

Заключение. Установлено, что в структуре совокупных энергозатратах на производство молока наибольший удельный вес занимают энергия, переносимая на конечный продукт кормами (40,5-42,1%), энергия, идущая на воспроизводство стада (39,6-40,3%), энергоносители (2,6-3,1%). Доля других видов энергозатрат гораздо ниже и находится в следующих пределах: жидкое топливо – 0,9-1,6%; энергия, переносимая машинами и оборудованием – 1,9-3,4%, переносимая зданиями и сооружениями – 1,3-1,9%, переносимая подстилкой – 1,3-4; энергия живого труда – 4,4-6,4%.

Литература. 1. Модернизация, реконструкция и строительство молочных ферм и комплексов / Н.А. Попков. [и др.]. - Горки, 2011. - 132 с. 2. Яковчик, Н. С. Экономические основы энергосбережения в животноводстве (теория, методология, практика) / Н. С. Яковчик, В. В. Валуев. – Барановичи: Баранов. тип., 1999 – 162 с. 3. Хазанов, Е. Е. Технологические модули для коров и молодняка при беспривязно-боксовом способе их содержания / Е. Е. Хазанов, В. В. Гордеев.// Научно-технический прогресс в животноводстве – перспективные ресурсосберегающие машинные технологии: сб. науч. тр. – Подольск, 2005. – Т. 15, ч. 1. – С. 40-47. 4. Казакевич, П. П. Технологическая концепция «умной» молочной фермы / П. П. Казакевич, В. Н. Тимошенко, А. А. Мухоморова ; РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». – Жодино, 2022. – 252 с. 5. Баймакова, А. А. Развитие расширенного воспроизводства в сельском хозяйстве (на материалах Смоленской области): автореф. дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05, 08.00.10 / Баймакова А. А. – Москва, 2011. – 26 с. 6. Касьянова, А.С. Обоснование направлений расширенного воспроизводства в отраслях растениеводства: автореф. дис. канд. эконом. наук: 08.00.05 / Касьянова, А.С. - Курск, 2008. – 19 с. 7. Яковчик, Н. С. Энергоресурсосбережение в сельском хозяйстве / Н. С. Яковчик, А. М. Лапотко.- Барановичи, 1999. - 380 с. 8. Севернев, М. М. Энергосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве / М. М. Севернев.- М.: Колос, 1992.- 190 с. 9. Кива, А. А. Биоэнергетическая оценка и снижение энергоёмкости технологических процессов в животноводстве / А. А. Кива, В. М. Рабихина, В. И. Сотников.. - М.: ВО "Агропромиздат", 1990. – 176 с. 10. Севернев, М. М. Временная методика энергетического анализа в сельскохозяйственном производстве/ М. М. Севернев. - Минск, 1991. – 126 с. 11. Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве/ Россельхозакадемия, ВИМ, ЦНИИМЭСХ, ВИЭСХ.– М.: ВИМ – М., 1995. – 95 с. 12. Мишуков, Н.П. Биоэнергетическая оценка и основные направления снижения энергоёмкости производства молока: науч. изд. / Н. П. Мишуков – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 152 с. 13. Миндрин, А. С. Энергоэкономическая оценка сельскохозяйственной продукции / А. С. Миндрин. – М., 1987. – 187 с.

УДК 636.4.086.72:633.853.494:614.9

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К БИОТЕСТИРОВАНИЮ КОРМОВЫХ СРЕДСТВ ИЗ РАПСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ TETRAHYMENA PYRIFORMIS

**Хоченков А.А., Петрушко А.С., Ходосовский Д.Н., Рудаковская И.И., Безмен В.А.,
Соляник А.Н., Джумкова М.В.**

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству», г. Жодино, Республика Беларусь

*Предложен методический подход к биотестированию кормовых продуктов из рапса с использованием инфузорий *Tetrahymena Pyriformis*. Для оценки безвредности и питательной ценности кормовых средств из рапса целесообразно определять биотический потенциал инфузорий, коэффициент адаптогенности их популяции, стандартную биологическую ценность фуража, коэффициент эффективности белка. Это поможет выявить предпочтительные в кормовом отношении варианты сортов и гибридов рапса для культивирования в растениеводстве. **Ключевые слова:** рапс, инфузории, биотестирование, биотический потенциал, коэффициент адаптогенности, коэффициент эффективности белка.*

METHODOLOGICAL APPROACHES TO BIOTESTING OF FEED FROM RAPE USING TETRAHYMENA PYRIFORMIS

Khachankou A.A., Petrushko A.S., Khodosovsky D.N., Rudakovskaya I.I., Bezmen V.A., Solyanik A.N., Jumkova M.V.

RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding», Zhodino, Republic of Belarus

*A methodological approach to biotesting of rapeseed feed products using the ciliates Tetrahymena Pyriformis is proposed. To assess the safety and nutritional value of rapeseed feed, it is advisable to determine the biotic potential of ciliates, the adaptogenicity coefficient of their population, the standard biological value of the forage, and the protein efficiency coefficient. This will help to identify options for rapeseed varieties and hybrids that are preferable in terms of feed for cultivation in crop production. **Keywords:** rapeseed, ciliates, biotesting, biotic potential, adaptogenicity coefficient, protein efficiency coefficient.*

Введение. В последние годы в Республике Беларусь важное значение в увеличении производства белковых кормовых средств для балансирования рационов сельскохозяйственных животных отводится рапсу и продуктам его переработки (жмыху, шроту). Если ранее основными источниками протеина в кормовом балансе для скота и птицы были соевый и подсолнечный шрота, то в настоящее время их импорт по ряду объективных причин ограничен. Главными ограничительными факторами в использовании рапса в животноводстве являются антипитательные вещества, которые в значительных количествах содержатся в семенах. В связи с этим рапс использовался в кормлении животных весьма ограниченно. В структуре комбикормов для свиней и птицы его включали не более 3-4%. В настоящее время благодаря достижениям биотехнологии удалось создать сорта и гибриды рапса, которые содержат минимум токсических веществ и поэтому могут использоваться на кормовые цели в значительно больших количествах [1, 3]. Так, в ряде рецептов для откорма молодняка свиней продукты рапса включают до 12%, что позволяет экономить более половины импортного белкового сырья. Вместе с тем есть и отрицательные примеры, когда использование таких кормов ведет к депрессии роста и ухудшению потребления рационов. Выявлено, что помимо регламентированных нормативной документацией глюкозинолатов и эруковой кислоты рапс может содержать десятки других вредных соединений (синапин, сапонины, танины и пр.), определение которых трудоемко и дорого. В настоящее время в растениеводстве Беларуси культивируется более 100 сортов и гибридов как отечественного, так и зарубежного происхождения, которые различаются по химическому составу и биологическому действию на организм животных. Определять их относительную ценность в рамках научно-хозяйственных опытов и производственных проверок достаточно трудоемко и дорого. С этой целью, по нашему мнению, могут использоваться инфузории Tetrahymena Pyriformis, которые традиционно являются биологически объектами для экспресс-определений токсичности и моделирования в нутрициологии. Преимущества Tetrahymena Pyriformis как тест-объекта состоят в следующем: она является одновременно и клеткой, и организмом и популяцией, что позволяет определять воздействие корма на клеточном, организменном и популяционном уровнях; по основным биохимическим показателям она в значительной степени соответствует высшим организмам [2, 4, 5].

С учетом вышеизложенного очевидно, что определения целесообразности применения Tetrahymena Pyriformis для сравнительной оценки рапсовых кормовых продуктов является актуальным для практического животноводства, поскольку позволит выбрать в краткие сроки наиболее лучшие в зоотехническом плане варианты, произведенные из многочисленных сортов и гибридов этого растения.

Материалы и методы исследований. Объектом для исследований были партии семян

рапса кормового назначения, полученные после культивирования различных сортов этого вида. Они были отобраны на элеваторе Борисовского комбината хлебопродуктов и складе РУП «Институт земледелия НАН Беларуси». Они отбирались согласно действующим нормативным документам и доставлены в лабораторию комплексных проблем пищевых продуктов РУП «НПЦ гигиены», где непосредственно проводилось сравнительное тестирование вышеуказанных партий рапса в рамках хозяйственного договора между РУП «НПЦ гигиены» и РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству». При разработке методического подхода к биотестированию кормовых продуктов из рапса использовали широко применяемые, признанные научной общественностью средства и методы токсикологии и нутрициологии [6, 7, 8].

Результаты исследований. Учитывая использование семян рапса в животноводстве при изучении их безвредности и биологической ценности продукт было решено исследовать в концентрациях, как обеспечивающих максимальный рост тест-объекта, так и в концентрациях, соответствующих суточному потреблению. Поэтому биотестирование на *Tetrahymena Pyriformis* штамм W требует индивидуализации методических подходов к оценке безвредности и биологической ценности продукции разных групп [6]. При проведении испытаний важными отправными точками являются: выбор концентраций исследуемой продукции, состава среды культивирования *Tetrahymena Pyriformis* и состава стандарта сравнения. Для решения поставленных задач проведен зоотехнический анализ семян рапса по макронутриентам: белок – 25 г/100 г, жир – 40 г/100 г, углеводы – 6 г/100 г.

Таблица 1 – Результаты зоотехнического анализа семян рапса

Продукт	Доля от массы рациона, %	Доля от энергии рациона, %	УЭП, ккал/г	Белки, г/г	Жиры, г/г	Углеводы, г/г
Семена рапса	8,0	12,0	4,8	0,25	0,4	0,06

Для семян рапса рассчитана усредненная величина «ккал/г», названная «условной энергетической плотностью (УЭП)», учитывая, что при сгорании 1 г белка или углеводов выделяется 4 ккал, 1 г жира – 9 ккал. В нашем исследовании семена рапса являлись единственными источниками пищевых веществ в среде культивирования тест-объекта, так как в их составе присутствуют белки, жиры и углеводы.

С использованием величины условной энергетической плотности и суточной потребности в энергии рассчитано содержание семян рапса (г) в рационе свиней, а также их эквивалентное содержание (мг/мл) в среде культивирования *Tetrahymena Pyriformis* (таблица 2). Для этого мы использовали выведенный учеными РУП «НПЦ гигиены» ранее коэффициент экстраполяции (20 000) данных, полученных в экспериментах на *Tetrahymena Pyriformis* на теплокровных животных и наоборот.

Таблица 2 – Содержание семян рапса в рационе откормочного молодняка свиней (г) и среде культивирования *Tetrahymena pyriformis* (мг/мл)

Продукт	Доля от энергии рациона, %	УЭП, ккал/г	6000 ккал		
			ккал	г	мг/мл
Семена рапса	12,0	4,8	720	150	8,0

В концентрации семян рапса 25 мг/мл наблюдается максимальный рост инфузорий *Tetrahymena Pyriformis*. В связи с этим для исследования безвредности семян выбраны следующие концентрации: 8 и 25 мг/мл.

Концентрации гомогената семян рапса 16 мг/мл обеспечивает содержание белка в среде культивирования *Tetrahymena Pyriformis* 4 мг/мл, идентичному по содержанию белка в стандарте сравнения (контроль). Таким образом, содержание семян рапса в среде культивирования *Tetrahymena Pyriformis* должно составлять 8, 16, 25 мг/мл, что в экстраполяции на 1 го-

лову откормочного молодняка свиней должно соответствовать суточному потреблению 150, 320, 500 г.

Для оценки безвредности семян рапса целесообразно определять биотический потенциал (БП) – величина прироста популяции за единицу времени в расчете на 1 особь. При идеальных условиях, когда ресурсы среды ничем не ограничены, эта величина стабильна. БП характеризует внутреннюю потенциальную способность данной популяции к росту. Она рассчитывается по формуле:

$$БП = \frac{N_t}{2000} : t,$$

где N_t – число организмов, выросших в среде культивирования с исследуемым препаратом через время t .

Также в исследовании целесообразно применять интегральный показатель – коэффициент адаптогенности (Кад), характеризующий реакцию популяции одноклеточных организмов на протяжении всего жизненного цикла. Он является числовым выражением ответной реакции организма *T. pyriformis* на химический или физический раздражитель и рассчитывается по формуле:

$$Кад_{24-96} = \frac{N_{o-24} + N_{o-48} + N_{o-72} + N_{o-96}}{N_{k-24} + N_{k-48} + N_{k-72} + N_{k-96}}$$

При исследовании биологической ценности семян рапса целесообразно использовать следующие показатели: стандартизованная относительная биологическая ценность и коэффициент эффективности белка.

Стандартизованная относительная биологическая ценность (СОБЦ) продукта определяется отношением числа инфузорий, выросших на исследуемом продукте к числу инфузорий, выросших в стандартной среде с идентичным содержанием белка, умноженным на 100:

$$СОБЦ = \frac{N_{o_t}}{N_c} \times 100$$

Коэффициент эффективности белка (КЭБ) определяется отношением числа инфузорий в 1 мл среды культивирования, содержащей исследуемый продукт, к количеству белка в 1 мл пробы, деленным на 100000.

Полученные экспериментальные данные должны обрабатываться статистически с определением средней арифметической каждого вариационного ряда (X), среднеквадратичного отклонения (S), стандартной ошибки (m), коэффициента вариации (V) и установления степени вероятности нулевой гипотезы по сравнению с контролем или со стандартом путем вычисления критерия Стьюдента-Фишера (t). При уровне значимости $p < 0,05$, определенном с использованием справочных таблиц, различие средних арифметических сравниваемых рядов считают статистически достоверными.

Заключение. Предложен методический подход к биотестированию кормовых продуктов из рапса с использованием инфузорий *Tetrahymena Pyriformis*. Для оценки безвредности и питательной ценности кормовых средств из рапса целесообразно определять биотический потенциал инфузорий, коэффициент адаптогенности их популяции, стандартную биологическую ценность фуража, коэффициент эффективности белка. Это поможет выявить предпочтительные в кормовом отношении варианты сортов и гибридов рапса для культивирования в растениеводстве.

Литература. 1. Кудрявцева, Л. В. Развитие производства рапса как способ совершенствования эконо-

мической деятельности ООО Агрофирма «Труд» / Л. В. Кудрявцева // Молодой ученый. – 2019. – № 49 (287). – С. 72–76. 2. Методы экспресс-оценки безвредности биологически активных добавок к пище, являющихся источниками аминокислот, витаминов и минеральных веществ, на *Tetrahymena pyriformis*: инструкция по применению № 034-1215 : утв. 07.04.2016 / Л. Н. Журихина [и др.]. – Минск, 2016. – 25 с. 3. Особенности химического состава семян рапса современных селекционных сортов / Л. А. Мхитарьянц [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2012. – № 4. – С. 33–36. 4. Черемных, Е. Г. Автоматизированная биотехническая система оценки безопасности пищевых продуктов и кормов : автореф. дис. ...канд. техн. наук : 05.13.06 / Е. Г. Черемных ; Моск. гос. ун-т прикл. биотехнологии. – М., 2004. – 23 с. 5. Экспресс-методы оценки биологической ценности и безвредности пищевой продукции на *Tetrahymena pyriformis* : инструкция по применению № 035-1215 : утв. Гл. гос. санитар. врачом Респ. Беларусь 27.03.2016 / авт.-сост. А. М. Бондарук [и др.]. – Минск, 2015. – 25 с. 6. Combinatorial QSAR modeling of chemical toxicants tested against *Tetrahymena pyriformis* / H. Zhu [et al.] // J. Chem. Inf. Model. – 2008 – Vol. 48, № 4. – P. 766-784. 7. Establishing a High-Throughput Locomotion Tracking Method for Multiple Biological Assessments in *Tetrahymena* / M. E. Suryanto [et al.] // Cells. – 2022. – Vol. 11, № 15. – P. 2326. 8. Performance Comparison of Five Methods for *Tetrahymena* Number Counting on the ImageJ Platform: Assessing the Built-in Tool and Machine-Learning-Based Extension /K. A. Kurnia [et al.] // Int J Mol Sci. – 2022. – Vol. 23, № 11. – P. 6009.

УДК 636.2.087.61 : 636.2.085.55

ВЛИЯНИЕ СКАРМЛИВАНИЯ ЗЦМ НА ПЕРЕВАРИМОСТЬ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ

Цай В.П.¹, Радчиков В.Ф.¹, Сапсалева Т.Л.¹, Бесараб Г.В.¹, Медведская Т.В.²

¹РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по животноводству», г. Жодино, Республика Беларусь

²УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»,
г. Витебск, Республика Беларусь

*Использование нового заменителя цельного молока «Старт-4» в рационах молодняка крупного рогатого скота не оказывает отрицательного влияния на физиологическое состояние животных и способствует более быстрому приучению телят к потреблению растительных кормов и повышению их потребления на 35-52%. Замена цельного молока на ЗЦМ «Старт-4» стимулировало работу пищеварительной системы, в результате чего повысилась переваримость питательных веществ. **Ключевые слова:** телята, рацион, молоко, заменитель цельного молока, переваримость, состав крови.*

THE EFFECT OF FEEDING ZCM ON THE DIGESTIBILITY OF NUTRIENTS

Tzai V.P.¹, Radchikov V.F.¹, Sapsaleva T.L.¹, Besarab G.V.¹, Medvedskaya T.V.²

RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences
Belarus on Animal Breeding», Zhodino, Republic of Belarus

Vitebsk State of Veterinary Medicine, Vitebsk, Republic of Belarus

*The use of a new whole milk substitute "Start-4" in the diets of young cattle does not have a negative effect on the physiological state of animals and contributes to a faster habituation of calves to the consumption of plant feeds and an increase in their consumption by 35-52%. Replacing whole milk with ZCM "Start-4" stimulated the digestive system, resulting in increased digestibility of nutrients. **Keywords:** calves, diet, milk, whole milk substitute, digestibility, blood composition.*

Введение. Основная задача правильного кормления молодняка сельскохозяйственных животных – получение крупных, хорошо развитых, крепкой конституции, здоровых высокопродуктивных животных [1-3].