

ОБМЕН АЗОТА В ОРГАНИЗМЕ И ИНТЕНСИВНОСТЬ РОСТА РЕМОНТНЫХ ТЕЛОК ПРИ СКАРМЛИВАНИИ ИМ ЭКСТРУДАТА РЖИ

(✉) Морозков Н.А., Суханова Е.В., Жданова И.Н.

Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук
Пермский край, с. Лобаново, Россия

(✉) e-mail: ivanushkizabereznik@yandex.ru

Целью исследования являлось изучение влияния разных доз экструдата зерна озимой ржи на обмен азота в организме и интенсивность роста ремонтных телок в возрасте 12–15 мес голштинизированной черно-пестрой породы в условиях молочного комплекса. Телки контрольной группы получали рацион, концентратная часть которого состояла на 50,0% (1,0 кг) из типового комбикорма КР-3 (ГОСТ 9268–2015), на 50,0% (1,0 кг) – из плющеного ячменя. Животные 1–3-й опытных групп получали тот же набор объемистых кормов, что и в контрольной группе, но в содержание концентратной части был дополнительно введен экструдат зерна озимой ржи (12,5; 25,0 и 50,0% соответственно). Продолжительность учетного периода в опыте составила 92 дня. Установлено, что телки опытных групп использовали поступавший с кормом азот более рационально. Ими было отложено в теле: поступившего азота – на 0,82; 1,16 и 3,52% больше, переваренного – на 0,19; 0,94 и 4,31% больше. По завершении эксперимента в крови представителей 3-й группы отмечено увеличение общего белка в плазме на 6,51%, γ -глобулинов – на 8,54% ($p < 0,5$).

Ключевые слова: абсолютный прирост, рацион, сахар, мочевина, экструдат, озимая рожь, сахаропroteиновое отношение

NITROGEN EXCHANGE AND GROWTH RATE OF REPLACEMENT HEIFERS FED ON RYE EXTRUDATE

(✉) Morozkov N.A., Sukhanova E.V., Zhdanova I.N.

Perm Research Institute of Agriculture – Branch of the Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Lobanovo, Perm Territory, Russia

(✉) e-mail: ivanushkizabereznik@yandex.ru

The purpose of the research was to study the effect of different doses of winter rye grain extrudate on nitrogen metabolism in the body and growth intensity of replacement heifers at the age of 12–15 months of the Holsteinized black-and-white breed in the conditions of the dairy complex. Heifers of the control group received a diet, the concentrate part of which consisted of 50.0% (1.0 kg) of standard mixed fodder KR-3 (GOST 9268–2015), 50.0% (1.0 kg) – of rolled barley. Animals of the 1st–3rd experimental groups received the same set of voluminous feeds as in the control group, but the extrudate of winter rye grain was additionally introduced in the content of the concentrate part (12.5; 25.0 and 50.0%, respectively). The duration of the registration period in the experiment amounted to 92 days. It was found that heifers of experimental groups used nitrogen supplied with feed more rationally. They deposited in the body: incoming nitrogen by 0.82; 1.16 and 3.52% more and digested nitrogen by 0.19; 0.94 and 4.31% more. At the end of the experiment there was an increase of total protein in plasma by 6,51%, γ -globulins – by 8,54% ($p < 0,5$).

Keywords: absolute gain, diet, sugar, urea, extrudate, winter rye, sugar-protein ratio

Для цитирования: Морозков Н.А., Суханова Е.В., Жданова И.Н. Обмен азота в организме и интенсивность роста ремонтных телок при скармливании им экструдата ржи // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 10. С. 93–102. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-10-11>

For citation: Morozkov N.A., Sukhanova E.V., Zhdanova I.N. Nitrogen exchange and growth rate of replacement heifers fed on rye extrudate. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 10, pp. 93–102. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-10-11>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания ФГБУН «Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» (тема № АААА-А19-119032190060-4).

Acknowledgements

The work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the state assignment of FSBIS "Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences" (Project No. АААА-А19-119032190060-4).

ВВЕДЕНИЕ

Одной из главных задач современного животноводства России при формировании высокопродуктивного молочного стада является достижение стандартов породы по живой массе молодняка. Биологически полноценное кормление ремонтных телок считается стратегически важным направлением, определяющим их успешное выращивание, позволяющее в последующем реализовать не только генетический потенциал поголовья по продуктивности, но и сохранить другой важнейший хозяйствственно полезный признак – способность к воспроизводству. Для этого необходимо наиболее полное обеспечение потребностей в питательных и биологически активных веществах с учетом уточненных зоотехнических норм на молочную продуктивность коров [1]. На формирование у телок телосложения определенного типа влияет интенсивность их роста. Особи, получающие повышенные объемы корма и выращиваемые в условиях беспривязного содержания, более массивны, имеют выраженную широкую и глубокую грудь, ровный и широкий зад, широкую постановку конечностей. Такие телки приспособлены к длительным срокам продуктивного использования. В отношении крупного рогатого скота научно обосновано наличие прямой корреляционной связи между интенсивностью роста и последующей молочной продуктивностью [2–4].

Установлено, что сахар и крахмал, будучи основными энергетическими питательными веществами для животного организма, являются пищей для микроорганизмов рубца жвачных, выступая основой формирования бактериального белка. В результате кормле-

ния подвергнутыми экструзионной обработке зерновыми кормами наблюдается повышение обеспеченности животных сахаром, что способствует более эффективной утилизации жирных кислот, извлекаемых из жирового депо, активизирует процесс микробиального превращения органического вещества в рубце, повышает уровень использования азота в организме [5–8].

Фактором, определяющим низкий удельный вес зерна ржи в составе концентратной части рациона сельскохозяйственных животных (5,0–30,0%), является наличие в нем антипитательных веществ. При увеличении в рационе доли необработанного зерна ржи резко снижается потребление комбикорма, иногда даже наблюдается полный отказ от его поедания животными, что вызывает спад продуктивности. Зерно ржи содержит около 17,5% некрахмалистых полисахаридов, среди которых 6,0–8,0% составляют пентозаты, 7,0–8,5% – пептиды, 3,5–4,5% – глюкоза. Зерну ржи присуща специфическая структура крахмальных зерен, проявляющаяся в их сильной и быстрой набухаемости в желудочно-кишечном тракте животных. Кроме того, зерно ржи может быть загрязнено биологическими организмами животного происхождения, микроскопическими грибами (спорынья). Вязкость водного экстракта зерна озимой ржи в 22 раза выше, чем у пшеницы [9, 10].

Темпы роста продуктивности в животноводстве зависят от внедрения современных методов подготовки зерновых кормов к скармливанию. Одним из таких методов является экструдирование [11–13]. При переработке на экструзионных установках зерно подвергается комбинированному воздей-

ствию давления 40–60 атмосфер и температуры 170–190 °С. В результате биохимический состав корма меняется: идет интенсивная декстринизация и желатинизация крахмала с образованием крахмального геля, декстринов и сахаров [14–16], происходит частичный гидролиз клетчатки, практически разрушается биологическая структура токсических веществ, осуществляется обеззараживание от плесени и грибов, наблюдается значительное снижение кинематической вязкости водного экстракта, улучшаются вкусовые качества^{1, 2}. После поедания кормов, в состав которых входит прошедшее барогидротермическую обработку (БГТО) зерно пшеницы, у коров отмечается снижение содержания распадающегося протеина в рубце с 78,9 до 24,2% (более чем в 3 раза). Распадаемость протеина ячменя, ржи, гороха и кормовых бобов после БГТО снижалась в 1,5–3,0 раза. При тепловой обработке происходит денатурация белка, который становится малодоступным для ферментов протеолитических микроорганизмов рубца, что и делает протеин зернового корма менее растворимым в рубцовой жидкости³. После экструзионной обработки кормов их поедаемость и переваримость повышаются.

При скармливании экструдированных зерновых кормов увеличиваются объемы прироста молодняка, улучшается качество получаемой продукции (молока, мяса). Нейтрализация антипитательных свойств и изменение биохимического состава зерна озимой ржи путем экструзионной обработки позволяют повышать ее содержание в структуре типовых комбикормов [17–19].

Дальнейшие исследования по использованию экструдата ржи в кормлении сельскохозяйственных животных должны быть направлены на изучение расщепляемости протеина и крахмала экструдированного корма в рубце жвачных животных, степени влияния экс-

трудата на биохимический состав рубцовой жидкости разных возрастных групп с последующим выявлением коррекции обмена веществ, а также на продуктивность.

Цель исследования – установить воздействие разного количества экструдата зерна озимой ржи, включенного в концентратную часть рациона, на организм молодняка крупного рогатого скота: использование поступающих с кормом азотистых веществ, изменение уровня обмена веществ, интенсивность роста.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Эксперимент проводили в 2021 г. на молочном комплексе, расположеннном в Пермском крае. Объектом исследования служили 12–15-месячные телки голштинизированной черно-пестрой породы. Постановочная живая масса используемых в исследовании животных находилась в пределах 301,4–301,8 кг, т.е. разница в массе у особей не превышала 1,10% (составила 0,99%), что подтверждает правильность подбора пар-аналогов. Научно-хозяйственный опыт состоял из двух периодов: подготовительного (уравнительного) – 15 дней, учетного – 92 дня. Содержание животных привязное.

Телок объединяли в четыре группы (одна контрольная и три опытных) по 11 гол. в каждой. В рамках общепринятой методики группы животных формировали по принципу пар-аналогов, учитывая возраст, живую массу и линейную принадлежность⁴.

Телки контрольной группы получали основной рацион (ОР), в состав которого входили: 2,90 кг злаково-бобового сена (ежа сборная + клевер луговой); 14,50 кг злаково-бобового силоса (костер безостый + козлятник восточный); концентратная часть на 50,0% (1,0 кг) состояла из типового комбикорма КР-3 (ГОСТ 9268–2015), на 50,0%

¹Ačkar D., Babić J., Jozinović A., Miličević B., Jokić S., Miličević R., Rajić M., Šubarić D. Starch Modification by Organic Acids and Their Derivatives: A Review // Molecules. 2015. N 20 (10). P. 19554–19570.

²Chen B., Chen Yu., Junfei L., Yuling Y., Xinchun Sh., Shaowei L., Xiaozhi T. Physical properties and chemical forces of extruded corn starch fortified with soy protein isolate // International Journal of Food Science and Technology. 2017. N 52 (12). P. 2604–2613.

³Погосян Д.Г., Чудайкин В.В. Распадаемость протеина в рубце и использование азотистых веществ корма у растущих бычков при химической и барогидротермической обработке кормов // Проблемы биологии продуктивных животных. 2011. № 2. С. 79–86.

⁴Овсянников А.И. Основы опытного дела в животноводстве. М.: Колос, 1976. 304 с.

(1,0 кг) – из ячменя плющеного (см. табл. 1). Телки трех опытных групп получали тот же набор объемистых кормов, что и входящие в контрольную группу, но в концентратную часть дополнительно был введен экструдат зерна озимой ржи в количестве 12,5; 25,0 и 50,0% соответственно.

Концентрация обменной энергии и сырого протеина в сухом веществе рационов подопытных животных в период исследования была в пределах рекомендуемых норм [1] и соответствовала 0,97–0,98 МДж и 16,1–16,5%. Сахаропroteиновое соотношение находилось в пределах 0,62–0,75 (норма для телок 0,70).

В течение 7 сут проводили физиологический опыт на трех 15-месячных телках из каждой группы по определению переваримости кормов заданного рациона на основе общепринятой методики М.Ф. Томмэ⁵. Один раз в сутки в одно и то же время осуществляли отбор образцов корма и его остатков, а также кала и мочи. При исследовании полученного материала использовали общепринятые зоотехнические методики⁶.

Анализ морфобиохимических показателей крови у телок (по три особи из каждой группы) проводили по устоявшейся методике⁷. Взятие рубцового содержимого во время фи-

зиологических опытов осуществляли за 1 ч до утреннего кормления и через 3 ч после него с помощью зонда (по три животных в группе). В образцах отфильтрованной через четыре слоя марли рубцовой жидкости величину общего и небелкового азота определяли методом Кье́льдаля, белкового – по разнице между общим и небелковым, аммиачного – с помощью микродиффузного метода в чашках Конвея⁸.

Все варьирующие количественные признаки подвергались статистической обработке⁹. Оценку достоверности эффектов осуществляли на основе *t*-критерия Стьюдента¹⁰. Необходимые расчеты проводили с использованием Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Уровень обменной энергии в ржаном экструдате составил 12,34 МДж/кг. Содержание сырого протеина в экструдате по сравнению с зерном озимой ржи снизилось на 0,41%, составив 14,67% в абс. сух. в-ве. Объем сахара в ржаном экструдате по сравнению с зерном увеличился в 2,46 раза и составил в расчете на 1 кг абс. сух. в-ва 12,44%. Количество сырой клетчатки и крахмала в сухом веществе экструдата по сравнению с зерном ржи уменьшилось на 3,48 и 5,62%, составив 6,93 и 43,12% соответственно.

Табл. 1. Схема научно-хозяйственного опыта (*n* = 11)

Table 1. Scheme of the scientific and economic experience (*n* = 11)

Период	Группа			
	контрольная	1-я	2-я	3-я
Подготовительный – 15 дней	ОР	ОР	ОР	ОР
Учетный – 92 дня (с 366-го по 458-й день выращивания)	50,0% типовой комбикорм + 50,0% плющенный ячмень*	50,0% типовой комбикорм + 37,5% плющенный ячмень + 12,5% экструдат зерна озимой ржи*	50,0% типовой комбикорм + 25,0% плющенный ячмень + 25,0% экструдат зерна озимой ржи*	50,0% типовой комбикорм + 50,0% экструдат зерна озимой ржи*

*Указан состав концентратной части основного рациона.

⁵Томмэ М.Ф. Методика определения переваримости кормов и рационов. М., 1969. 37 с.

⁶Топорова Л.В., Архипов А.В., Тищенков П.И., Андреев В.В., Шелест В.М., Курилова Н.М. Методы зоотехнического анализа кормов: учеб.-метод. пособие. М., 2013. 55 с.

⁷Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: справочник / И.П. Кондрахин, А.В. Архипов, В.И. Левченко, Г.А. Таланов, Л.А. Фролова, В.Э. Новиков. М.: КолосС, 2004. 520 с.

⁸Курилов Н.В., Севастянова Н.А. Изучение пищеварения у жвачных: метод. указания. Боровск, 1987. 39 с.

⁹Меркульева Е.К., Шангин-Березовский Г.Н. Генетика с основами биометрии. М.: Колос, 1983. 400 с.

¹⁰Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников. М.: Колос, 1969. 256 с.

Увеличенное относительно контроля потребление азота из суточного рациона наблюдалось у телок 1–3-й опытных групп: они потребили его на 6,56; 8,48 и 16,85 г (3,85; 4,98 и 9,90%) больше ($p < 0,01$). Использование азота в организме телок контрольной группы оказалось менее рациональным. Телками опытных групп было отложено в теле: поступившего азота – на 0,82; 1,16 и 3,52% больше, переваренного – на 0,19; 0,94 и 4,31% больше (см. табл. 2).

У телок 1–3-й групп объем отложенного в теле азота увеличился по сравнению с контролем на 6,42; 8,67 ($p < 0,05$) и 21,53% ($p < 0,01$)

соответственно. Можно утверждать, что скармливание молодняку крупного рогатого скота экструдата зерна озимой ржи в разных количествах благоприятно повлияло на использование поступающего с кормом азота.

В рубцовом содержимом за 1 ч до кормления уровень азотистых фракций находился практически на одном уровне (см. табл. 3). Во взятой через 3 ч после кормления рубцовой жидкости уровень общего азота был выше у телок опытных групп по сравнению с контролем: в 1-й группе – на 2,47%, во 2-й – на 11,90% ($p < 0,05$), в 3-й – на 21,39% ($p < 0,01$). В то же время количество аммиака у телок

Табл. 2. Среднесуточный баланс азота и уровень его использования подопытными животными ($n = 3$; $X \pm S_x$)

Table 2. Average daily nitrogen balance and its utilization by experimental animals ($n = 3$; $X \pm S_x$)

Показатель	Группа			
	контрольная	1-я	2-я	3-я
Поступило с кормом, г/гол./сут	170,08 ± 2,65	176,64 ± 1,67	178,56 ± 1,87	186,93 ± 3,39**
Выделено с калом, г/гол./сут	67,63 ± 0,18	67,97 ± 0,61	69,08 ± 0,39*	71,43 ± 0,92**
Переварено, г/гол./сут	102,45 ± 0,44	108,67 ± 0,34***	109,48 ± 1,41**	115,50 ± 2,17**
Выделено с мочой, г/гол./сут	44,23 ± 0,33	44,52 ± 1,15	46,06 ± 0,43*	46,81 ± 0,95
Отложено в теле, г/гол./сут	56,52 ± 1,15	60,15 ± 0,87	61,42 ± 1,19*	68,69 ± 2,34**
Отложено в теле, %:				
от поступившего	33,23	34,05	34,39	36,75
от переваренного	55,16	55,35	56,10	59,47

Примечание. Здесь и в табл. 3, 4: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Табл. 3. Содержание фракций азота в рубцовой жидкости ремонтных телок, мг ($n = 3$)

Table 3. Content of nitrogen fractions in the rumen fluid of replacement heifers, mg ($n = 3$)

Показатель	Группа			
	контрольная	1-я	2-я	3-я
<i>За 1 ч до кормления</i>				
Общий азот	103,54 ± 2,41	103,65 ± 3,97	105,97 ± 2,17	107,37 ± 1,88
В том числе:				
белковый	72,14 ± 2,76	72,13 ± 3,54	74,54 ± 3,96	75,69 ± 3,65
% от общего азота	69,67	69,59	70,34	70,49
небелковый	22,40 ± 0,99	22,54 ± 0,65	22,43 ± 1,15	22,68 ± 1,09
% от общего азота	30,33	30,41	29,66	29,51
Аммиачный азот	7,66 ± 0,45	7,49 ± 0,64	7,37 ± 0,61	6,95 ± 0,98
<i>Через 3 ч после кормления</i>				
Общий азот	145,99 ± 3,87	149,59 ± 2,75	163,36 ± 2,76*	177,22 ± 3,24**
В том числе:				
белковый	103,30 ± 1,67	107,70 ± 2,03	123,87 ± 2,32***	138,95 ± 2,75***
% от общего азота	70,76	72,00	75,83	78,41
небелковый	42,69 ± 1,96	41,89 ± 1,87	40,49 ± 0,99	38,27 ± 1,63
% от общего азота	29,24	28,00	24,17	21,59
Аммиачный азот	18,45 ± 1,09	17,76 ± 1,06	15,38 ± 0,88	14,12 ± 0,94*

опытных групп снизилось относительно контроля на 3,74; 16,64 и 23,47% ($p < 0,05$) соответственно. Полагаем, что это связано прежде всего с увеличением сахаропротеинового отношения в рационе.

По результатам анализа данных азотистого обмена в рубцовой жидкости ремонтных телок (см. табл. 3), можно отметить, что в нашем эксперименте уровень белкового азота характеризовался ростом у телок 1–3-й групп на 4,26; 19,91 ($p < 0,001$) и 34,51% ($p < 0,001$) соответственно по сравнению с представителями контрольной группы. Ранее научно обосновано, что улучшение углеводного питания жвачных животных усиливает интенсивность и регулирует направленность метаболических процессов в отделах сложного желудка.

Скармливание экструдата зерна озимой ржи в составе концентратной части рациона способствовало улучшению отдельных биохимических показателей крови телок в опытных группах относительно контроля (см. табл. 4).

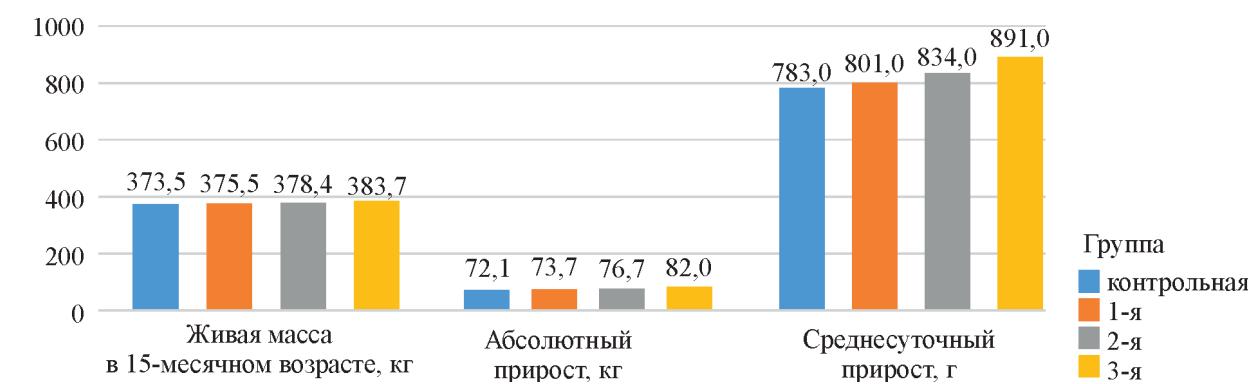
По завершении эксперимента в крови телок 3-й опытной группы было отмечено увеличение общего белка в плазме на 6,51%, γ -глобулинов – на 8,54% ($p < 0,01$), что свидетельствует о повышении интенсивности белкового обмена по сравнению с контрольными животными. Достаточность рациона по протеину определяется концентрацией в сыворотке крови альбуминов, которые характеризуют белковый запас организма. Динамика увеличения альбуминовой фракции белков сыворотки крови наблюдалась также в конце опыта. По данным табл. 4, концентрация альбуминов у животных 2-й и 3-й групп по окончании эксперимента была выше на 2,28 и 5,44% ($p < 0,05$) относительно контроля и составила 45,49 и 47,01% соответственно (против 44,45% в контрольной группе).

Альбумин-глобулиновый коэффициент определяет физико-химические свойства крови и синтез белка в печени. Животные 2-й и 3-й опытных групп, получавшие 25,0 и 50,0% экструдата зерна озимой ржи в составе концентратной части рациона, в конце опыта по белковому индексу превосходили телок контрольной группы. Такие данные указывают на интенсивный обмен веществ и достаточное поступление белка с кормами.

Табл. 4. Показатели биохимического состава крови ремонтных телок ($X \pm S_x$)

Table 4. Biochemical composition indicators of replacement heifers' blood ($X \pm S_x$)

Группа	Начало опыта	Конец опыта
<i>Общий белок, г/л</i>		
Контроль	73,13 ± 0,78	73,83 ± 0,53
1-я	73,28 ± 0,54	74,63 ± 0,32**
2-я	72,93 ± 0,18	75,10 ± 0,75**
3-я	72,97 ± 1,17	78,97 ± 0,17
<i>Альбумины, %</i>		
Контроль	44,72 ± 0,36	44,45 ± 0,71
1-я	44,44 ± 0,75	44,44 ± 0,36
2-я	44,99 ± 0,92	45,49 ± 0,92
3-я	44,93 ± 0,98	47,01 ± 0,32*
<i>α-глобулины, %</i>		
Контроль	18,42 ± 0,65	18,84 ± 0,28
1-я	17,43 ± 0,63	17,43 ± 0,64
2-я	16,47 ± 0,14*	16,47 ± 0,14***
3-я	16,61 ± 1,02	14,03 ± 0,27***
<i>β-глобулины, %</i>		
Контроль	17,97 ± 0,75	18,40 ± 0,52
1-я	18,96 ± 0,90	18,96 ± 0,44
2-я	19,11 ± 0,33	18,16 ± 0,37
3-я	18,94 ± 0,88	18,94 ± 0,49
<i>γ-глобулины, %</i>		
Контроль	18,89 ± 1,24	18,31 ± 0,56
1-я	19,17 ± 0,57	19,17 ± 0,27
2-я	19,43 ± 0,64	19,88 ± 0,13
3-я	19,52 ± 0,83	20,02 ± 0,31
<i>Альбумин-глобулиновый коэффициент</i>		
Контроль	0,81	0,80
1-я	0,80	0,80
2-я	0,82	0,83
3-я	0,82	0,89
<i>Глюкоза, ммоль/л</i>		
Контроль	2,44 ± 0,11	2,56 ± 0,41
1-я	2,45 ± 0,09	2,75 ± 0,71
2-я	2,26 ± 0,06	2,81 ± 0,58
3-я	2,34 ± 0,12	3,04 ± 0,44
<i>Холестерин, ммоль/л</i>		
Контроль	3,24 ± 0,05	2,44 ± 0,55
1-я	3,22 ± 0,11	2,62 ± 0,93
2-я	3,18 ± 0,14	3,02 ± 0,54
3-я	3,38 ± 0,31	3,10 ± 0,57
<i>Мочевина, ммоль/л</i>		
Контроль	5,36 ± 0,19	5,45 ± 0,12
1-я	5,39 ± 0,31	5,11 ± 0,34
2-я	5,25 ± 0,45	4,99 ± 0,21
3-я	5,33 ± 0,79	4,87 ± 0,09*



Интенсивность роста ремонтных телок ($n = 11$)

Growth rate of replacement heifers ($n = 11$)

В конце эксперимента количество глюкозы в сыворотке крови во 2-й и в 3-й опытных группах превысило показатели контрольной группы на 8,89 и 15,78% и достигло 2,81 ($p < 0,01$) и 3,04 ммоль/л ($p < 0,001$). Установленная динамика уровня глюкозы в крови животных опытных групп обусловлена коррекцией метаболизма в ответ на введение в рацион экструдата зерна озимой ржи, содержащего больший объем кормового сахара.

В опытных группах зафиксирован рост концентрации холестерина в крови по сравнению с контрольными животными (в среднем по группам): в 1-й – на 7,37%, во 2-й – на 23,77, в 3-й – на 27,05%. При этом наибольший уровень холестерина в крови телок 15-месячного возраста был выявлен у животных 3-й группы.

Мочевина является маркером степени использования и биологической ценности переваренного протеина. К концу опыта этот показатель находился в пределах физиологической нормы (4,87–5,45 ммоль/л) в крови представителей всех групп. В то же время у телок 2-й и 3-й групп содержание мочевины в крови было ниже, чем в контроле, на 8,44 и 10,64% ($p < 0,05$), что позволило сделать вывод о лучшем использовании поступающего с кормом азота телками данных опытных групп.

В результате проведения эксперимента также было выявлено влияние скармливания экструдата зерна озимой ржи на показатели роста ремонтных телок (см. рисунок). В 15-месячном возрасте телочки 1–3-й опытных групп по живой массе превосходили животных контрольной группы на 2,0; 4,90 и 10,2 кг, или 0,54; 1,31 и 2,73% ($p < 0,05$)

соответственно. За время опыта разница по абсолютному приросту в пользу телок 1–3-й опытных групп составляла соответственно 2,22; 6,38 и 13,73% ($p < 0,001$). По среднесуточному приросту живой массы представители контрольной группы уступали сверстникам из трех опытных групп на 18,0; 51,0 ($p < 0,05$) и 108,0 г ($p < 0,001$).

Можно предположить, что скармливание разного объема экструдата зерна озимой ржи повлияло на увеличение показателей абсолютного прироста ремонтных телок опытных групп.

ВЫВОДЫ

1. От поступившего с кормом и от переваренного азота больше было отложено в теле телками 1–3-й опытных групп: по сравнению с контролем превышение составило 0,82; 1,16 ($p < 0,05$) и 3,52% ($p < 0,01$) по первому показателю, 0,19; 0,94 ($p < 0,05$) и 4,31% ($p < 0,01$) по второму.

2. Количество аммиака в содержимом рубцовой жидкости через 3 ч после кормления у телок всех опытных групп снизилось относительно контроля на: 3,74% – в 1-й, 16,64% – во 2-й, 23,47% – в 3-й.

3. По завершении эксперимента в плазме крови телок 3-й опытной группы отмечено наибольшее увеличение общего белка (на 6,51%) и γ -глобулинов (на 8,54%) относительно контрольных животных ($p < 0,01$). Кроме того, больше на 2,28 и 5,44% ($p < 0,05$) по сравнению с контролем оказался уровень альбуминов у представителей 2-й и 3-й опытных групп, составив 45,49 и 47,01% соответственно (в контрольной – 44,45%).

4. В 15-месячном возрасте телочки опытных групп по живой массе превосходили животных контрольной группы на 2,00; 4,90 и 10,20 кг, или 0,54; 1,31 и 2,73% ($p < 0,05$).

5. В целях увеличения использования зерна озимой ржи в кормлении крупного рогатого скота необходимо включать в состав концентратной части рациона ремонтных телок старше 12-месячного возраста до 50,0% экструдата зерна озимой ржи, что способствует улучшению обмена азота в организме и, соответственно, увеличению показателей роста.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нормы потребности молочного скота и свиней в питательных веществах: монография / Р.В. Некрасов, А.В. Головин, Е.А. Махаев, А.С. Аникин, Н.Г. Первов, Н.И. Стрекозов, А.Т. Мысик, В.М. Дуборезов, М.Г. Чабаев, Ю.П. Фомичев, И.В. Гусев. М., 2018. 290 с.
2. Бабайлова Г.П., Ковров А.В. Экстерьерные особенности коров черно-пестрой породы разных продуктивных типов телосложения и долей кровности по голштинской породе // Аграрная Россия. 2018. № 6. С. 34–37. DOI: 10.30906/1999-5636-2018-6-34-37.
3. Павлова Я.С., Горелик О.В., Быкова О.А. Динамика показателей роста ремонтных телок разных линий // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 3 (89). С. 284–288. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-89-3-284-288.
4. Вельматов А.П., Вельматов А.А., Аль-Исави А.А.Х., Тишкина Т.Н., Абушаев Р.А., Зеленцов С.Е. Влияние уровня и полноценности кормления на формирование продуктивных и экстерьерных признаков ремонтных телок // Главный зоотехник. 2021. № 1. С. 26–34. DOI: 10.33920/sel-03-2101-04.
5. Головин А.В. Влияние соотношения легкопереваримых углеводов в рационе новорожденных коров на метаболизм в рубце и продуктивность // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 8. С. 24–27. DOI: 10.25632/MMS.2018.60.63.006.
6. Ширнина Н.М., Галиев Б.Х., Быков А.В. О восполнении дефицита легкоусвояемых углеводов в рационе жвачных животных с применением биотехнологий (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101. № 1. С. 123–131.
7. Березин А.С., Лысова Е.А. Переваримость сахара кормов в желудочно-кишечном тракте у молочных коров // Проблемы биологии продуктивных животных. 2020. № 4. С. 99–105. DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2020.4.99-105.
8. Морозков Н.А., Суханова Е.В., Завьялова Н.Е. Качество объемистых кормов в Пермском крае и пути его повышения // Пермский аграрный вестник. 2020. № 4 (32). С. 59–69. DOI: 10.47737/2307-2873_2020_32_59.
9. Савиных П.А., Исупов А.Ю., Киприянов Ф.А., Палицын А.В. Результаты экспериментальных исследований микронизации зерна ржи // Вестник Нижегородского государственного инженерно-экономического института. 2021. № 6 (121). С. 26–36. DOI: 10.24412/2227-9407-2021-6-26-36.
10. Исмагилов Р.Р., Абдуллоев В.Х. Кормовые качества зерна озимых зерновых культур в южной лесостепи Республики Башкортостан // Пермский аграрный вестник. 2021. № 1 (33). С. 35–43. DOI: 10.31563/1684-7628-2021-57-1-11-16.
11. Cervantes-Ramírez J.E., Cabrera-Ramirez A.H., Morales-Sánchez E., Rodriguez-García M.E., Reyes-Vega M.L., Ramírez-Jiménez A.K., Contreras-Jiménez B.L., Gaytán-Martínez M. Amylose-lipid complex formation from extruded maize starch mixed with fatty acids // Carbohydrate Polymers. 2020. Vol. 246. P. 116555. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.116555.
12. Cabrera-Ramirez A.H., Cervantes-Ramirez E., Morales-Sánchez E., Rodriguez-García M.E., Reyes-Vega M. de la L., Gaytán-Martínez M. Effect of Extrusion on the Crystalline Structure of Starch during RS5 Formation // Polysaccharides. 2021. N 2 (1). P. 187–201. DOI: 10.3390/polysaccharides2010013.
13. Шариков А.Ю., Амелякина М.В. Модификация углеводов сельскохозяйственного сырья в процессе термопластической экструзии (обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. № 22 (6). С. 795–803. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.6.795-803.
14. Neder-Suárez D., Amaya-Guerra C.A., Pérez-Carillo E., Quintero-Ramos A., Mendez-Zamora G., Sánchez-Madrigal M.Á., Barba-Dávila B.A., Lardizábal-Gutiérrez D. Optimization of an Extrusion Cooking Process to Increase Formation of Resistant Starch from Corn Starch with Addition

- of Citric Acid // Starch-Stärke. 2020. N 72 (3-4). P. 1–2. DOI: 10.1002/star.201900150.
15. Соломина Л.С., Соломин Д.А. Технологические аспекты получения и свойства пшеничного крахмалоцитрата // Пищевая промышленность. 2021. № 4. С. 50–54. DOI: 10.24412/0235-2486-2021-4-0041.
16. Морозков Н.А., Суханова Е.В., Терентьева Л.С. Влияние разных доз экструдата ржи на переваримость рациона и биохимические показатели рубцовой жидкости и крови у ремонтных телок // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. № 23 (4). С. 496–506. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.4.496-506.
17. Qiao H., Shao H., Zheng X., Liu J., Huang J., Zhang C., Liu Zh., Wang J., Guan W. Modification of sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.) residues soluble dietary fiber following twin-screw extrusion // Food Chemistry. 2021. Vol. 335. P. 127522. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127522.
18. Чичаева В.Н., Воробьева Н.В., Комиссарова Т.Н., Храмов Н.Ф. Экструдированная рожь – источник сахара и протеина в рационах ремонтных телок // Зоотехния. 2018. № 11. С. 15–17.
19. Nessi V., Falourd X., Maigret J.-E., Cahier K., D'Orlando A., Descamps N., Gaucher V., Chevigny Ch., Lourdin D. Cellulose nanocrystals-starch nanocomposites produced by extrusion: Structure and behavior in physiological conditions // Carbohydrate Polymers. 2019. Vol. 225. P. 115123. DOI: 10.1016/j.carbpol.2019.115123.
- no. 3 (89), pp. 284–288. (In Russian). DOI: 10.37670/2073-0853-2021-89-3-284-288.
4. Velmatov A.P., Velmatov A.A., Al-Isawi A.A.H., Tishkina T.N., Abushaev R.A., Zelentcov S.E. Influence of complete feeding on the formation of productive and conformation traits of replacement heifers. *Glavniy zootekhnik = Head of Animal Breeding*, 2021, no. 1, pp. 26–34. (In Russian). DOI: 10.33920/sel-03-2101-04.
5. Golovin A.V. Effect of percentage of easily digestible carbohydrates in the diet of fresh-calved cows on ruminal metabolism and performance. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and Beef Cattle Farming*, 2018, no. 8, pp. 24–27. (In Russian). DOI: 10.25632/MMS.2018.60.63.006.
6. Shirnina N.M., Galiev B.H., Bykov A.V. On deficit supplementation of digestible carbohydrates in the diet of ruminants using biotechnology (review). *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo = Animal Husbandry and fodder Production*, 2018, vol. 101, no. 1, pp. 123–131. (In Russia).
7. Berezin A.S., Lysova E.A. Digestibility of feed sugar in the gastrointestinal tract in dairy cows. *Problemy biologii produktivnyh zhivotnyh = Problems of Productive Animal Biology*, 2020, no. 4, pp. 99–105. (In Russian). DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2020.4.99-105.
8. Morozkov N.A., Sukhanova E.V., Zavyalova N.E. Quality of bulk feed in the Perm Krai and ways to improve it. *Permskiy agrarniy vestnik = Perm Agrarian Journal*, 2020, no. 4 (32), pp. 59–69. (In Russian). DOI: 10.47737/2307-2873_2020_32_59.
9. Savinykh P.A., Isupov A.Yu., Kipriyanov F.A., Palitsyn A.V. The results of experimental researches of micronization of rye grain. *Vestnik NGIEI = Bulletin NGIEI*, 2021, no. 6 (121), pp. 26–36. (In Russian). DOI: 10.24412/2227-9407-2021-6-26-36.
10. Ismagilov R.R., Abdulloev V.H. Feed quality of winter cereal crops in the southern forest-steppe of the Republic of Bashkortostan. *Permskiy agrarniy vestnik = Perm Agrarian Journal*, 2021, no. 1 (33), pp. 35–43. (In Russian). DOI: 10.31563/1684-7628-2021-57-1-11-16.
11. Cervantes-Ramírez J.E., Cabrera-Ramírez A.H., Morales-Sánchez E., Rodriguez-García M.E., Reyes-Vega M.L., Ramírez-Jiménez A.K., Contreras-Jiménez B.L., Gaytán-Martínez M. Amylose-lipid complex formation from extracted maize starch mixed with fatty acids. *Carbohydrate Polymers*.

REFERENCES

1. Norms of the nutritional needs of dairy cattle and pigs / R.V. Nekrasov, A.V. Golovin, E.A. Makhaev, A.S. Anikin, N.G. Pervov, N.I. Strekhozov, A.T. Mysik, V.M. Duborezov, M.G. Chabayev, Yu.P. Fomichyov, I.V. Gusev. Moscow, 2018, 290 p. (In Russian).
2. Babaylova G.P., Kovrov A.V. Exterior features of Holsteinized cows of black-motley breed of the different productive types and proportion. *Agrarnaia Rossiya = Agrarian Russia*, 2018, no. 6, pp. 34–37. (In Russian). DOI: 10.30906/1999-5636-2018-6-34-37.
3. Pavlova Ya.S., Gorelik O.V., Bykova O.A. Dynamics of growth indicators of repair heifers of different lines. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestiya Orenburg State Agrarian University*, 2021,

- hydrate Polymers*, 2020, vol. 246, p. 116555. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.116555.
12. Cabrera-Ramirez A.H., Cervantes-Ramirez E., Morales-Sanchez E., Rodriguez-Garcia M.E., Reyes-Vega M. de la L., Gaytan-Martinez M. Effect of Extrusion on the Crystalline Structure of Starch during RS5 Formation. *Polysaccharides*, 2021, no. 2 (1), pp. 187–201. DOI: 10.3390/polysaccharides2010013.
13. Sharikov A.Yu., Amelyakina M.V. Modification of carbohydrates of food raw materials in the process of thermoplastic extrusion (review). *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2021, no. 22 (6), pp. 795–803. (In Russian). DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.6.795-803.
14. Neder-Suárez D., Amaya-Guerra C.A., Pérez-Carrión E., Quintero-Ramos A., Mendez-Zamora G., Sánchez-Madrigal M.Á., Barba-Dávila B.A., Lardizábal-Gutiérrez D. Optimization of an Extrusion Cooking Process to Increase Formation of Resistant Starch from Corn Starch with Addition of Citric Acid. *Starch-Stärke*, 2020, no. 72 (3-4), pp. 1–2. DOI: 10.1002/star.201900150.
15. Solomina L.S., Solomin D.A. Technological aspects of production and properties of wheat starch citrate. *Pishchevaya promyshlennost' = Food Industry*, 2021, no. 4, pp. 50–54. (In Russian). DOI: 10.24412/0235-2486-2021-4-0041.
16. Morozkov N.A., Sukhanova E.V., Terentyeva L.S. The effect of different doses of rye extrudate on the digestibility of the diet feeds and biochemical parameters of rumen fluid and blood in replacement heifers. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2022, no. 23 (4), pp. 496–506. (In Russian). DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.4.496-506.
17. Qiao H., Shao H., Zheng X., Liu J., Huang J., Zhang C., Liu Zh., Wang J., Guan W. Modification of sweet potato (*Ipomoea batatas Lam.*) residues soluble dietary fiber following twin-screw extrusion. *Food Chemistry*, 2021, vol. 335, p. 127522. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127522.
18. Chichaeva V.N., Vorobyova N.V., Komissarova T.N., Khramov N.F. Extruded rye is a source of sugar and protein in the diets of replacement heifers. *Zootekhnika = Zootechniya*, 2018, no. 11, pp. 15–17. (In Russian).
19. Nessi V., Falourd X., Maigret J.-E., Cahier K., D'Orlando A., Descamps N., Gaucher V., Chevigny Ch., Lourdin D. Cellulose nanocrystals-starch nanocomposites produced by extrusion: Structure and behavior in physiological conditions. *Carbohydrate Polymers*, 2019, vol. 225, p. 115123. DOI: 10.1016/j.carbpol.2019.115123.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

(✉) **Морозков Н.А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 614532, Пермский край, с. Лобаново, ул. Культуры, 12; e-mail: ivanushkizabereznik@yandex.ru

Суханова Е.В., аспирант, научный сотрудник

Жданова И.Н., кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

(✉) **Nikolay A. Morozkov**, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher; **address:** 12, Kulturny St., Lobanovo village, Perm Territory, 614532, Russia; e-mail: ivanushkizabereznik@yandex.ru

Elena V. Sukhanova, Post-graduate Student, Junior Researcher

Irina N. Zhdanova, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Senior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 16.05.2023

Дата принятия к публикации / Accepted for publication 25.07.2023

Дата публикации / Published 20.11.2023