

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОБМЕННОЙ ЭНЕРГИИ В ЗЕРНЕ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЛИЖНЕЙ ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

В.Н. Безлюдный, кандидат биол. наук, **И.И. Берестов**, доктор с.-х. наук

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 01.02.2019)

Рецензент: Холодинская Н.Л., кандидат с.-х. наук

Аннотация. По спектрам образцов зерна ярового ячменя в ближней инфракрасной области с использованием модифицированного метода наименьших квадратов и метода искусственной нейронной сети построены предсказательные модели содержания обменной энергии для крупного рогатого скота, овец, свиней и птицы. Проведена сравнительная оценка полученных калибровок и результатов их тестирования. Сделан вывод о возможности использования ближней инфракрасной спектроскопии для определения содержания обменной энергии в зерне ярового ячменя.

Для нормальной жизнедеятельности и образования продукции животного необходимо постоянное поступление в организм энергии. Энергия – один из основных показателей питательной ценности корма.

В разных странах мира приняты различные системы энергетической оценки кормов – по крахмальным эквивалентам, кормовым единицам, сумме переваримых питательных веществ и др. В то же время ни валовая энергия, ни переваримая не могут служить объективным показателем энергетической ценности корма, так как они не характеризуют собой фактического использования энергии организмом. Поэтому в последние годы все большее предпочтение отдается оценке питательности кормов и рационов по содержанию обменной энергии.

Обменная энергия – это часть энергии корма, которая требуется для осуществления обменных процессов животных и производства продукции. Для измерения содержания обменной энергии кормов существуют прямые и косвенные методы [1]. Прямые методы определения обменной энергии связаны с проведением обменных (балансовых) опытов на животных и птице, а косвенные основаны на определении содержания в кормах органических переваримых и сырых питательных веществ. Как прямые, так и косвенные методы определения содержания обменной энергии в кормах достаточно трудоемки, дорогостоящи и требуют большого количества времени. В связи с этим представляет интерес использование ближней инфракрасной спектроскопии [2] для оценки качества корма.

Материалы и методика исследований. В качестве материала для исследования использовали образцы зерна сортов и образцов ячменя, выращенные в технологических опытах и селекционных посевах РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в 2014-2018 гг.

Содержание обменной энергии (ОЭ) в зерне ячменя вычисляли по содержанию сырого протеина (СП), сырого жира (СЖ), сырой клетчатки (СЛ) и сырой золы (СЗ) [3].

Содержание сырого протеина определяли с использованием сканирующего спектрометра NIRS 5000 (FOSS NIRSystems, США) методом ближней инфракрасной спектроскопии [4]. Содержание сырого жира определяли на экстракционном устройстве SER 148/6 (VELP Scientifica, Италия) по методике Рэндалла [5], сырой клетчатки – на полуавтоматическом экстракторе FIWE 6 (VELP Scientifica, Италия) по методике Винда [6]. Содержание сырой золы (СЗ) определяли путем сухого озоления при температуре 550 °С [7]. Содержание всех определяемых компонентов зерна ячменя выражали в граммах на 1 кг сухого вещества.

По значениям содержания химических компонентов зерна ярового ячменя рассчитывали содержание безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ):

$\text{БЭВ} = 1000 - (\text{СП} + \text{СЖ} + \text{СК} + \text{СЗ})$, которое также выражали в граммах на 1 кг сухого вещества.

Содержание обменной энергии в зерне ярового ячменя вычисляли по следующим формулам:

для крупного рогатого скота:

$$\text{ОЭ} = 0,02085 \text{ СП} + 0,01715 \text{ СЖ} - 0,001865 \text{ СК} + 0,01226 \text{ БЭВ};$$

для овец:

$$\text{ОЭ} = 0,021098 \text{ СП} + 0,021532 \text{ СЖ} - 0,00159 \text{ СК} + 0,012906 \text{ БЭВ};$$

для свиней:

$$\text{ОЭ} = 0,01693 \text{ СП} + 0,02802 \text{ СЖ} - 0,02181 \text{ СК} + 0,01694 \text{ БЭВ};$$

для сельскохозяйственной птицы:

$$\text{ОЭ} = 0,0181 \text{ СП} + 0,030 \text{ СЖ} + 0,0139 \text{ БЭВ}.$$

Полученные величины обменной энергии пересчитывали с учетом влажности и выражали в МДж на 1 кг натурального зерна. Величину содержания обменной энергии в образцах зерна естественной влажности использовали для построения предсказательных моделей.

Спектры зерна ярового ячменя измеряли в диапазоне длин волн 1100-2500 нм с шагом сканирования 2 нм. Обработка спектров и расчет предсказательных моделей осуществлялись с использованием программы WinISI II v.1.02 (InfraSoft, США), входящей в комплект спектрометра.

Спектры образцов зерна подвергали предварительному математическому преобразованию путем нормирования по среднеквадратичному отклонению с одновременным устранением тренда (SNVD) в сочетании с методами скользящего среднего (бегущего окна) и при использовании производных различного порядка.

Точность предсказания оценивали по характеристикам калибровочных уравнений (SEC – стандартная ошибка калибровки; R^2 – коэффициент детерминации), показателям перекрестной проверки (SECV – стандартная ошибка перекрестной проверки; 1-VR – коэффициент детерминации при перекрестной проверке), а также по результатам тестирования с использованием спектров образцов зерна ярового ячменя, не использовавшихся в калибровании, на основании показателей стандартной ошибки определения (SEP) и коэффициента детерминации (R^2).

Результаты и обсуждение. Использование разных технологий выращивания и разнообразие погодных условий, складывавшихся в годы исследования, способствовали формированию различного компонентного состава зерна ярового ячменя и, как следствие, обеспечили варьирование содержания обменной энергии. При расчете для крупного рогатого скота диапазон варьирования содержания обменной энергии составил 10,95-11,77; для овец – 8,91-10,04; для свиней – 11,47-13,01; для птиц – 9,55-10,79 МДж/кг (таблица 1).

Таблица 1 - Вариация образцов зерна ярового ячменя по содержанию обменной энергии для разных видов животных

Образец	Диапазон вариации, МДж/кг	Среднее, МДж/кг	Стандартное отклонение
для крупного рогатого скота			
Калибровочные (280 шт.)	10,98 – 11,77	11,31	0,19
Независимые (42 шт.)	10,95 – 11,66	11,35	0,18
Всего (322 шт.)	10,95 – 11,77	11,32	0,19
для овец			
Калибровочные (280 шт.)	8,91 – 10,04	9,44	0,22
Независимые (42 шт.)	8,95 – 10,01	9,41	0,23
Всего (322 шт.)	8,91 – 10,04	9,44	0,22
для свиней			
Калибровочные (280 шт.)	11,47 – 13,01	12,20	0,31
Независимые (42 шт.)	11,53 – 12,97	12,14	0,30
Всего (322 шт.)	11,47 – 13,01	12,19	0,31
для птицы			
Калибровочные (280 шт.)	9,55 – 10,79	10,14	0,25
Независимые (42 шт.)	9,60 – 10,76	10,09	0,24
Всего (322 шт.)	9,55 – 10,79	10,13	0,25

Образцы, подобранные генератором случайных чисел, использовали в качестве калибровочных. Оставшиеся образцы использовали как независимые при тестировании предсказательных моделей.

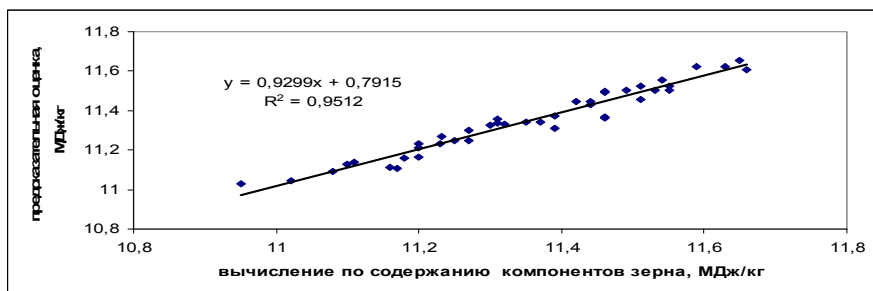
При расчете предсказательных моделей были использованы модифицированный метод наименьших квадратов и метод искусственных нейронных сетей. Параметры полученных при использовании этих методов предсказательных моделей незначительно различались между собой (таблица 2). При этом при расчете для крупного рогатого скота лучшим было использование метода наименьших квадратов, для овец, свиней и птицы – метода искусственных нейронных сетей.

Сравнительный анализ данных, полученных при определении содержания обменной энергии методом ближней инфракрасной спектрометрии, и рассчитанных по содержанию химических компонентов зерна ярового ячменя, выявил высокую степень соответствия полученных результатов (рисунок). По результатам тестирования полученных калибровок на независимых образцах стандартная ошибка определения SEP и коэффициент детерминации R^2 составили:

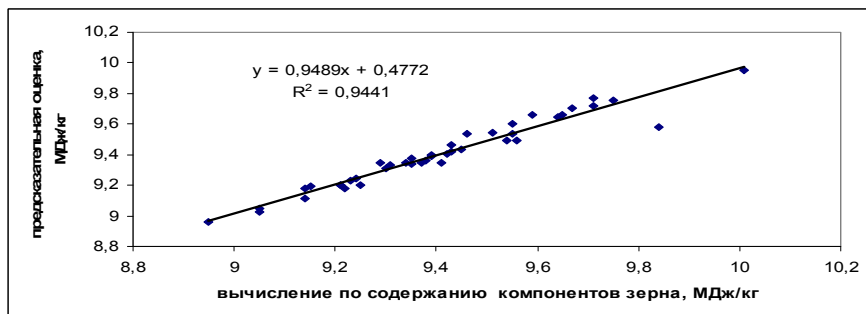
Таблица 2 – Характеристика предсказательных моделей содержания обменной энергии в образцах зерна ярового ячменя

Тип предсказательной модели	Характеристика предсказательных моделей			
	SEC	R ²	SECV	1-VR
для крупного рогатого скота				
Регрессионная модель	0,029	0,97	0,035	0,96
Искусственная нейронная сеть	0,053	0,92	0,043	0,95
для овец				
Регрессионная модель	0,022	0,99	0,030	0,98
Искусственная нейронная сеть	0,021	0,99	0,023	0,99
для свиней				
Регрессионная модель	0,033	0,98	0,042	0,98
Искусственная нейронная сеть	0,037	0,98	0,033	0,99
для птицы				
Регрессионная модель	0,023	0,99	0,031	0,98
Искусственная нейронная сеть	0,027	0,99	0,027	0,99

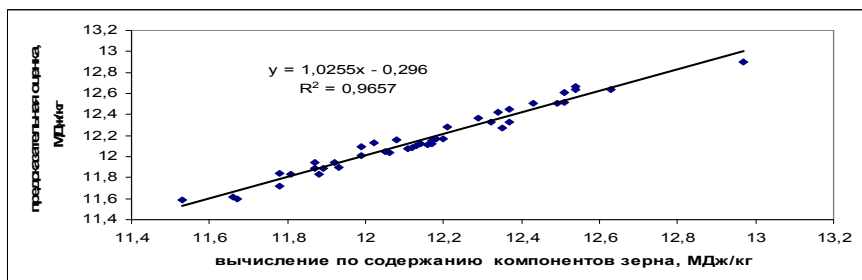
для крупного рогатого скота – 0,039 и 0,951; для овец – 0,053 и 0,944; для свиней – 0,059 и 0,966; для птицы – 0,039 и 0,973, соответственно.



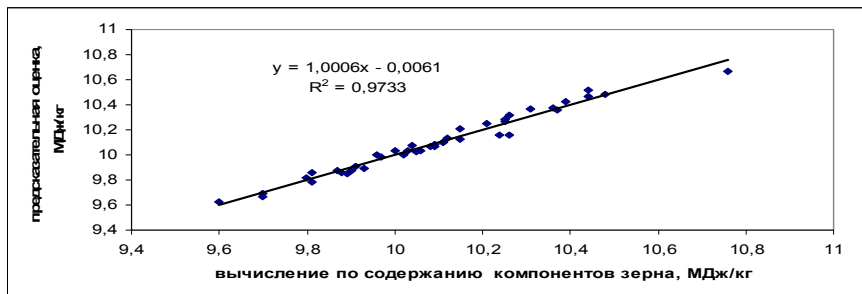
А



Б



В



Г

Рисунок 1 – Сравнение результатов определения содержания обменной энергии в зерне ярового ячменя для использования на корм крупного рогатого скота (А), овец (Б), свиней (В) и птицы (Г) с предсказательной оценкой на основе ближней инфракрасной спектроскопии

Максимальное расхождение предсказания от результатов, полученных методом расчета содержания обменной энергии по компонентам зерна, составило для крупного рогатого скота 0,09; для овец – 0,07; для свиней – 0,09; для птицы – 0,08 МДж/кг.

Заключение

На основе ближней инфракрасной спектроскопии разработаны предсказательные модели для оценки содержания обменной энергии в зерне ярового ячменя, используемого на корм крупного рогатого скота, овец, свиней и птицы. Разработанные модели характеризуются достаточно высокой степенью соответствия методу расчета обменной энергии по химическим компонентам зерна. Использование их позволит повысить эффективность энергетической оценки технологических приемов, а также сортов и сортообразцов при селекции ячменя с высокой кормовой ценностью зерна.

Литература

1. Рядчиков, В.Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных: учебник / В.Г. Рядчиков. – Краснодар: КГАУ, 2014. – 616 с.
2. Крищенко, В.П. Ближняя инфракрасная спектроскопия / В.П. Крищенко – М.: КРОН-ПРЕСС, 1997. – 640 с.

3. Ячмень кормовой. Технические условия. ГОСТ Р 53900-2010. Введен 01.07.2011 г. – М.: Стандартинформ, 2011. – 14 с.

4. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области в режиме измерения спектров пропускания. ГОСТ Р 57543-2017. Введен 01.07.2018 г. – М.: Стандартинформ, 2017. – 10 с.

5. Берестов, И.И. Результаты определения содержания сырого жира в кормах на экстракционном устройстве SER 148/6 / И.И. Берестов, А.К. Петрович // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; ред кол.: Ф.И. Привалов (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, 2011. – Вып. 47. – С. 185-190.

6. Берестов, И.И. К методике определения сырой клетчатки в кормах на полуавтоматической системе FIWE 6 / И.И. Берестов, А.К. Петрович // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; ред кол.: Ф.И. Привалов (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, 2011. – Вып. 47. – С. 179-185.

7. Петербургский, А.В. Лабораторно-практические занятия для лаборантов агрохимлабораторий / А.В. Петербургский, В.П. Замота; учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1969. – 256 с.

IDENTIFICATION OF METABOLIC ENERGY CONTENT IN SPRING BARLEY GRAIN USING NEAR INFRARED SPECTROSCOPY

V.N. Bezludny, I.I. Berestov

Predictive models of metabolic energy content for cattle, sheep, pigs and poultry have been constructed in accordance with the spectrum of spring barley grain accessions in near infrared spectroscopy using the modified method of least squares and method of artificial neural network. The comparative evaluation of the obtained grading and results of its testing has been carried out. The conclusion on the possibility to use near infrared spectroscopy for identifying metabolic energy content in spring barley grain has been made.

УДК 631:581.5

ВЛИЯНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ПАРАМЕТРЫ ПЕРЕХОДА И ПРЕДЕЛЬНЫЕ ПЛОТНОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ РАДИОНУКЛИДАМИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НОРМАТИВНО ЧИСТОЙ ПРОДУКЦИИ ОЗИМОГО РАПСА

Г.В. Седукова, кандидат с.-х. наук, **С.А. Исаченко**
РНИУП предприятие «Институт радиологии», г. Гомель
(Поступила 06.03.2019)

Рецензент: Берестов И.И., доктор с.-х. наук

Аннотация. Определены закономерности изменения количественных параметров накопления радионуклидов в продукции озимого рапса в зависимости от агрохимических показателей почв разного генезиса. Установлены предельные плотности загрязнения радионуклидами дерново-подзолистых супесчаных и деградированных торфяных почв для размещения посевов озимого рапса и получения продукции, соответствующей нормативным требованиям.

В настоящее время около 870 тыс. га земель, на которых ведется сельскохозяйственное производство, расположено на территории радиоактивного загрязнения с плотностью загрязнения почвы ^{137}Cs от 1 до 40 Ки/км², ^{90}Sr – от 0,15 до