZ, J.M.L.; SOTO, H. 1997a. Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del Cantón de San Carlos. III. Energía para la producción de leche. *Nutrición Animal Tropical* 5(1).
- SANCHEZ, J.M.L.; SOTO, H. 1997b. Contenido estimado de energía para la producción de leche de los forrajes del Distrito de Florencia, Cantón de San Carlos. *Agronomía Costarricense* 21(2): 273-278.
- SANCHEZ, J.M.L.; SOTO, H. 1999. Contenido de energía estimada para el crecimiento del ganado bovino, en los forrajes del trópico húmedo de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 23(2): 173-178.
- S.A.S. 1985. SAS/STAT. Guide for personal Computers. VI Edition. S.A.S. Inst. Inc. U.S.A. 378 p.
- SNEDECOR, G.; COCHRAN, G.W. 1989. Statistical methods. 8th Ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa. U.S.A.
- STAPLES, C.R.; THATCHER, W.W.; GARCIA-BOJALIL, C.M.; LUCY, M.C. 1992. Nutritional influences on reproductive function. *In: Large Dairy Herd Management*. Ed. by H.H. Van Horn and C.J. Wilcox. Champaign, Il. American Dairy Science Association. p. 382-392.
- TOSSI, J.A. 1969. Mapa ecológico según la clasificación de zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge. Escala 1:750000.
- VAN SOEST, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Comstock Publishing Associates. Ithaca, New York. U.S.A. 476 p.
- VAN SOEST, P.J.; GINER-CHAVES, B. 1994. Nutritive value of fibrous feeds. Cornell University. Ithaca. *In: Beef cattle production systems in the tropics*. Seminario MAG/Progasa. Atenas, Costa Rica. 10 p.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, N.R. 1992. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. *Anim. Feed Sci. Tech.* 39:95-110.

WEISS, W.P. 1997. Energy values for feeds. *In: Tri-State Dairy Nutrition Conference*. Fort Wayne, Indiana. p. 171-181.

XANDE, A; GARCIA-TRUJILLO, R.; CACERES, O. 1989. Feeds of the Humid Tropics (West Indies). *In: Ruminant Nutrition. Recommended Allowances and Feed Tables*. Ed. by R. Jarrige. Institut National de la Recherche Agronomique. John Libbey Eurotext. Paris. France. p. 347-363.