

УДК 631.842.4

DOI: <https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2023-4-45-52>

КОРМОВАЯ ЦЕННОСТЬ ЗЕРНА ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ СОРТОВ БОТАНИЧЕСКАЯ 4 И ТИМИРЯЗЕВСКАЯ 42*

О.А. Щуклина¹, кандидат сельскохозяйственных наук
А.А. Соловьев^{1,2}, доктор биологических наук, профессор РАН
П.М. Конорев¹, кандидат сельскохозяйственных наук
И.Н. Ворончихина¹, кандидат биологических наук
А.Д. Аленичева¹, младший научный сотрудник
К.Е. Квитко¹, младший научный сотрудник
В.В. Ворончихин¹, кандидат сельскохозяйственных наук

¹ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН
 127276, Россия, г. Москва, ул. Ботаническая, д. 4

²ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений»
 140150, Россия, Московская область, г.о. Раменское, р.п. Быково, ул. Пограничная, д. 32
oashuklina@gmail.com

FEED VALUE OF SPRING TRITICALE GRAIN VARIETIES BOTANICHESKAYA 4 AND TIMIRYAZEVSKAYA 42

O.A. Shchuklina¹, Candidate of Agricultural Sciences
A.A. Soloviev^{1,2}, Doctor of Biological Sciences, Professor of the RAS
P.M. Konorev¹, Candidate of Agricultural Sciences
I.N. Voronchikhina¹, Candidate of Biological Sciences
A.D. Alenicheva¹, Junior Researcher
E.V. Kvitko¹, Junior Researcher
V.V. Voronchikhin¹, Candidate of Agricultural Sciences

¹*Tsitsin Main Botanical Garden of Academy of Sciences*
 127276, Russia, Moscow, Botanicheskaya str., 4

²*All-Russian Plant Quarantine Center*
 140150, Russia, Moscow region, Ramenskoe, Bykovo village, Pogranichnaya str., 32
oashuklina@gmail.com

Лабораторный анализ сырья (зерна) — важный этап для производства корма. Чем шире линейка данных, полученных в результате исследований, тем эффективнее работа по составлению рациона животных, которая отражается на конверсии корма и экономической составляющей производства продукции животноводства. Использование технологии ближнего инфракрасного излучения

*Работа выполнена в рамках Государственного задания «Разработка адаптивной системы производства кормов для обеспечения реализации генетического потенциала зебувидного типа черно-пестрой породы крупного рогатого скота, основанной на интеграции полевого и лугопастбищного кормопроизводства в условиях Истринского района Московской области» № 123120600005-2.

(NIRS) для определения питательной ценности кормов позволяет получить данные по содержанию сухого вещества, сырого протеина, сырой золы, сырого жира, сахара и крахмала в корме, а также данные об усваивании протеина в кишечнике многих видов животных, в том числе и лактирующих коров. С помощью такого исследования, проведенного в лаборатории Eurofins Agro (г. Вагенинген, Нидерланды), были получены данные по питательной ценности зерна двух сортов яровой тритикале в условиях Московской области. Содержание сырого протеина в зерне сорта Тимирязевская 42 составило 119 г/кг сухого вещества, в зерне сорта Ботаническая 4 — 125 г/кг сухого вещества. По содержанию крахмала зерно сорта Тимирязевская 42 превосходило зерно сорта Ботаническая 4 на 27 г/кг сухого вещества. При этом исследования показали близкие значения по содержанию кормовых единиц для производства молока (VEM) — на уровне 1192–1189 г/кг сухого вещества, количеству усваиваемого в кишечнике протеина (DVE) — 95–96 г/кг сухого вещества и ферментируемого в рубце органического вещества (FOS) — 771–769 г/кг сухого вещества.

Ключевые слова: тритикале, корма, питательная ценность, крахмал, кормопроизводство, животноводство.

Laboratory analysis of raw materials (grains) is an important stage for the production of feed. The wider the range of data obtained as a result of research, the more effective the work on compiling the diet of animals, which is reflected in the conversion of feed and the economic component of livestock production. The use of near infrared radiation (NIRS) technology to determine the nutritional value of feed allows us to obtain data on the content of dry matter, crude protein, crude ash, crude fat, sugar and starch in feed, as well as data on protein absorption in the intestines of many animal species, including lactating cows. With the help of such a study conducted in the laboratory of Eurofins Agro (Wageningen, the Netherlands), data on the nutritional value of grain of two varieties of spring triticale obtained in the conditions of the Moscow region were obtained. The crude protein content in the grain of the Timiryazevskaya 42 variety was 119 g/kg of dry matter, in the grain of the Botanicheskaya 4 variety 125 g/kg of dry matter. In terms of starch content, Timiryazevskaya 42 grain exceeded Botanicheskaya 4 grain by 27 g/kg of dry matter. At the same time, studies have shown similar values in terms of the content of feed units for milk production (VEM) at the level of 1192–1189 g/kg of dry matter, the amount of protein absorbed in the intestine (DVE) — 95–96 g/kg of dry matter and organic matter fermented in the rumen (FOS) — 771–769 g/kg of dry matter.

Keywords: triticale, feed, nutritional value, starch, feed production, animal husbandry.

Введение. Длительный период времени ситуация на мировом рынке сырья и кормовых ингредиентов остается нестабильной. Цены на качественное сельскохозяйственное сырье, которым является зерно разных культур, непрерывно растут. По оценкам экспертов, корма занимают $\frac{2}{3}$ от общей себестоимости мяса. При этом зерновые могут составлять до 60% рациона животных и птицы [1]. Рацион всех видов животных и птицы, выращиваемых на откорм, несушек и лактирующих животных должен полно-

стью удовлетворять их потребность во всех видах органических веществ, макро- и микроэлементах, давать энергию для сохранения не только высокой продуктивности, но и воспроизводительной функции и здоровья [2]. Поэтому качество поставляемого сырья играет одну из ключевых ролей в экономической составляющей животноводства. Длительность анализа качества сырья зависит от количества показателей: чем их больше, тем дороже сам анализ, который занимает больше времени (рис. 1).



Рис. 1. Традиционная схема анализа сырья для производства комбикорма (по данным сайта <https://sfera.fm>)

NIRS (Near-Infrared Reflectance Spectroscopy) — спектроскопия в ближней инфракрасной области, или ближняя инфракрасная спектроскопия. Это метод спектрометрии, в котором используется энергия фотонов ($h\nu$) в диапазоне от $2,65 \times 10^{-19}$ до $7,96 \times 10^{-20}$ J, что соответствует диапазону длин волн от 750 до 2500 нм [3]. Основная область применения данного метода — медицина. Но благодаря ряду преимуществ: высокой точности измерения, экологической чистоте (без использования химических реактивов), высокой скорости измерения, сохранности целостности образца, этот метод нашел свое применение в фармацевтике и в сельском хозяйстве для исследований качества пищевых продуктов и агрохимикатов [4]. Исследования зерна различных культур, проведенные с помощью NIRS, дают информацию не только о содержании сахара, крахмала, протеина, жира и клетчатки, но и данные о переваримости и питательности, что является наиболее важным.

Цель исследований — определить питательную ценность зерна яровой трити-

кале с использованием технологии ближнего инфракрасного излучения (NIRS).

Методика исследований. Исследования проведены в отделе отдаленной гибридизации Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина Российской академии наук. Объект исследований — зерно сортов яровой тритикале (\times *Triticosecale*) Тимирязевская 42 и Ботаническая 4, созданных коллективом авторов ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук (ГБС РАН) и ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии» (ВНИИСБ). В 2022 г. сорта были включены в Государственный реестр селекционных достижений (Госсортреестр селекционных достижений, 2023). Оценку зерна на кормовую ценность проводили в лаборатории Eurofins Agro (г. Вагенинген, Нидерланды) с помощью ближней инфракрасной спектрометрии NIRS (Near-Infrared Reflectance Spectroscopy). Агротехника яровой тритикале в полевых опытах — принятая для Центрального

района Нечерноземной зоны. Почва опытных участков дерново-подзолистая тяжелосуглинистая с высоким и очень высоким содержанием подвижного фосфора (P_2O_5) — 166–260 мг/кг, средним и повышенным содержанием подвижного калия (K_2O) — 116–164 мг/кг (ГОСТ Р 54650) и низким содержанием гумуса — 1,4–2,0% (ГОСТ 2613).

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты анализа кормовой ценности по различным параметрам по-

казали, что зерно яровой тритикале сортов Ботаническая 4 и Тимирязевская 42 имеет схожие показатели (табл. 1). Это связано с близким происхождением сортов, которые были получены при скрещивании первичной и вторичных форм гексаплоидной тритикале S2/к-1242//к-1185 и последующим индивидуальным отбором. При этом оба сорта имеют свои индивидуальные фенотипические признаки и биологические особенности.

1. Содержание питательных веществ в зерне яровой тритикале по данным NIRS (г/кг в сухом веществе)

Показатель	Тимирязевская 42	Ботаническая 4
Сырой протеин	119	125
Растворимый сырой протеин, %	31	24
Сырая зола	24	21
Сырой жир	14	15
Сырая клетчатка	25	22
Сахар	36	39
Крахмал	638	611

Содержание белка в зерне, выращиваемом на фуражные цели, является одним из основных показателей, с которым тесно коррелирует его питательная ценность. В зерне озимых форм тритикале отмечается среднее содержание белка — 14,0–17,7%, что выше, чем в зерне ржи на 1,1–5,6% и выше, чем в зерне пшеницы на 1,2–4,4% [5]. В зерне яровых форм тритикале содержание белка в зависимости от условий вегетации, агротехники и сорта может составлять от 10,7 до 17,5% [6; 7]. В зерне изучаемых сортов содержание белка в разные годы составляло: у сорта Тимирязевская 42 — 12,0–14,0%, у сорта Ботаническая 4 — 11,5–12,7% [8; 9]. Результаты анализа при помощи NIRS

показали, что сорт Тимирязевская 42 в одинаковых условиях выращивания накопил меньше белка, чем сорт Ботаническая 4. Содержание протеина в зерне по результатам анализа NIRS составило 119 г/кг сухого вещества (сорт Тимирязевская 42) и 125 г/кг сухого вещества (сорт Ботаническая 4). Процентное содержание растворимого сырого протеина показывает его доступность в рубце. Чем выше показатель, тем больше белка (протеина) будет доступно. Более высоким этот показатель был в зерне сорта Тимирязевская 42 (31%), в зерне сорта Ботаническая 4 он составил 24%.

Массовая доля крахмала при оптимальных условиях возделывания может

достигать в зерне тритикале 70–74%, что значительно превосходит среднее содержание крахмала в зерне ржи (56,7–59,8%) и в зерне пшеницы (60,1–62,0%) [10]. Высокое содержание крахмала в зерне тритикале позволяет использовать его, наряду с зерном кукурузы и пшеницы, для глубокой переработки на спирт и крахмал. Доказано, что расход сырья зерна тритикале для производства крахмала значительно ниже расхода клубней картофеля, что делает производство более рентабельным. Кроме того, установлено, что качество тритикалевого декстрина (динамическая вязкость клейстера) выше по сравнению с кукурузным и пшеничным декстринами [11]. Содержание крахмала в исследуемых образцах составило в зерне сорта Тимирязевская 42 — 638 г/кг сухого вещества, в

зерне сорта Ботаническая 4 — 611 г/кг сухого вещества.

Однако знаний только процентного или количественного содержания крахмала в зерне недостаточно для понимания его питательной ценности для жвачных животных [12]. Для подобных исследований обычно применяют несколько методов, в том числе с использованием нейлоновых мешочков с кормом, которые с помощью хирургического вмешательства помещаются в рубец коровы, для инкубации *in situ* [13]. В технологии NIRS процесс получения информации по переваримости занимает несколько минут, для этого используются калибровочные уравнения, полученные по данным ранее проведенных исследований как с помощью живых животных, так и с помощью химических методов (табл. 2).

2. Кормовая ценность зерна яровой тритикале по данным NIRS

Показатель	Тимирязевская 42	Ботаническая 4
Кормовые единицы для производства молока (VEM), г/кг СВ	1192	1189
Кормовые единицы для откорма мясного скота (VEVI), г/кг СВ	1323	1317
Переваримый в кишечнике протеин (DVE), г/кг СВ	95	96
Баланс расщепляемого (разлагаемого) протеина в рубце (ОЕВ), г/кг СВ	–28	–24
Ферментируемое органическое вещество (FOS), г/кг СВ	771	769

СВ — сухое вещество.

Количество кормовых единиц для производства молока (VEM) или кормовые единицы для откорма мясного скота (VEVI) — это числовые значения, которые показывают откалиброванное содержание энергии в исследуемом корме на количество энергии, которое может получить жвачное животное из одного кило-

грамма ячменя. По этим показателям зерно яровой тритикале сорта Тимирязевская 42 превосходит зерно сорта Ботаническая 4.

Переваримый в кишечнике протеин (DVE) показывает количество протеина, которое адсорбируется из тонкого кишечника в кровь и составляет сумму из

количества переваримого протеина из любого вида корма, который не разлагается в рубце, и переваримого бактериями рубца протеина. Оба вида протеина используются крупным рогатым скотом. Рассчитывается DVE на основе количества сырого протеина в корме, сырого жира, коэффициента переваримости и количества сухого вещества. Оптимальное значение DVE должно быть не менее 70 г/кг сухого вещества. В зерне изучаемых сортов DVE составил 95–96 г/кг сухого вещества, что превосходит оптимальное значение.

Баланс разлагаемого, или расщепляемого, протеина (ОЕВ) — это уровень между ферментируемым в рубце протеином и доступной в рубце энергией, показывает белок, который не усваивается в рубце. Положительный баланс говорит о том, что в рубце много доступного протеина по сравнению с энергией, отрицательный — говорит о том, что корм дает энергии больше, чем протеина в рубце. Исследования показали, что зерно изучаемых сортов имеет отрицательный баланс, составляющий –28 у сорта Тимирязевская 42 и –24 у сорта Ботаническая 4.

Показатель FOS — ферментируемое органическое вещество, дает информа-

цию о том, какое количество органического вещества корма будет ферментироваться в рубце микрофлорой. Чем выше значение FOS, тем корм содержит больше энергии, доступной в рубце для формирования бактериального белка (протеина). В силосе он составляет 525–575 г/кг СВ. В зерне яровой тритикале FOS составил 771 г/кг СВ (Тимирязевская 42) и 769 г/кг СВ (Ботаническая 4).

Заключение. Исследования питательной ценности зерна двух сортов яровой тритикале с помощью спектрометрии ближнего инфракрасного отражения (NIRS) показали, что данная технология позволяет за достаточно короткий срок получить целый ряд данных, которые можно использовать для оценки питательности корма. Зерно сорта Тимирязевская 42 превышало значения, полученные у сорта Ботаническая 4, на 3 г/кг СВ по таким показателям, как содержание кормовых единиц при производстве молока (VEM), содержание сырой клетчатки, содержание сырой золы. Сырого протеина на 6 г/кг СВ содержалось больше в зерне сорта Ботаническая 4, при этом зерно сорта Тимирязевская 42 на 27 г/кг СВ превосходил зерно сорта Ботаническая 4 по содержанию крахмала в зерне.

Литература

1. Азаубаева Г.С. Обмен азота, энергии и молочная продуктивность коров при изменении обменной энергии рациона // Аграрный вестник Урала. – 2008. – № 3(45). – С. 41–43.
2. Марусич А.Г., Марусич Е.А. Эффективность использования комбикорма производства ЗАО «Белорусская национальная биотехнологическая корпорация» в кормлении дойных коров // Актуальные проблемы интенсивного развития животных. – 2022. – № 25–1. – С. 124–132.
3. Pasquini C. Near Infrared Spectroscopy: fundamentals, practical aspects and analytical applications // Journal of the Brazilian Chemical Society. – 2003. – Vol. 14, No. 2. – Pp. 198–219. – DOI: 10.1590/S0103-50532003000200006.

4. Near-infrared spectroscopy and chemometrics for rapid profiling of plant secondary metabolites / N.S. Mokgalaka, S.P. Lepule, T. Regnier, S. Combrinck // *Pure and Applied Chemistry*. – 2013. – 85(12). – Pp. 2197–2208. – DOI: 10.1351/pac-con-13-02-09.
5. Горянина Т.А., Медведев А.М. Хлебопекарное качество зерна озимых пшеницы и ржи // *Зерновое хозяйство России*. – 2020. – № 1(67). – С. 28–32.
6. Ненайденко Г.Н., Сибирякова Т.В. Влияние удобрений на урожайность и качество зерна ярового тритикале // *Агротехника*. – 2015. – № 9. – С. 41–45.
7. Стабильность и пластичность генотипов яровой тритикале по урожайности и качеству зерна / Р.Н. Абделькави, О.А. Щуклина, О.И. Ермоленко, А.А. Соловьев // *Аграрный научных журнал*. – 2020. – № 4. – С. 4–9.
8. Тимирязевская 42 — новый сорт яровой тритикале (*×Triticosecale* Wittm. ex. Camus) / О.А. Щуклина, А.А. Соловьев, Е.С. Полховская [и др.] // *Кормопроизводство*. – 2022. – № 8. – С. 43–46.
9. Продуктивность, качество и питательная ценность зерна яровой тритикале (*×Triticosecale* Wittm. ex. Camus) нового сорта Ботаническая 4 / О.А. Щуклина, А.Д. Аленичева, Е.В. Квитко [и др.] // *Кормопроизводство*. – 2023. – № 8. – С. 19–24.
10. Переработка муки тритикале на клейковину и крахмал / Н.Р. Андреев, В.Г. Гольдштейн, Л.П. Носовская, Л.В. Адикаев // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2017. – № 9. – С. 8–11.
11. Соломина Л.С., Соломин Д.А. Получение и свойства тритикалевого декстрина // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2019. – № 2. – С. 64–74. – DOI: 10.36107/spfp.2019.84.
12. In situ and in vitro ruminal starch degradation of grains from different rye, triticale and barley genotypes / J. Krieg, N. Titze, H. Steingass, M. Rodehutcord // *Animal*. – 2017. – 11(10):1745–1753. – DOI: 10.1017/S1751731117000337.
13. Prediction of CP and starch concentrations in ruminal in situ studies and ruminal degradation of cereal grains using NIRS / J. Krieg, E. Koenzen, N. Seifried [et al.]. – *Animal*. – 2018. – 12(3):472–480. – DOI: 10.1017/S1751731117001926.

References

1. Azaubaeva G.S. Obmen azota, energii i molochnaya produktivnost' korov pri izmenenii obmennoj energii rationa [Nitrogen exchange, energy and dairy productivity of cows when changing the exchange energy of the diet]. *Agrarnyj vestnik Urala* [*Agrarian Bulletin of the Urals*], 2008, no. 3(45), pp. 41–43.
2. Marusich A.G., Marusich E.A. Effektivnost' ispol'zovaniya kombikorma proizvodstva ZAO «Belorusskaya nacional'naya biotekhnologicheskaya korporaciya» v kormlenii dojnyh korov [Efficiency of using compound feed produced by JSC "Belarusian National Biotechnological Corporation" in feeding dairy cows]. *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnyh* [*Actual problems of intensive animal development*], 2022, no. 25–1, pp. 124–132.
3. Pasquini C. Near Infrared Spectroscopy: fundamentals, practical aspects and analytical applications. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. 2003. Vol. 14. No. 2. Pp. 198–219. DOI: 10.1590/S0103-50532003000200006.
4. Mokgalaka N.S., Lepule S.P., Regnier T., Combrinck S. Near-infrared spectroscopy and chemometrics for rapid profiling of plant secondary metabolites. *Pure and Applied Chemistry*. 2013. 85(12). Pp. 2197–2208. DOI: 10.1351/pac-con-13-02-09.
5. Goryanina T.A., Medvedev A.M. Khlebopekarnoe kachestvo zerna ozimyh pshenicicy i rzhi [Bakery quality of winter wheat and rye grain]. *Zernovoe khozyajstvo Rossii* [*Grain farming of Russia*], 2020, no. 1(67), pp. 28–32.

6. Nenaydenko G.N., Sibiryakova T.V. Vliyanie udobrenij na urozhajnost' i kachestvo zerna yarovogo triticales [The effect of fertilizers on the yield and quality of spring triticales grain]. *Agrohimiya [Agrochemistry]*, 2015, no. 9, pp. 41–45.
7. Abdelkavi R.N., Shchuklina O.A., Ermolenko O.I., Soloviev A.A. Stabil'nost' i plastichnost' genotipov yarovoj tritikale po urozhajnosti i kachestvu zerna [Stability and plasticity of genotypes of spring triticales in terms of grain yield and quality]. *Agrarnyj nauchnyh zhurnal [Agricultural scientific journal]*, 2020, no. 4, pp. 4–9.
8. Shchuklina O.A., Soloviev A.A., Polkhovskaya E.S., Kvitko V.E., Klimenkova I.N., Zavgorodniy S.V. Timiryazevskaya 42 — novyj sort yarovoj tritikale (*×Triticosecale* Wittm. ex. Camus) [Timiryazevskaya 42 — a new variety of spring triticales (*×Triticosecale* Wittm. ex. Camus)]. *Kormoproizvodstvo [Fodder production]*, 2022, no. 8, pp. 43–46.
9. Shchuklina O.A., Alenicheva A.D., Kvitko E.V., Gruzdev I.V., Klimenkova I.N., Garibyan C.S., Soloviev A.A. Produktivnost', kachestvo i pitatel'naya cennost' zerna yarovoj tritikale (*×Triticosecale* Wittm. ex. Camus) novogo sorta Botanicheskaya 4 [Productivity, quality and nutritional value are contained mainly in granular spring triticales (*×Triticosecale* Wittm. ex. Camus) new variety Botanicheskaya 4]. *Kormoproizvodstvo [Fodder production]*, 2023, no. 8, pp. 19–24.
10. Andreev N.R., Goldshteyn V.G., Nosovskaya L.P., Adikaev L.V. Pererabotka muki tritikale na klejkovinu i krakhmal [Processing of triticales flour for gluten and starch]. *Khranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya [Storage and processing of agricultural raw materials]*, 2017, no. 9, pp. 8–11.
11. Solomina L.S., Solomin D.A. Poluchenie i svoystva tritikalevogo dekstrina [Preparation and properties of triticales dextrin]. *Khranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya [Storage and processing of agricultural raw materials]*, 2019, no. 2, pp. 64–74. DOI: 10.36107/spfp.2019.84.
12. Krieg J., Titze N., Steingass H., Rodehutcord M. In situ and in vitro ruminal starch degradation of grains from different rye, triticales and barley genotypes. *Animal*. 2017. 11(10):1745–1753. DOI: 10.1017/S1751731117000337.
13. Krieg J., Koenzen E., Seifried N., Steingass H., Schenkel H., Rodehutcord M. Prediction of CP and starch concentrations in ruminal in situ studies and ruminal degradation of cereal grains using NIRS. *Animal*. 2018. 12(3):472–480. DOI: 10.1017/S1751731117001926.