

А.Н. КОТ<sup>1</sup>, Т.Л. САПСАЛЁВА<sup>1</sup>, Г.Н. РАДЧИКОВА<sup>1</sup>, Е.А. ШНИТКО<sup>1</sup>,  
В.Н. КУРТИНА<sup>2</sup>, Д.В. ГУРИНА<sup>1</sup>

## ПОКАЗАТЕЛИ РУБЦОВОГО ПИЩЕВАРЕНИЯ У МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ НЕСТРУКТУРНЫХ УГЛЕВОДОВ В РАЦИОНАХ

<sup>1</sup>РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по животноводству»

<sup>2</sup>УО «Витебская ордена «Знак Почёта» государственная академия  
ветеринарной медицины»

Изложены результаты исследований показателей рубцового пищеварения молодняка крупного рогатого скота в возрасте 12-18 месяцев при различных уровнях неструктурных углеводов в рационах. Установлено, что увеличение уровня неструктурных углеводов в рационе способствует снижению рН с 6,87 до 6,6, повышению концентрации ЛЖК на 2,2-21,1 % и численности инфузорий на 3,8-4,5 %. Содержание аммиака также снижается на 3,1-5,4 %.

**Ключевые слова:** бычки, рационы, неструктурные углеводы, рубцовое пищеварение.

A.N. KOT<sup>1</sup>, T.L. SAPSALEVA<sup>1</sup>, G.N. RADCHIKOVA<sup>1</sup>, E.A. SHNITKO<sup>1</sup>, V.N. KURTINA<sup>2</sup>,  
D.V. GURINA<sup>1</sup>

## INDICATORS OF RUMEN DIGESTION IN YOUNG CATTLE AT DIFFERENT LEVELS OF NONSTRUCTURAL CARBOHYDRATES IN DIET

<sup>1</sup>RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus  
on Animal husbandry»

<sup>2</sup>Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine

The results of researches on indicators of rumen digestion of young cattle aged 12-18 months at various levels of nonstructural carbohydrates in diet are presented. It was determined that increase in the level of non-structural carbohydrates in a diet helps to reduce pH level from 6.6 to 6.87, increase concentration of VFA by 2.2-21.1 % and number of ciliates by 3.8-4.5 %. Ammonia level is also reduced by 3.1-5.4 %.

**Key words:** steers, diets, non-structural carbohydrates, rumen digestion.

**Введение.** Среди всех факторов, оказывающих влияние на продуктивность скота, главным является кормление. В структуре затрат на производство выращивания крупного рогатого скота корма занимают более 60 %, поэтому они играют основную роль в себестоимости прироста. Кормовой фактор является одним из основных определяющих показателей продуктивности животных, эффективности использования кормов и рентабельности производства продукции [1, 2, 3].

Углеводы составляют большую группу питательных веществ кормов. Особенно велика доля неструктурных углеводов в концентрированных кормах. Поступившие в рубец сложные углеводы подвергаются ферментативному гидролизу до ди- и моносахаридов, которые в дальнейшем сбраживаются до ЛЖК. С учётом того, что до 95 % простых сахаров и крахмалов переваривается в рубце, они оказывают значительное влияние на переваримость питательных веществ и эффективность использования их в организме. Углеводы поступают в рубец жвачных в виде сахаров, крахмала, гемицеллюлозы, целлюлозы и некоторых других соединений. Микроорганизмы рубца расщепляют сложные углеводы до простых сахаров, которые в дальнейшем сбраживаются до уксусной, пропионовой, масляной и других кислот. Образующиеся в рубце в большом количестве летучие жирные кислоты (ЛЖК) составляют у жвачных главный источник энергии (до 70 % от общей потребности) [4, 5, 6]. Уксусная кислота на 40-60 % обеспечивает энергетические затраты организма и участвует в образовании нейтральных жиров и некоторых органических кислот. Недостаток или избыток легкоферментируемых углеводов сопровождается нарушениями белково-жирового обмена, что приводит к снижению усвоения питательных веществ корма и продуктивности животных. Большое значение в питании животных имеют сахара и крахмал, поэтому в современных детализированных нормах они включены в число нормируемых показателей [7].

Безазотистые экстрактивные вещества, в особенности сахара и крахмал, являются не только питательными веществами для животного, но и пищей для населяющих преджелудки жвачных микроорганизмов и используются ими для синтеза бактериального белка. Таким образом, наличие в рубце неволокнистых углеводов, к которым следует отнести крахмал и простые сахара, увеличивает его энергетическую насыщенность и определяет количество бактериального протеина, выработанного в рубце [8, 9, 10].

Целью исследований являлось установление закономерностей изменений микробных процессов в рубце в зависимости от содержания в рационе различных фракций углеводов, расщепляемого и нерасщепляемого протеина.

**Материал и методика исследований.** Экспериментальная часть исследований проведена на молодняке крупного рогатого скота в возрасте 12-18 месяцев в условиях физиологического корпуса РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству».

Формирование групп животных осуществляли по принципу параналогов в соответствии со схемой исследований (таблица 1).

Таблица 1 – Схема исследований

| Группы | Количество животных, голов | Возраст животных, мес. | Особенности кормления  |
|--------|----------------------------|------------------------|--|
| I      | 10                         | 9-12                   | Соотношение расщепляемого и нерасщепляемого протеина 75:25. Содержание неструктурных углеводов 20 % от СВ рациона. |
| II     | 10                         | 9-12                   | Соотношение расщепляемого и нерасщепляемого протеина 75:25. Содержание неструктурных углеводов 25 % от СВ рациона. |
| III    | 10                         | 9-12                   | Соотношение расщепляемого и нерасщепляемого протеина 75:25. Содержание неструктурных углеводов 30 % от СВ рациона. |
| IV     | 10                         | 9-12                   | Соотношение расщепляемого и нерасщепляемого протеина 70:30. Содержание неструктурных углеводов 20 % от СВ рациона. |
| V      | 10                         | 9-12                   | Соотношение расщепляемого и нерасщепляемого протеина 70:30. Содержание неструктурных углеводов 25 % от СВ рациона. |
| VI     | 10                         | 9-12                   | Соотношение расщепляемого и нерасщепляемого протеина 70:30. Содержание неструктурных углеводов 30 % от СВ рациона. |

Опытные группы получали рацион, в сухом веществе которого содержалось 15 %, 20, 25 и 30 % неструктурных углеводов. Кроме этого, у бычков в рационах нормировались не только неструктурные углеводы, но и соотношение расщепляемого и нерасщепляемого протеина, которое составило 75: 25 и 70:30.

Проведённые ранее опыты на бычках 3-6 и 9-12 месяцев показали, что лучшие результаты были получены в группах, где содержание не-

структурных углеводов находилось на уровне 20-30 % от сухого вещества рациона. Поэтому для дальнейшего исследования на бычках 12-18 месяцев использовались рационы с содержанием неструктурных углеводов 20 %, 25 и 30 %. Однако не было установлено, как влияет расщепляемость протеина на показатели рубцового пищеварения. Для решения этой задачи проведены исследования рубцового пищеварения на бычках в возрасте 12-18 месяцев с учётом содержания неструктурных углеводов и расщепляемости протеина.

Физиологические эксперименты по изучению показателей рубцового пищеварения в сложном желудке проведены методом *in vivo* на сложнооперированных животных с вживлёнными в рубец канюлями (Ø 2-5 см). Период инкубации исследуемых концентрированных кормов в рубце в течение 6 часов, грубых – 24 часа (ГОСТ 28075-89).

Интенсивность процессов рубцового пищеварения у бычков изучена путём отбора проб жидкой части содержимого рубца через фистулу спустя 2-2,5 часа после утреннего кормления в течение двух дней четыре раза в месяц. В рубцовой жидкости, отфильтрованной через 4 слоя марли, определены: концентрация ионов водорода – с помощью электропотенциометра марки рН-340; общий и остаточный азот – по Kjeldahl (2004), белковый – по разнице между общим и остаточным; общее количество летучих жирных кислот (ЛЖК) – методом паровой дистилляции в аппарате Маркгамма, согласно методическим указаниям Н.В. Курилова и др. [11], И.П. Кондрахина [12]; аммиак – микродиффузным методом в чашках Конвея; количество инфузорий – путём подсчёта в 4-сетчатой камере Горяева.

**Результаты эксперимента и их обсуждение.** Анализ химического состава травяных кормов, используемых в кормлении крупного рогатого скота, показал, что они не обеспечивают необходимого количества неструктурных углеводов в рационах, так как их содержание в сухом веществе составляет 2,7-5,7 %. Количество неструктурных углеводов в сухом веществе зерна как злаковых, так и бобовых культур находится на уровне 36,1-68,6 %. Таким образом, обеспечить необходимый уровень НСУ в рационах можно только за счёт использования концентрированных кормов.

Для изучения влияния неструктурных углеводов при заданной расщепляемости протеина на показатели рубцового пищеварения были разработаны четыре рецепта зерновых смесей.

Зерномеся, используемые в рационах подопытных животных, состояли из зерна ячменя, ржи, овса гороха, кукурузы. Также в их состав включены сухой свекловичный жом, отруби пшеничные и шрот льняной. Сочетание этих компонентов позволило обеспечить постоянное соотношение между расщепляемым и нерасщепляемым протеином и

при этом различные уровни содержания неструктурных углеводов. В одном килограмме таких смесей содержалось 0,98-1,20 к. ед. и 132-150 г сырого протеина. Содержание неструктурных углеводов в сухом веществе составило 9,9-20,2 %, нерасщепляемого протеина в сухом веществе – 27-38 %. На основе разработанных кормовых добавок, кукурузного силоса и бобово-злакового сенажа были составлены рационы, обеспечившие необходимое содержание неструктурных углеводов и соотношение нерасщепляемого и расщепляемого протеина (таблица 2).

Таблица 2 – Среднесуточный рацион подопытных животных по фактически потреблённым кормам, кг/гол.

| Корма и питательные вещества | Группы животных |       |       |       |       |       |
|------------------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                              | I               | II    | III   | IV    | V     | VI    |
| Сенаж бобово-злаковый, кг    | 6,40            | 6,30  | 6,10  | 6,30  | 6,20  | 5,90  |
| Силос кукурузный, кг         | 7,30            | 7,20  | 7,00  | 7,40  | 7,20  | 7,30  |
| Зерносмесь №1, кг            | 1,00            | 2,00  | 3,00  |       |       |       |
| Зерносмесь №2, кг            | 2,00            | 1,00  |       |       |       |       |
| Зерносмесь №3, кг            |                 |       |       |       | 1,50  | 3,00  |
| Зерносмесь №4, кг            |                 |       |       | 3,00  | 1,50  |       |
| В рационе содержится:        |                 |       |       |       |       |       |
| Кормовые единицы             | 7,61            | 7,74  | 7,80  | 7,63  | 7,78  | 7,96  |
| Обменная энергия, МДж        | 76,5            | 77,6  | 78,1  | 76,7  | 77,9  | 79,3  |
| Сухое вещество, кг           | 7,8             | 7,7   | 7,6   | 7,8   | 7,7   | 7,6   |
| Сырой протеин, г             | 978             | 1002  | 1016  | 940   | 944   | 946   |
| РП, г                        | 762,0           | 779,5 | 789,3 | 713,5 | 711,2 | 706,5 |
| НРП, г                       | 223,5           | 227,2 | 228,7 | 238,5 | 243,5 | 248,9 |
| Сырой жир, г                 | 311             | 304   | 295   | 326   | 319   | 316   |
| Сырая клетчатка, г           | 1985            | 1869  | 1729  | 2014  | 1869  | 1731  |
| Крахмал, г                   | 992             | 1300  | 1606  | 941   | 1319  | 1701  |
| Сахар, г                     | 231             | 229   | 225   | 236   | 227   | 213   |
| БЭВ, г                       | 4083            | 4118  | 4118  | 4071  | 4131  | 4192  |
| Кальций, г                   | 59,3            | 56,2  | 52,2  | 58,9  | 55,0  | 50,8  |
| Фосфор, г                    | 24,3            | 25,5  | 26,5  | 23,3  | 24,4  | 25,6  |
| Магний, г                    | 20,1            | 19,2  | 18,2  | 20,4  | 19,4  | 18,4  |
| Калий, г                     | 106,4           | 105,2 | 102,6 | 104,9 | 101,9 | 98,8  |
| Сера, г                      | 16,7            | 16,4  | 16,0  | 361,1 | 188,1 | 15,2  |
| Медь, мг                     | 67,7            | 63,4  | 58,5  | 108,1 | 83,1  | 57,7  |
| Цинк, мг                     | 258             | 262   | 263   | 328   | 292   | 256   |
| Марганец, мг                 | 477             | 431   | 379   | 347   | 360   | 376   |

В структуре рациона на долю концентрированных кормов приходилось 39,5-45,6, травяных кормов – 54,4-60,5 %. Суточное потребление сухих веществ подопытными бычками находилось на уровне 7,6-7,8 кг/голову. Концентрация обменной энергии в сухом веществе рациона опытных групп составила 9,4-10,4 МДж/кг. На долю сырого протеина в сухом веществе рациона приходилось 12,4-13,3 %, сырой клетчатки – 22,7-25,8 %. В I, II и III группах соотношение нерасщепляемого и расщепляемого протеина составило 29:71, при этом содержание неструктурных углеводов в сухом веществе увеличивалось с 15,6 % в I группе до 24,11 % в III группе. В IV, V и VI группах соотношение нерасщепляемого и расщепляемого протеина составило 30:70, содержание неструктурных углеводов в сухом веществе увеличивалось с 15,1 %, 20,1 и 25,2 %. Остальные нормируемые показатели рациона были учтены и сбалансированы в пределах норм.

Изучение процессов рубцового метаболизма у молодняка крупного рогатого скота при изменении в их рационе уровня распадаемости протеина представляет интерес, так как в рубце происходят процессы расщепления питательных веществ до более простых форм, способных легко проникать в кровь и участвовать в обменных процессах.

В рубце поступающий с кормом белок под действием ферментов микрофлоры более чем наполовину расщепляется до аминокислот и аммиака, которые используются для синтеза микробного белка. Концентрация аммиака, образующегося в рубце, определяется, в первую очередь, количеством и качеством кормового белка и азотсодержащих небелковых соединений, а также интенсивностью его всасывания и использования для синтеза белка *de novo*.

В наших исследованиях (таблица 3), независимо от соотношения расщепляемого и нерасщепляемого протеина, можно отметить тенденцию снижения рН при увеличении уровня неструктурных углеводов. Причём, в группах, где соотношение расщепляемого и нерасщепляемого протеина составляло 75:25 рН было выше, чем в группах с соотношением 30:70.

Также следует отметить, что содержание летучих жирных кислот в рубцовой жидкости напрямую связано с содержанием неструктурных углеводов. Так, во II и III группах этот показатель увеличился на 2,2-21,1 %, а в V и VI группах – на 2,3-4,5 %. Также отмечено увеличение содержания общего белка в рубцовой жидкости этих групп на 1,7-5,0 и 1,6-3,0 %. В то же время содержание небелкового азота снизилось на 2,5-3,0 и 4,2-10,8 %, аммиака – на 3,1-5,4 и 2,3-3,8 % соответственно.

Изменения содержания НСУ не оказывало существенного влияния на численность инфузорий, которая находилась в пределах 887-924 тыс./мл. Причём, наименьшее количество инфузорий отмечено в I и

IV, а наибольшее – во II и III группах – 924 и 918 тыс./мл, что на 3,8-4,5 % больше, чем в I.

Таблица 3 – Параметры рубцового пищеварения бычков 12-18-месячного возраста

| Показатели                 | Группы животных |           |           |           |           |            |
|----------------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
|                            | I               | II        | III       | IV        | V         | VI         |
| ЛЖК, ммоль/100 мл          | 9,0±0,37        | 9,2±0,84  | 10,9±0,3  | 8,9±0,08  | 9,1±0,17  | 9,3±0,5    |
| Азот общий, мг/100 мл      | 154±7,88        | 157±9,2   | 162±5,2   | 157±6,28  | 160±5,2   | 162±11,2   |
| Азот белковый, мг/100 мл   | 115±10,2        | 118±7,6   | 123±7,7   | 115±5,25  | 119±5,2   | 124±17,1   |
| Азот небелковый, мг/100 мл | 39,9±3,25       | 38,9±3,79 | 38,7±2,8  | 42,5±1,45 | 40,7±1,62 | 37,9±6,0   |
| Аммиак, мг/100 мл          | 13±0,68         | 12,6±0,45 | 12,3±0,69 | 13±0,68   | 12,7±0,23 | 12,5±0,9   |
| Инфузории, тыс./мл         | 884±28,0        | 924±22,8  | 918±22,2  | 890±14,8  | 906±12,2  | 913,3±42,8 |

Также в процессе опытов были изучены гематологические показатели подопытных животных (таблица 4).

Таблица 4 – Гематологические показатели подопытных животных

| Показатели                | Группы животных |           |           |           |           |           |
|---------------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                           | I               | II        | III       | IV        | V         | VI        |
| Эритроциты, $10^{12}$ /л  | 7,06±0,04       | 7,17±0,03 | 7,11±0,05 | 7,1±0,03  | 7,14±0,03 | 7,07±0,03 |
| Гемоглобин, г/л           | 115±1,44        | 117±0,87  | 117±1,21  | 118±0,69  | 117±0,98  | 118±0,92  |
| Общий белок, г/л          | 74,4±0,46       | 76,4±1,62 | 76,6±2,19 | 74,9±0,81 | 75,7±1,9  | 76,7±1,9  |
| Глюкоза, ммоль/л          | 2,65±0,06       | 2,79±0,27 | 2,91±0,10 | 2,55±0,14 | 2,6±0,29  | 2,87±0,17 |
| Мочевина, ммоль/л         | 5,42±0,20       | 5,32±0,25 | 5,29±0,36 | 4,94±0,30 | 4,61±0,20 | 4,83±0,40 |
| Щелочной, резерв, ммоль/л | 22,8±0,69       | 22,4±0,75 | 23,1±0,17 | 23,5±0,64 | 22,9±0,8  | 21,5±0,5  |
| Кальций, ммоль/л          | 2,67±0,1        | 2,74±0,12 | 2,67±0,08 | 2,82±0,04 | 2,83±0,06 | 2,70±0,12 |
| Фосфор, ммоль/л           | 1,59±0,04       | 1,73±0,06 | 1,73±0,04 | 1,7±0,03  | 1,64±0,06 | 1,69±0,12 |
| Каротин, ммоль/л          | 0,76±0,03       | 0,7±0,08  | 0,73±0,01 | 0,83±0,03 | 0,78±0,02 | 0,70±0,06 |

Изменение состава рациона оказало влияние не только на показатели рубцового пищеварения, но и на состав крови. Так, с увеличением доли неструктурных углеводов в рационе повышалось содержание глюкозы в крови животных II, III, и VI групп на 5,3 %, 9,5 и 8,0 %.

Также в группах, получавших рационы с содержанием нерасщепляемого протеина 30 %, при увеличении НСУ в сухом веществе установлено снижение концентрации мочевины в крови на 1,9-2,4 %, а в остальных группах – на 2,2-6,7 %. Также снизился щелочной резерв в V и VI группах на 2,6-8,5 %. Однако все исследуемые показатели были в пределах физиологической нормы.

**Заключение.** Установлено, что у молодняка крупного рогатого скота в возрасте 12-18 месяцев, потребляющих рационы, содержащие 25 % нерасщепляемого протеина, при увеличении уровня неструктурных углеводов в рубце отмечается снижение рН с 6,87 до 6,6, повышение концентрации ЛЖК на 2,2-21,1 % и численности инфузорий на 3,8-4,5 %. Содержание аммиака также снижается на 3,1-5,4 %. В случае увеличения доли нерасщепляемого протеина до 30 % отмечаются такие же изменения: рН снижается с 6,68 до 6,47, аммиак – на 2,3-3,8 %, содержание ЛЖК увеличивается на 2,3-4,5 %.

#### Литература

1. Приёмы повышения продуктивности молодняка крупного рогатого скота : моногр. / В. Ф. Радчиков [и др.]. – Жодино, 2010. – 244 с.
2. Морфо-биохимический состав крови и продуктивность ремонтных тёлочек при использовании зерна рапса и люпина в составе БВМД / В. Ф. Радчиков [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Жодино, 2013. – Т. 47, ч. 2. – С. 322-331. – Авт. также : Куртина В.Н., Цай В.П., Кот А.Н., Ляндышев В.А.
3. Эффективность использования питательных веществ рационов бычками в зависимости от фракционного состава протеина / В. Ф. Радчиков [и др.] // Научные основы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных : сб. науч. тр. / СКНИИЖ. – Краснодар, 2009. – Ч. 2. – С. 216-218.
4. Фицев, А. И. Новая система оценки качества протеина кормов для жвачных животных / А. И. Фицев // Современные вопросы интенсификации кормления, содержания животных и улучшения качества продуктов животноводства. – М., 1999. – С. 18-19.
5. Эффективность использования питательных веществ рационов бычками и процессы рубцового пищеварения в зависимости от фракционного состава протеина в рационе / В. Ф. Радчиков [и др.] // Стратегия развития зоотехнической науки : тез. докл. междунар. науч.-практ. конф. – Жодино, 2009. – С. 258-260.
6. Левахин, Г. И. Влияние энергетической ценности рациона на использование протеина бычками / Г.И. Левахин, А.Г. Мещеряков // Животноводство России. – 2006. - № 5. – С. 10-13.
7. Погосян, Д. Г. Переваримость нерасщепляемого в рубце протеина различных кормов в кишечнике растущих бычков : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.02.02 / Погосян Дмитрий Геннадьевич. – Оренбург, 1994. – 41 с.
8. Галочкина, В. П. Влияние кормов с низкой распадаемостью протеина в рубце на продуктивность откармливаемых бычков / В. П. Галочкина // Животноводство России. – 2004. - № 2. – С. 12-14.
9. Бондарь, Ю. В. Влияние рациона с разным качеством протеина на процессы рубцового пищеварения и эффективность использования питательных веществ бычками-кастратами при интенсивном выращивании : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 06.02.02 / Бондарь Юрий Васильевич. – Оренбург, 2000. – 22 с.
10. Алиев, А. А. Обмен веществ у жвачных животных / А. А. Алиев. – М. : НИЦ «Инженер», 1997. – 420 с.
11. Изучение пищеварения у жвачных : методические указания / Н. В. Курилов [и др.] ; Всерос. науч.-исслед. ин-т физиологии и биохимии питания с.-х. животных. – Боровск, 1987. – 96 с.
12. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики : справочник / под ред. И. П. Кондрахина. – М. : Колос, 2004. – 520 с.

(поступила 26.03.2015 г.)