

УДК 591.135:636.2

DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2021.2.103-108

## СРЕДНИЙ РАЗМЕР ЧАСТИЦ КАЛА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ У МОЛОЧНЫХ КОРОВ

Василевский Н.В., Елецкая Т.А., Седюк И.Е., Золотарев А.П., Елецкая Л.Н.

*Институт животноводства НААН Украины, г. Харьков,  
Харьковская обл., Украина*

Целью работы было изучить взаимосвязи между показателями удоя и качества молока и размерами частиц корма и кала коров. Содержание животных привязное, кормление полнорационным рационом с индивидуальной выдачей концентратов пропорционально удою. Определение среднего размера частиц кормов и кала проводилось методом мокрого просеивания. Установлено, что средний размер частиц кала коров с удоем 15-27 кг/сутки варьирует в пределах 0,8-1,2 мм и не зависит от среднего размера частиц корма. При низком соотношении жир/белок в молоке (менее 1) практически отсутствует взаимосвязь удоя и среднего размера частиц кала; с увеличением этого соотношения проявляется их отрицательная взаимозависимость, достигая при соотношении  $\geq 1,2$  высокой степени тесноты связи по шкале Чеддока (коэффициент детерминации  $R^2 = 0,90$ ). Заметная связь отношения размера частиц кала к размеру частиц корма отмечена для показателей: соматические клетки, удой, жир молока, высокая степень связи установлена с соотношением жира/белок в молоке ( $R^2 = 0,82$ ). Выявленные взаимосвязи в соотношении размеров частиц кала и корма с показателями удоя и качества молока позволяют использовать их для косвенной оценки сбалансированности кормления и характеристики пищеварительных процессов в желудочно-кишечном тракте коров.

*Ключевые слова: крупный рогатый скот, структурность корма, переваримость, размеры частиц корма и кала, продуктивность, белок и жир молока*

*Проблемы биологии продуктивных животных. 2021, 2: 103-108*

### Введение

Размеры частиц пищи в процессе её переваривания в желудочно-кишечном тракте изменяются в зависимости от многих факторов, в том числе от жевательной и руминаторной активности и скорости продвижения химуса по пищеварительному (Beauchemin et al., 1997; Beauchemin, Yang, 2005; Елецкая, 2012; Василевский и др., 2015; Fahey et al., 2019). В современных рекомендациях и нормах по кормлению молочных коров для стимулирования жевательной активности и поддержания моторики желудочно-кишечного тракта на уровне, необходимом для обеспечения эффективного пищеварения, используют показатель структурности пищи (Weiß et al., 2011), соотношения грубых и концентрированных кормов (Калашников и др., 2003) или распределение фракций полнорационного рациона на пенсильванских ситах (Nutrient requirements for dairy cattle: seventh revised edition. National Research Council. Washington DC: National Academies Press, 2001. P. 381-333. DOI: 10.17226/9825)

Использование фактического размера частиц пищи или производных этого параметра в качестве показателя, отражающего ее структурность, до настоящего времени не получило широкого распространения. По нашему мнению, это может быть связано с различными способами статистической обработки данных ситового анализа. В настоящее время наиболее широко используются два способа: метод среднего арифметического взвешенного и метод среднего геометрического взвешенного. Проведенные нами исследования позволяют утверждать, что для анализа кормов и их смесей метод среднего геометрического взвешенного, рекомендованный американской ассоциацией сельскохозяйственных инженеров (Method of determining and expressing particle size of chopped forage materials by screening. ANSI/ASAE S424. 2007. Vol. 1. P. 663-665), даёт смещённую оценку генерального среднего (Василевский и др., 2017). Это обстоятельство не позволяет сопоставлять результаты различных авторов, а главное, искажает реальную картину связи этого

важного параметра пищи с процессами переваривания в различных отделах желудочно-кишечного тракта (Maulfair et al., 2011; Qingtao et al., 2020). В силу этих же причин, оценка другого важного показателя физиологичности процессов пищеварения - среднего размера частиц кала, также не имеет достаточно широкого применения в мировой практике нормированного кормления крупного рогатого скота. Размер частиц, не являясь непосредственно показателем питательности рациона, тем не менее, оказывает существенное влияние на усвоение пищи животным и входит в состав информационной компоненты пищи (Василевский, Елецкая, 2020). Поскольку этот показатель не может быть оценен в классическом балансовом опыте по разнице принятого с кормом и выделенного с калом, его квалитметрирование может быть осуществлено на основе определения влияния размера частиц пищи на параметры состояния организма или продуктивности.

Цель исследования – оценить перспективность использования показателя среднего размера частиц кала в качестве маркера эффективности пищеварительных процессов крупного рогатого скота.

### Материал и методы

Исследования проводили в течение 5 месяцев 2018 года в ГПОХ «Гонтаровка» на 56 молочных коровах в различные периоды лактации. Образцы для анализа отбирали во время проведения контрольного доения коров. В отобранных образцах кормовой смеси и кала методом мокрого просеивания на ситах определяли средний размер частиц. Статистическую обработку выполняли методом среднего арифметического взвешенного. В отобранных образцах молока определяли содержание жира, белка и соматических клеток (ДСТУ 8396:2015. Молоко коровье. Определение массовой доли жира, белка, лактозы, сухого вещества методом инфракрасной спектроскопии (экспресс-метод). Киев. 2017). Кормление животных осуществлялось на основе полнсмешанного рациона с индивидуальной выдачей дополнительного количества комбикорма КК 61 (Гост Р 52254-2004. Комбикорма для крупного рогатого скота. Номенклатура показателей. М., 2004) пропорционально удою. Полнсмешанный рацион готовился из расчета потребности животных средней живой массой 500 кг и 17 кг суточного удоя молока; животным с удоем выше 17 кг дополнительно выдавался комбикорм из расчета 0,34 кг на каждый килограмм надоенного молока сверх 17 кг. Состав полнсмешанного рациона опытных животных приведен в табл. 1.

Таблица 1. Состав полнсмешанного рациона молочных коров\*

| Периоды опыта | Компоненты рациона |                       |                  |                 |                 |           | Сухое вещество корма | Доля концентратов в рациионе, % |
|---------------|--------------------|-----------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------|----------------------|---------------------------------|
|               | силос кукурузный   | зеленая масса люцерны | сенаж люцерновый | сено люцерновое | Солома ячменная | Комбикорм |                      |                                 |
| июль          | 15/3,75            | 25/4,5                | -                | 2,5/2,13        | 2/1,7           | 8/6,8     | 12,08                | 56,32                           |
| август        | 15/3,75            | 25/4,5                | -                | 2,5/2,13        | 2/1,7           | 8/6,8     | 12,08                | 56,32                           |
| сентябрь      | -                  | 20/3,6                | 10/4,5           | 3/2,55          | 2/1,7           | 8/6,8     | 12,35                | 55,06                           |
| октябрь       | 25/6,25            | -                     | 5/2,25           | 3/2,55          | 1,5/1,28        | 8/6,8     | 12,33                | 55,17                           |
| ноябрь        | 25/6,25            | -                     | 7/3,15           | 1,5/1,28        | 1,5/1,28        | 8/6,8     | 11,95                | 56,90                           |

\* кг натурального корма/кг сухого вещества

### Результаты и обсуждение

Средний удои по периодам опыта и показатели качества молока представлены в табл. 2. В течение первых двух месяцев удои, жир и белок молока оставались на одном уровне, в последующие три месяца удои снижались, а жир и белок увеличивались. Существенных изменений содержания соматических клеток на протяжении опыта установлено не было.

Средний размер частиц кормосмеси за весь период опыта составил  $11,68 \pm 0,52$  мм при коэффициенте вариации 0,27%. Средний размер частиц кала составлял  $0,98 \pm 0,02$  мм, при этом коэффициент вариации был вдвое ниже и составил 0,12 %.

На протяжении всего периода исследований изменения среднего размера частиц кормосмеси и кала в отдельные периоды опыта носили случайный характер, при этом средний размер частиц кала не зависит от среднего размера частиц скармливаемого рациона (табл. 3). Не установлено корреляционных связей этих показателей ни между собой, ни с показателями количества или качества

молока. Степень измельчения частиц пищи в процессе переваривания, выраженная как отношение размера частиц кала к размеру частиц корма, имела тенденцию к сезонным изменениям, аналогично показателям жира и белка молока.

Таблица 2. Средний удой и показатели качества молока ( $M \pm m$ ,  $n = 35$ )

| Периоды опыта | Удой, кг   | Жир, %    | Белок, %  | Жир/белок | Соматические клетки, тыс / $см^3$ |
|---------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------------------------------|
| июль          | 23,00±0,80 | 3,06±0,11 | 2,87±0,04 | 1,07±0,04 | 497±139                           |
| август        | 23,43±0,78 | 2,95±0,09 | 2,99±0,04 | 0,99±0,04 | 597±119                           |
| сентябрь      | 21,11±0,83 | 3,40±0,08 | 3,10±0,05 | 1,10±0,03 | 649±164                           |
| октябрь       | 18,09±0,81 | 3,98±0,07 | 3,33±0,05 | 1,20±0,02 | 438±172                           |
| ноябрь        | 17,40±0,84 | 4,12±0,10 | 3,35±0,07 | 1,24±0,03 | 375±132                           |

Регрессионный анализ средних по периодам опыта величин отношения размера частиц кала к размеру частиц корма выявил связь по шкале Чеддока со следующими показателями: белок молока  $R^2 = 0,46$  (умеренная связь); соматические клетки –  $R^2 = 0,58$  (заметная); удой –  $R^2 = 0,69$  (заметная); жир –  $R^2 = 0,70$  (заметная); соотношение жир/белок –  $R^2 = 0,82$  (высокая).

Таблица 3. Размер частиц корма и кала, мм ( $M \pm m$ ,  $n = 35$ )

| Периоды опыта | корм       | кал       | кал/корм, % |
|---------------|------------|-----------|-------------|
| июль          | 11,09±0,23 | 0,99±0,08 | 8,97        |
| август        | 14,62±0,69 | 0,98±0,14 | 6,70        |
| сентябрь      | 9,77±0,67  | 0,88±0,24 | 9,01        |
| октябрь       | 12,19±1,39 | 1,16±0,25 | 9,52        |
| ноябрь        | 7,58±0,84  | 0,96±0,32 | 12,72       |

На следующем этапе анализа весь массив полученных данных был разделен на три группы в зависимости от соотношения жира и белка в молоке: ниже 1, от 1 до 1,2 и более 1,2 (см. рис.). В пределах указанных групп животных прослеживаются различные тенденции взаимосвязи суточного удоя и среднего размера частиц кала.

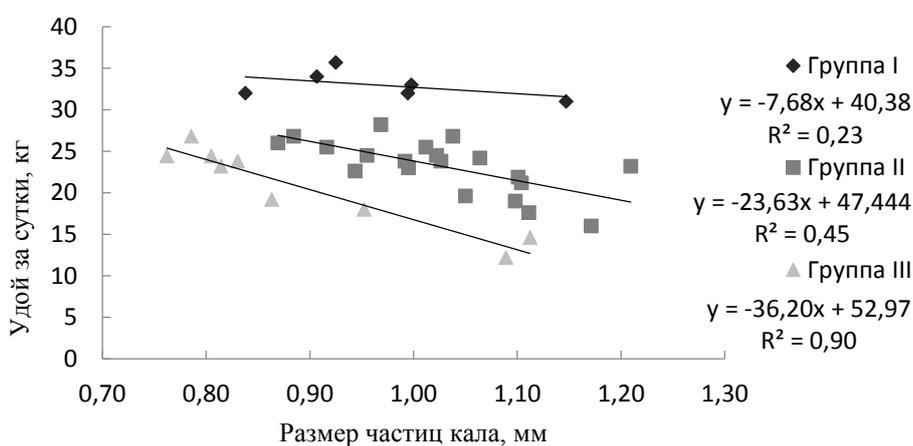


Рис. Взаимосвязь среднесуточного удоя и среднего размера частиц кала в группах с разным соотношением жира и белка в молоке: I – ниже 1, II – от 1 до 1,2 и III – более 1,2.

В первой группе со средней величиной соотношения жира и белка в молоке  $0,98 \pm 0,09$  наблюдалось незначительное снижение продуктивности при росте размера частиц кала на фоне слабой степени взаимозависимости (коэффициент детерминации  $R^2 = 0,23$ ). Во второй группе ( $1,16 \pm 0,03$ )

наблюдалось резкое увеличение угла наклона линии регрессии с -7,68 до -23,63 кг/мм при умеренной тесноте связи по шкале Чеддока ( $R^2 = 0,45$ ). Третья группа ( $1,30 \pm 0,06$ ) характеризовалась самым большим углом наклона линейной регрессии: -36,20 кг/мм и весьма высокой степенью тесноты связи ( $R^2 = 0,90$ ).

По нашему мнению, увеличение среднего размера частиц кала при одновременном снижении удоя может объясняться снижением интенсивности пищеварительных процессов на фоне затухания доминанты лактации.

Соотношение молочного жира и белка во второй и третьей группах не выходило за пределы нормы, что может свидетельствовать о сбалансированном кормлении. Удой животных этих групп находился в пределах 15-27 кг/сут. В первой группе при удое более 30 кг/сут. пониженное соотношение жира и белка ( $0,98 \pm 0,09$ ) свидетельствует о несбалансированном содержании концентратов и волокнистых кормов в рационе и угрозе ацидоза рубца.

### Заключение

Установлено, что степень измельчения частиц корма в процессе переваривания в желудочно-кишечном тракте коров, выраженная через отношение средних размеров частиц кала и корма связана с показателями удоя и качества молока. Средний размер частиц кала коров с удоем 15-27 кг молока в сутки варьирует в пределах 0,8-1,2 мм и не зависит от среднего размера частиц скармливаемого корма. Заметная (по шкале Чеддока) связь отношения размера частиц кала к размеру частиц корма отмечена для показателей: соматические клетки, удой, жир молока, высокая степень связи установлена с соотношением жира/белок в молоке ( $R^2 = 0,82$ ). При низком соотношении жир/белок (менее 1) практически отсутствует зависимость удоя от размера частиц кала. С увеличением соотношения в молоке возрастает выраженность отрицательной зависимости удоя от размера частиц кала ( $R^2 = 0,90$  при соотношении жир/белок  $\geq 1,2$ ). Выявленные взаимосвязи в соотношении размеров частиц кала и корма с показателями удоя и качества молока позволяют использовать их для косвенной оценки сбалансированности кормления и характеристики пищеварительных процессов в желудочно-кишечном тракте коров.

### Список литературы

1. Василевский Н.В., Елецкая Т.А., Берестовая Л.Е., Гребень Л.Г. Физиологические основы оптимизации физических параметров кормосмесей для молочного скота. Харьков: Институт животноводства. Национальная академия аграрных наук, 2016. 72 с.
2. Василевский Н.В., Елецкая Т.А., Гребень Л.Г., Берестовая Л.Е. К вопросу о выборе адекватной процедуры статистического анализа при определении размеров частиц измельченных кормов для крупного рогатого скота. // Проблемы биологии продуктивных животных. 2017. № 2. С. 88-100.
3. Василевский Н.В., Елецкая Т.А. Размер частиц пищи как показатель ее структурности и ключевой аспект развития парадигмы теории питания // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 4. С. 714-725. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.4.714
4. Елецкая Т.А. Изменение переваримости питательных веществ корма у коров в зависимости от уровня кормления и способа скармливания рациона. // Естественный альманах. 2012. № 17. С. 118-126.
5. Калашников А.П., Фисинин В.И., Щеглов В.В., Клейменов Н.И. (Ред.). Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Москва: Агропромиздат, 2003. 456 с.
6. Beauchemin K.A., Rode L.M., Eliason M.V. Chewing activities and milk production of dairy cows fed alfalfa as hay, silage, or dried cubes of hay or silage. // J. Dairy Sci. 1997. Vol. 80. nr 2. P. 324-333. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(97)75942-3
7. Beauchemin K.A., Yang W.Z. Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage. // J. Dairy Sci. 2005. Vol. 88. nr 6. P. 2117-2129. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72888-5
8. Fahey G.C., Novotny L., Layton B., Mertens D.R. Critical factors in determining fiber content of feeds and foods and their ingredients. // J. AOAC Intern. 2019. Vol. 102. nr 1. P. 52-62. DOI: 10.5740/jaoacint.18-0067.

9. Maulfair D.D., Fustini M., Heinrichs A.J. Effect of varying total mixed ration particle size on rumen digesta and fecal particle size and digestibility in lactating dairy cows. // *J. Dairy Sci.* 2011. Vol. 94. nr 7. P. 3527-3536. DOI: 10.3168/jds.2010-3718
10. Qingtao G., Feng Z., Fangkun D., Hu Zhang, Ya Wang. Effect of corn particle size on the particle size of intestinal digesta or feces and nutrient digestibility of corn-soybean meal diets for growing pigs. // *Animals (Basel)*. 2020. Vol. 10. nr 5. P. 876. DOI: 10.3390/ani10050876
11. Weiß J., Pabst W., Granz S. *Tierproduktion*. Stuttgart: Enke Publ., 2011. DOI: 10.1055/b-002-8312

#### References (for publication in Russian)

1. Vasilevsky N.V., Eletskaia T.A., Berestovaya L.E., Greben L.G. *Fiziologicheskie osnovy optimizatsii fizicheskikh parametrov kormosmesi dlya molochnogo skota* (Physiological bases of physical parameters optimization of feed mixtures for dairy cattle). Kharkov: Institute of Livestock. National Academy of Agrarian Sciences. 2016. 72 p.
2. Vasilevsky N.V., Eletskaia T.A., Greben L.G., Berestovaya L.E. [On the issue of choosing an adequate procedure for statistical analysis when determining the particle size of crushed feed for cattle]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology*. 2017. 2: 88-100.
3. Vasilevsky N.V., Eletskaia T.A. [The size of food particles as an indicator of its structure and a key aspect of the development of the paradigm of nutrition theory]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya - Agricultural Biology*. 2020. 55(4): 714-725. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.4.714
4. Eletskaia T.A. [Changes in the digestibility of feed nutrients in cows depending on the level of feeding and the method of feeding the ration]. *Estestvennyi al'manakh - Natural almanac*. 2012. 17: 118-126.
5. Kalashnikov A.P., Fisinin V.I., Shcheglov V.V., Kleimenov N.I. (Eds) *Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh* (Norms and rations for feeding farm animals). Moscow: Agropromizdat Publ., 2003. 456 p.

DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2021.2.103-108

**Average size of feces particles as an indicator of the digestive processes efficiency in dairy cows**

Vasilevsky N.V., Eletskaia T.A., Sedyuk I.E., Zolotarev A.P., Eletskaia L.N.

*Institute of Animal Husbandry of the National Agricultural Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv, Kharkiv region, Ukraine*

**ABSTRACT.** The aim of the work was to study the relationship between indicators of milk yield and milk quality and the size of particles of feed and feces of cows. The keeping of animals is tethered, feeding with a fully mixed ration with individual distribution of concentrates in proportion to the milk yield. Determination of the average particle size of feed and feces was carried out by wet sieving. It was found that the average particle size of feces of cows with a milk yield of 15-27 kg/day varies within 0.8-1.2 mm and does not depend on the average particle size of the feed. With a low fat/protein ratio in milk (less than 1), there is practically no relationship between milk yield and the average particle size of feces; with an increase in this ratio, their negative interdependence is manifested, reaching, at a ratio of  $\geq 1.2$ , a high degree of closeness of communication on the Chaddock scale (coefficient of determination  $R^2 = 0.90$ ). A noticeable relationship between the ratio of the particle size of feces to the size of feed particles was noted for the indicators: somatic cells, milk yield, milk fat, a high degree of relationship was established with the fat / protein ratio in milk ( $R^2 = 0.82$ ). The revealed relationships in the ratio of the particle size of feces and fodder with indicators of milk yield and milk quality make it possible to use them for an indirect assessment of the balance of feeding and the characteristics of digestive processes in the gastrointestinal tract of cows.

*Key words: digestibility, cattle, particle size of feed and feces, productivity, milk protein and fat*

**Problemy biologii produktivnykh zhyvotnykh - Problems of Productive Animal Biology, 2021, 2: 103-108**

Поступило в редакцию: 18.05.2021

Получено после доработки: 15.06.2021

**Василевский Николай Владимирович**, зав. лаб., к.б.н., ст.н.с., +3(8096)233-41-74, vasilevskiy.n@mail.ru;

**Елецкая Татьяна Александровна**, ст.н.с., к.б.н., +3(8068)616-01-42, eletskatat@yandex.ru;

**Седюк Игорь Евгеньевич**, вед.н.с., к.с.-х.н., ст.н.с., +3(8050)303-75-17, scdy uk58@gmail.com;

**Золотарев Андрей Петрович**, н.с., +3(8099)048-28-49, apz\_2013@ukr.net;

**Елецкая Лариса Николаевна**, н.с., +3(8050)710-17-22, leletskya@gmail.com