

УДК 633.16(571.513)

DOI: 10.33284/2658-3135-103-1-190

Минеральный состав зерна ячменя, выращенного в контрастных климатических условиях Сибири

А.В. Сумина¹, В.И. Полонский^{2,3}

¹*Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова (г. Абакан)*

²*Красноярский государственный аграрный университет (г. Красноярск)*

³*Сибирский федеральный университет (г. Красноярск)*

Аннотация. На территориях Республик Хакасия и Тыва сельское хозяйство ориентировано на животноводство. Зерновые культуры, в том числе и ячмень, в данных районах возделываются в основном на кормовые цели, поэтому важным является содержание биологически ценных веществ в конечном урожае. Содержание минеральных элементов в зерне зависит от ряда экологических факторов, что делает достаточно сложным выращивание ячменя с заданными показателями качества и вызывает необходимость проведения исследований по определению их содержания. Особенно данная проблема актуальна для территорий с часто встречающимися в течение вегетационного периода неблагоприятными погодными явлениями: недостаточными осадками или заморозками, которые периодически регистрируются на территории Тувы и Хакасии. Цель работы состояла в оценке минерального состава зерна ячменя в сравнительном аспекте по сортам и двум контрастным климатическим условиям выращивания (Пий-Хемский ГСУ Республики Тыва и Бейский ГСУ Республики Хакасия). Объектом исследования служили 10 сортов плёнчатого ярового ячменя сибирской селекции. Установлено, что содержание сырой золы в зерне, собранном на территории Пий-Хемского участка, находилось в интервале от 22,6 до 25,8 г/кг, для Бейского – 24,8-37,5 г/кг. По содержанию кальция и фосфора зерно, выращенное на Бейском ГСУ, также характеризовалось более высокими значениями. Найдено, что ячмень, выращенный на территории Пий-Хемского ГСУ по сравнению с Бейским ГСУ характеризовался меньшей межсортной изменчивостью всех исследуемых показателей качества зерна. При использовании двухфакторного дисперсионного анализа было установлено, что наибольший вклад в формирование указанных качественных признаков принадлежит фактору «пункт выращивания». При использовании на кормовые цели зерно ячменя, выращенное как в условиях Тывы, так и Хакасии, будет иметь состав, близкий к оптимальному по содержанию фосфора, и дефицитный по содержанию кальция.

Ключевые слова: зерно, ячмень, сорт, минеральный состав ячменя, фосфор, кальций, сырая зола, Республика Тыва, Республика Хакасия.

UDC 633.16(571.513)

The mineral composition of barley grain grown in contrasting climatic conditions of Siberia

Alena V Sumina¹, Vadim I Polonky^{2,3}

¹*Khakassian State University named after Katanov NF. (Abakan, Russia)*

²*Krasnoyarsk State Agrarian University (Krasnoyarsk, Russia)*

³*Siberian Federal University (Krasnoyarsk, Russia)*

Summary. Agriculture is focused on livestock in the Republics of Khakassia and Tuva. Cereals, including barley, are cultivated mainly for fodder purposes in these areas; therefore, the content of biologically valuable substances in the final crop is important. The content of mineral elements in grain depends on a number of environmental factors, which makes it quite difficult to grow barley with specified quality indicators and necessitates research to determine their content. This problem is especially relevant for territories with unfavorable weather phenomena that are often encountered during the growing season: insufficient

precipitation or frost, periodically registered in the territories of Tuva and Khakassia. The purpose of work was to assess the mineral composition of barley grain in a comparative aspect according to varieties and two contrasting climatic conditions of cultivation (Piy-Khem GSU of the Republic of Tyva and Beisk GSU of the Republic of Khakassia). The object of the study was 10 varieties of glumiferous spring barley of Siberian selection. It was established that the content of crude ash in the grain collected in the territory of Piy-Khem site was within the range from 22.6 to 25.8 g/kg, for Beisky - 24.8-37.5 g/kg. According to the content of calcium and phosphorus, the grain grown on the Bay of GSU, also characterized by higher values. It was found that barley grown on the territory of the Piy-Khem GSU in comparison with the Beisk GSU was characterized by a lower inter-varietal variability of all the studied grain quality indicators. Using two-way analysis of variance it was found that the factor "growing site" is the largest contributor to the formation of these qualitative characteristics. When it is used for feed purposes, barley grain grown both in the conditions of Tuva and Khakassia will have a composition close to optimal in phosphorus content and deficient in calcium content.

Key words: grain, barley, variety, mineral composition of barley, phosphorus, calcium, crude ash, Republic of Tyva, Republic of Khakassia.

Введение.

Одним из основных факторов увеличения производства продуктов животноводства на современном этапе выступает обеспечение отрасли полноценными кормами. Растительные корма являются источником минеральных элементов для животных. Несмотря на то, что эти вещества не обладают энергетической ценностью, их значение в кормлении сельскохозяйственных животных велико и разнообразно. Они входят в структуру тканей (кальций, фосфор), регулируют осмотическое давление тканей и проницаемость мембран (кальций, магний), а также выступают в качестве активаторов в функционировании ферментов и гормонов (железо, кобальт, цинк, марганец, молибден и селен). Поэтому изучение содержания минеральных веществ в зерне представляет интерес в плане оценки его питательных свойств и технологии переработки.

Плёнчатые зерновые хлеба – ячмень, овёс – содержат больше золы, чем голозерные, в отрубях содержание золы возрастает. При этом зерно и корнеплоды выступают лидерами среди кормов по содержанию фосфора (0,35-0,60 %) (Косолапов В.М. и др., 2019). В 1 кг ячменя содержится 3,3 г фосфора, а технические отходы, получающиеся при переработке зерна, в 2-3 раза богаче. Зерно и продукты его переработки характеризуются невысоким содержанием кальция, в пределах 0,1-0,2 % (Драганов И.Ф. и др., 2012).

На территориях Республик Хакасия и Тыва зерно ячменя выращивают исключительно на кормовые цели. Связан данный факт с резко меняющимися погодными условиями в течение вегетационного периода: частыми поздними весенними и ранними осенними заморозками, засухой, что делает затруднительным, а подчас и невозможным выращивание зерна с заданными показателями качества. Вместе с тем исследований, посвящённых данному вопросу, в литературе представлено крайне мало.

Цель исследования.

Проведение оценки минерального состава зерна ячменя в сравнительном аспекте по сортам и двум контрастным климатическим условиям выращивания.

Материалы и методы исследования

Объект исследования. 10 сортов ярового плёнчатого ячменя (*Hordeum vulgare* L.).

Схема эксперимента. Зерно ячменя выращено по паровому предшественнику на территории двух сортоучастков: Бейский (Республика Хакасия) и Пий-Хемский (Республика Тыва). Площадь делянки – 25 м², повторность – четырёхкратная. Семенной материал был любезно предоставлен сотрудниками указанных учреждений.

Показатели погоды в вегетационный период различались по пунктам исследования. При расчёте гидротермического коэффициента (ГТК Селянинова) было установлено, что территория Бейского района характеризовалась более благоприятными климатическими условиями в части соотношения увлажнения и температуры. Величина ГТК в зависимости от месяца вегетации варьировала от 0,97 до 1,62. Минимальной суммой осадков на данном участке отличались май и сентябрь (табл. 1).

Таблица 1. Значения ГТК Селянинова за период май-сентябрь 2019 г. в двух пунктах исследования
Table 1. Values of GTC Selyaninov for the period May-September 2019 in two sites of study

Месяц/Month	Температура, °С, Σ / Temperature, °C, Σ	Осадки, мм, Σ / Settlings, mm, Σ	ГТК / Гидротермический коэффициент	Интенсивность засухи / Intensity of drought
Бейский ГСУ / Biysk SVTS				
Май / May	176,8	20,4	1,15	Отсутствие засухи (класс 5-й) / No drought (Grade 5)
Июнь / June	488,1	79,3	1,62	
Июль / July	549,3	53,4	0,97	
Август / August	533,4	81,1	1,52	
Сентябрь / September	242,3	24	0,99	
Пий-Хемский ГСУ / Pius-Hemsky SVTS				
Май / May	206,8	6	0,29	Сильная засуха (класс 2-й) / Severe Drought (Grade 2)
Июнь / June				476
Июль / July	529,4	107,2	2,02	Очень сильная засуха (класс 1-й) / Extremely Severe Drought (Grade 1)
Август / August	508,5	59,5	1,17	
Сентябрь / September	246	2	0,08	

Пий-Хемский ГСУ характеризовался более контрастными условиями. Так, во время посева (май) ГТК имел значение 0,29, что свидетельствует о недостаточном увлажнении. С июня по август соотношение температуры и осадков было благоприятным.

На территории Бейского района в течение вегетационного периода отмечались более высокие значения суммы активных температур.

Оборудование и технические средства. Лабораторные исследования по количественному определению минеральных веществ были проведены в ФГУ ГС АС «Хакасская» (г. Абакан). Определение сырой золы в зерне проводили по ГОСТ 26226-95 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения сырой золы». Измерение содержания кальция в зерне – по ГОСТ 26570-95 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Метод определения содержания кальция». Количество фосфора находили по методике ГОСТ 26657-97 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Метод определения содержания фосфора». Повторность всех анализов – трёхкратная.

Статистическая обработка. Собранный цифровой материал обработан с использованием офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» и с помощью программы обработки данных полевого опыта «Field Expert v1.3 Pro» (Акимов О.И. и Акимов Д.Н., 2016).

Результаты исследований.

Исходя из полученных данных, было определено, что содержание золы в зерне ячменя, выращенного на территории Бейского участка, превышает таковое для условий Пий-Хемского ГСУ, при этом у половины сортов это доказано статистически. Наибольшие показатели суммарного содержания зольных элементов характерны для сортов Абалак и Красноярский 91 (табл. 2).

Таблица 2. Содержание сырой золы в зерне исследуемых сортов ячменя, выращенного в двух географических точках

Table 2. Raw ash content in grain of barley varieties under study grown in two geographical locations

Сорт / Variety	Содержание золы (г/кг) в зерне по пунктам выращивания / Ash content (g/kg) in grain according growing sites			Коэффициент вариации между пунктами, % / Coefficient of variation on sites variation factor, %
	Пий-Хемский ГСУ / Pius-Hemsky SVTS	Бейский ГСУ / Bysk SVTS	среднее по пунктам / average according to sites	
Абалак/Abalak	24,6±0,3*	37,5±0,5*	31,1±0,4	29,4
Ача/Acha	23,9±0,2	24,9±0,4	24,4±0,2	2,9
Биом/Biom	24,1±0,3	25,0±0,1	24,6±0,3	2,6
Буян/Byan	24,4±0,4*	27,5±0,4*	26,0±0,3	8,4
Емеля/Emelya	22,9±0,3	24,8±0,5	23,9±0,2	5,6
Красноярский 91/Krasnoyarsky 91	25,1±0,2*	37,4±0,2*	31,3±0,2	27,8
Оленек/Olenek	22,7±0,7*	26,8±0,5*	24,8±0,4	11,7
Такмак/Takmak	22,6±0,2*	27,2±0,6*	24,9±0,2	13,1
Танай/Tanay	25,8±0,3	24,9±0,4	25,4±0,3	2,5
Уватский/Uvatsky	23,7±0,4	25,4±0,5	24,6±0,5	4,9
Среднее по сортам / Average on varieties	24,0±0,3*	28,1±0,4*	-	-
Межсортовой коэффициент вариации, % / Average on varieties variation factor, %	4,4	17,8	-	-

Примечание: * – различия в строках существенны для каждого сорта по t-критерию при P≤0,05

Note: * – differences in lines are significant for each variety according to T-criterion at P≤0.05

Наряду с этим, на Бейском сортоучастке была зарегистрирована и самая высокая межсортовая изменчивость указанного признака: коэффициент межсортовой вариации составил 17,8 % против 4,4 % на Пий-Хемском сортоучастке. Т. е. величина его межсортового коэффициента вариации на Пий-Хемского ГСУ была почти в 4 раза ниже, чем на Бейском ГСУ.

Можно отметить, что наиболее стабильные значения зольности показали сорта Ача, Биом и Танай, у которых коэффициент вариации признака между пунктами изучения имел значения ниже 3 %.

В таблице 3 представлены результаты изучения содержания кальция в зерне исследуемых сортов ячменя.

Можно видеть существенные различия в значении данного показателя у всех сортов, выращенных в двух географических пунктах, за исключением сортов ячменя Красноярский 91 и Буян, у которых это различие не удалось доказать статистически. При этом среднее значение содержания кальция в зерне, полученном на Бейском ГСУ, было лишь на 14 % выше по сравнению с таковым для Пий-Хемского ГСУ. Наибольшие величины содержания кальция характерны для сортов Танай и Оленек (Бейский ГСУ) и Оленек и Биом (Пий-Хемский ГСУ).

Таблица 3. Содержание кальция в зерне исследуемых сортов ячменя, выращенных в двух географических пунктах

Table 3. Calcium content in the grains of the barley varieties under study grown in two geographical locations

Сорт / Variety	Содержание кальция (г/кг) в зерне по пунктам выращивания / Calcium content (g/kg) in grain by growing site			Коэффициент вариации между пунктами, % / Average on sites variation factor, %
	Пий-Хемский ГСУ / Pius-Hemsky SVTS	Бейский ГСУ/Biysk SVTS	среднее по пунктам/average on sites	
Абалак/Abalak	0,7±0,03*	0,8±0,01*	0,75±0,02	9,4
Ача/Acha	0,6±0,02*	0,7±0,02*	0,65±0,02	10,9
Биом/Biom	0,8±0,01*	0,7±0,01*	0,75±0,01	9,4
Буян/Buyan	0,7±0,01	0,7±0,01	0,7±0,01	0,0
Емеля/Emelya	0,5±0,02*	0,9±0,01*	0,7±0,01	40,4
Красноярский 91/Krasnoyarsky 91	0,7±0,01	0,7±0,03	0,7±0,01	0,0
Оленек/Olenek	0,8±0,01*	0,9±0,02*	0,85±0,01	8,3
Такмак/Takmak	0,7±0,02*	0,8±0,01*	0,75±0,02	9,4
Танай/Tanay	0,6±0,01*	1,0±0,03*	0,8±0,02	35,4
Уватский/Uvatsky	0,7±0,01*	0,5±0,01*	0,6±0,01	23,6
Среднее по сортам / Average on varieties	0,7±0,02*	0,8±0,01*	-	-
Межсортовой коэффициент вариации, % / Average variation factor, %	13,6	18,4	-	-

Примечание: * – различия в строках существенны для каждого сорта по t-критерию при $P \leq 0,05$

Note: * – differences in lines are significant for each variety according to T-criterion at $P \leq 0,05$

Судя по величине коэффициента, вариации изучаемого признака сортов между сортоучастками, наименее стабильными по содержанию кальция в зерне, оказались сорта Емеля и Танай. Величина межсортового коэффициента вариации этого признака на Пий-Хемском ГСУ была на 35 % ниже, чем на Бейском.

Содержание фосфора в зерне ячменя, выращенного в двух географических пунктах, приведено в таблице 4.

Видно, что имеются существенные различия в значении данного показателя у всех сортов, за исключением сорта Такмак. Среднее значение содержания фосфора в зерне, полученном на Бейском ГСУ, было на 26 % выше, чем таковое для Пий-Хемского ГСУ. Наибольшие величины содержания фосфора были отмечены для сорта Ача/Acha, независимо от места его выращивания.

Основываясь на величине коэффициента вариации изучаемого признака сортов между сортоучастками, можно заключить, что наиболее стабильным сортом по содержанию фосфора в зерне является Такмак, наименее – Абалак. Величина межсортового коэффициента вариации этого признака на Пий-Хемском ГСУ была на 31 % ниже, чем на Бейском.

При использовании двухфакторного дисперсионного анализа было установлено (рис. 1), что наибольший вклад в формирование всех исследуемых признаков принадлежит фактору «пункт»; при этом максимальное влияние он оказывает на содержание в зерне ячменя фосфора, а минимальное – на содержание в нём кальция.

Таблица 4. Содержание фосфора в зерне исследуемых сортов ячменя, выращенного в двух географических пунктах

Table 4. Content of phosphorus in grains of the barley varieties under study grown in two geographical locations

Сорт / Variety	Содержание фосфора (г/кг) в зерне по пунктам выращивания / Phosphorus content (g/kg) in grain at growing sites			Коэффициент вариации между пунктами, % / Average on sites variation factor, %
	Пий-Хемский ГСУ / Pius-Hemsky SVTS	Бейский ГСУ/ Biysk SVTS	среднее по пунктам/average on sites	
Абалак/Abalak	3,0±0,2*	5,4±0,1*	4,2±0,1	40,4
Ача/Acha	4,0±0,1*	4,9±0,2*	4,4±0,1	14,3
Биом/Biom	3,5±0,1*	4,8±0,1*	4,2±0,1	22,2
Буян/Buyan	3,5±0,1*	4,3±0,2*	3,9±0,1	14,5
Емеля/Emelya	3,9±0,1*	4,5±0,1*	4,2±0,1	10,1
Красноярский 91/Krasnoyarsky 91	3,2±0,2*	3,8±0,1*	3,5±0,1	12,1
Оленек/Olenek	3,0±0,1*	3,6±0,1*	3,3±0,1	12,9
Такмак/Takmak	3,8±0,1	3,7±0,1	3,75±0,1	1,9
Танай/Tanay	3,6±0,2*	4,7±0,1*	4,15±0,1	18,7
Уватский/Uvatsky	3,4±0,1*	4,4±0,1*	3,9±0,1	18,1
Среднее по сортам / Average on varieties	3,5±0,1*	4,4±0,1*	-	-
Межсортной коэффициент вариации, % / Average variation factor, %	10,0	13,1	-	-

Примечание: * – различия в строках существенны для каждого сорта по t-критерию при P≤0,05
 Note: * – differences in lines are significant for each variety according to T-criterion at P≤0.05

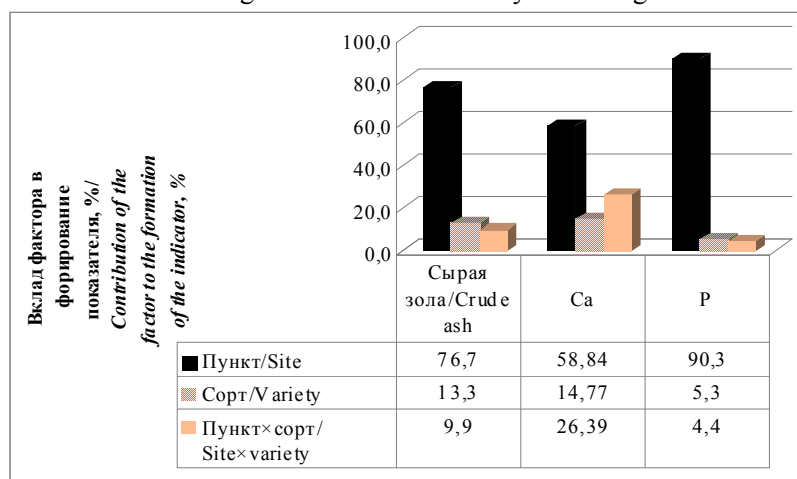


Рис. 1 – Вклад различных факторов в формирование минерального состава зерна ячменя, выращенного в разных географических пунктах

Figure 1 – Contribution of various factors to formation of mineral composition of barley grain grown in different geographical locations

Обсуждение полученных результатов

Практически половина всех зольных элементов в зерне представлена фосфором, калием, магнием и кальцием (Драганов И.Ф. и др., 2012). Как известно, кальций и фосфор являются одними из основных минеральных компонентов живого организма. Кальций в растениях находится в форме солей пектиновой кислоты, а также сульфата, карбоната, фосфата и щавелевокислого кальция. Фосфор входит в состав органических и неорганических соединений растений, в зерновых культурах он находится в форме фитиновой кислоты. Биологическая доступность фосфора и кальция может быть увеличена в результате температурной переработки сырья (Драганов И.Ф., 2012; Казаков Е.Д. и Карпиленко Г.П., 2005) либо при помощи использования различных фракций помола зерна (Клемешова И.Ю. и др., 2018). Согласно последней работе, характер распределения макроэлементов кальция и фосфора по фракциям зерна ячменя таков, что содержание их в тонкой фракции минимально, а с увеличением кормовых частиц в диапазоне от 400 до 800 мкм оно увеличивается.

Содержание минеральной золы в зерне ячменя в среднем составляет до 3 %, при этом для одного и того же генотипа оно сильно колеблется в зависимости от экологических факторов. Общее содержание и соотношение отдельных минеральных веществ у ячменя также находится в зависимости от почвенных и климатических условий, количества вносимых удобрений и сидератов, температуры почвы (Зарубин А.Н. и др., 2017; Сычева З.Ф. и Быстрова З.А., 1961). Кроме того, в литературе прослежена обратная зависимость содержания макроэлементов в зерне ячменя от величины его урожайности. Так, снижение урожая зерна ячменя на 14 % сопровождалось повышением уровня кальция и фосфора на 8 и 17 % соответственно (Фатыхов И.Ш. и др., 2017).

Результатов содержания макроэлементов в зерне современных сортов ячменя, возделываемых в условиях Сибири, в литературе приведено чрезвычайно мало. В одной из работ (Сумина А.В. и др., 2017) было определено содержание кальция и фосфора в зерне различных сортов ячменя, выращенных на территории Хакасии и центральной части Красноярского края: среднее значение первого элемента варьировало в зависимости от генотипа и агроклиматических условий от 1 до 2 г/кг. Что касается фосфора, то его среднее содержание находилось в интервале от 4,6 до 5,4 г/кг. В другом исследовании, выполненном на 7 сортах ярового ячменя в условиях Нечерноземья, были получены довольно близкие к предыдущим результаты: содержание фосфора в зерне составило 3,7-4,0, а кальция – 1,8-2,0 г/кг (Щукин И.Н., 2018). Зато исследования, проведенные в Брянской ГСХА на различных сортах ячменя и овса отечественной и белорусской селекций, показали более низкие значения: на порядок – содержание кальция, и в 2-3 раза – фосфора (соответственно 0,18 и 2,1 г/кг) (Ториков В.Е. и др., 2015).

В литературе показано, что отношение содержания кальция к фосфору в зерне ячменя соответствует примерно 1:10 (Fardet A, 2010) или от 1:6,5 до 1:8, в зависимости от размера частиц после его помола. Как известно, оптимальное содержание фосфора в кормах в пересчете на сухое вещество составляет 0,35-0,55 %, а содержание кальция – вдвое выше, около 1 %. При этом оптимальным для усвоения кальция из пищи или корма считается соотношение Са:Р, находящееся в интервале 1:1,5 (Драганов И.Ф. и др., 2012; Таранов М.Т. и Сабиров А.Х., 1987).

Исходя из полученных в настоящей работе результатов, можно заключить, что при использовании на кормовые цели зерна ячменя, выращенного как в условиях Тувы, так и Хакасии, оно будет иметь состав, близкий к оптимальному по содержанию фосфора, и дефицитный по содержанию кальция.

Выводы.

Таким образом, в результате выполненной работы было установлено, что сорта ячменя, выращенные на территории Пий-Хемского ГСУ, по сравнению с выращенными на Бейском ГСУ характеризовались более стабильными всеми исследуемыми показателями. При этом зерно абсолютного большинства сортов ячменя, полученное в Республике Тыва, характеризовалось пониженным

содержанием минеральных элементов (сырая зола, кальций и фосфор), что делает его менее ценным с позиций производства кормов для сельскохозяйственных животных.

Следует выделить, что к сортам ячменя, в зерне которых уменьшения содержания какого-либо одного из исследуемых элементов при выращивании их в Туве по сравнению с Хакасией не происходило, можно отнести: Такмак (фосфор), Буян и Красноярский 91 (кальций), Танай (сырая зола).

Найдено, что основным фактором, оказывающим влияние на формирование минерального состава зерна ячменя, являются погодные условия, складывающиеся в пункте его выращивания, а не генотип. При использовании на кормовые цели зерно ячменя, выращенное как в условиях Тувы, так и Хакасии, будет иметь состав, близкий к оптимальному по содержанию фосфора, и дефицитный по содержанию кальция.

Литература

1. Акимова О.И., Акимов Д.Н. Использование статистических методов обработки опытных данных при выполнении студенческих научных работ // Вестник Хакасского государственного университета им Н.Ф. Катанова. 2016. № 18. С. 76-78. [Akimova O.I., Akimov D.N. The use of statistical methods of processing of experimental data when performing student research papers. Vestnik Khakasskogo gosudarstvennogo universiteta im Katanova NF. 2016;18:76-78. (In Russ)].
2. ГОСТ 26226-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения сырой золы. Введ. 01.01.1997. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. 2003. 5 с. [GOST 26226-95. Fodder, mixed fodder and mixed fodder raw material. Methods for determination of raw ash. Vved. 01.01.1997. Vved. 01.01.1997. Minsk: Mezghosudarstvennyi sovet po standartizatsii, metrologii i sertifikatsii. 2003:5 p. (In Russ)].
3. ГОСТ 26570-95 Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения кальция. Введ. 01.01.1997. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. 2003. 14 с. [GOST 26570-95. Fodder, mixed fodder and mixed fodder raw material. Methods for determination of calcium. Vved. 01.01.1997. Minsk: Mezghosudarstvennyi sovet po standartizatsii, metrologii i sertifikatsii; 2003:14 p. (In Russ)].
4. ГОСТ 26657-97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения содержания фосфора. Введ. 01.01.1999. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. 1999. 9 с. [GOST 26657-97 Fodders, mixed fodders, mixed fodder raw materials. Methods for determination of phosphorus content. Vved. 01.01.1999. Minsk: Mezghosudarstvennyi sovet po standartizatsii, metrologii i sertifikatsii. 1999:9 p. (In Russ)].
5. Зарубин А.Н., Коношина С.Н., Прудникова Е.Г. Макро- и микроэлементный состав *Hordeum sativum* в зависимости от предшественников // Успехи современной науки. 2017. № 7. С. 46-49. [Zarubin AN, Konoshina SN, Prudnikova EG. Macro- and microelement composition of *Hordeum sativum* depending on predecessors. Modern Science Success. 2017;7:46-49. (In Russ)].
6. Казаков Е.Д., Карпиленко Г.П. Биохимия зерна и хлебопродуктов. 3-е изд. перераб. и доп. СПб.: ГИОРД, 2005. 512 с. [Kazakov ED, Karpilenko GP. Biokhimiya zerna i khleboproduktov. 3-e izd. pererab. i dop. Sankt-Peterburg: GIORД; 2005:512 p. (In Russ)].
7. Минеральное питание животных: учеб. пособие / И.Ф. Драганов, В.И. Фисинин, В.В. Калашников, А.С. Ушаков. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2012. 385 с. [Draganov IF, Fisinin VI, Kalashnikov VV, Ushakov AS. Mineral'noe pitanie zhiivotnykh: ucheb. posobie. Moscow: RGAU-MSKHA im. Timiryazeva KA; 2012:385 p. (In Russ)].
8. Минеральные элементы в кормах и методы их анализа: монография / В.М. Косолапов, В.А. Чуйков, Х.К. Худякова, В.Г. Косолапова. М.: ООО «Угрешская типография», 2019. 272 с. [Kosolapov VM, Chuikov VA, Khudyakova KhK, Kosolapova VG. Mineral'nye elementy v kormakh i metody ikh analiza: monografiya. Moscow: ООО «Ugreshskaya tipografiya»; 2019:272 p. (In Russ)].
9. Распределение некоторых химических элементов в активированном зерновом сырье / И.Ю. Клемешова, З.Н. Алексеева, Т.В. Скиба, В.А. Реймер // Вестник КрасГАУ. 2018. № 6(141).

C. 203-208. [Klemeshova IYu, Alekseeva ZN, Skiba TV, Reymer VA. The distribution of some chemical elements in activated grain raw material. Bulletin of KrasGAU. 2018;6(141):203-208. (*In Russ*)].

10. Реакция ячменя Раушан на абиотические условия химическим составом зерна / И.Ш. Фатыхов, Б.Б. Борисов, Е.В. Корепанова, Т.Н. Рябова // Пермский аграрный вестник. 2017. № 3(19). С. 118-124. [Fatykhov ISh, Borisov BB, Korepanova EV, Ryabova TN. Raushan barley reaction to abiotic conditions the chemical composition of the grains. Perm Agrarian Journal. 2017;3(19):118-124. (*In Russ*)].

11. Сумина А.В., Полонский В.И., Шалдаева Т.М. Варьирование содержания макроэлементов в зерне овса и ячменя, выращенного в различных географических условиях // Успехи современного естествознания. 2017. № 12. С. 90-95. [Sumina AV, Polonskiy VI, Shaldaeva TM. Variation of macroelements content in oats and barley grains growing in various geographical conditions. Uspekhi sovremennoy estestvoznaniya. 2017;12:90-95. (*In Russ*)].

12. Сычева З.Ф., Быстрова З.А. Влияние температуры почвы на вынос зольных веществ и азота отдельными культурами // Труды Карельского филиала Академии наук СССР. Вып. XXIX. Растения и почвы Карелии. Петрозаводск, 1961. С. 16-21. [Sycheva ZF, Bystrova ZA. Vliyanie temperatury pochvy na vynos zol'nykh veshchestv i azota otdel'nymi kul'turami. Trudy Karel'skogo filiala Akademii nauk SSSR. Вып. XXIX. Rasteniya i pochvy Karelii. Petrozavodsk, 1961:16-21. (*In Russ*)].

13. Таранов М.Т., Сабиров А.Х. Биохимия кормов. М.: Агропромиздат, 1987. 222 с. [Taranov MT, Sabirov AKh. Biokhimiya kormov. Moscow: Agropromizdat; 1987:222 p. (*In Russ*)].

14. Ториков В.Е., Мельникова О.В., Ториков В.В. Изменение минерального состава зерна ярового ячменя и овса в зависимости от сорта и технологий возделывания // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 3. С. 10-15. [Torikov VE, Mel'nikova OV, Torikov VV. Izmenenie mineral'nogo sostava zerna yarovogo yachmenya i ovsa v zavisimosti ot sorta i tekhnologii vozdel'yvaniya. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2015;3:10-15. (*In Russ*)].

15. Щукин Н.Н. Адаптивность и хозяйственно-биологическая оценка сортов зернофуражных культур на дерново-подзолистых почвах Нечерноземья // Инновации и продовольственная безопасность. 2018. № 3(21). С. 127-137. [Shchukin NN. Adaptivnost' i khozyaistvenno-biologicheskaya otsenka sortov zernofurazhnykh kul'tur na dernovo-podzolistykh pochvakh Nechernozem'ya. Innovation and food security. 2018;3(21):127-137. (*In Russ*)].

16. Fardet A. New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: what is beyond fibre? Nutrition Research Reviews. 2010;23(1):65-134. doi: 10.1017/S0954422410000041

References

1. Akimova OI, Akimov DN. Using statistical methods for processing experimental data in student research papers. Bulletin of Khakassian State University named after Katanov NF. 2016;18:76-78.
2. GOST 26226-95. Feed, compound feed, feed raw materials. Methods for the determination of crude ash. Introd. 01/01/1997. Minsk: Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification. 2003:5 p.
3. GOST 26570-95 Feed, mixed feed, feed raw materials. Calcium determination methods. Introd. 01/01/1997. Minsk: Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification. 2003:14 p.
4. GOST 26657-97 Feed, mixed feed, feed raw materials. Methods for determining phosphorus content. Introd. 01/01/1999. Minsk: Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification. 1999:9 p.
5. Zarubin AN, Konoshina SN, Prudnikova EG. Macro- and microelement composition of *Hordeum sativum* depending on predecessors. Modern Science Success. 2017;7:46-49.
6. Kazakov E.D., Karpilenko G.P. Biochemistry of grain and bakery products. 3rd ed. revis. and add. St. Petersburg: GIOR, 2005:512 p.
7. Draganov IF, Fisinin VI, Kalashnikov VV, Ushakov AS. Mineral nutrition of animals: manual. Moscow: RGAU-MSHA them. Timiryazeva KA; 2012:385 p.

8. Kosolapov VM, Chuykov VA, Khudyakova HK, Kosolapova VG. Mineral elements in feed and methods for their analysis: monograph. Moscow: Ug-Reshskaya Printing House LLC; 2019:272 p.
9. Klemeshova IYu, Alekseeva ZN, Skiba TV, Reymer VA. The distribution of some chemical elements in activated grain raw material. Bulletin of KrasGAU. 2018;6(141):203-208.
10. Fatykhov ISh, Borisov BB, Korepanova EV, Ryabova TN. Raushan barley reaction to abiotic conditions the chemical composition of the grains. Perm Agrarian Journal. 2017;3(19):118-124.
11. Sumina AV, Polonskiyi VI, Shaldaeva TM. Variation of macroelements content in oats and barley grains growing in various geographical conditions. Success of Modern Natural Sciences. 2017;12:90-95.
12. Sycheva ZF, Bystrova ZA. Influence of soil temperature on the removal of ash substances and nitrogen by some crops. Transactions of Karelian Branch of the USSR Academy of Sciences. Vol. XXIX. Plants and soil of Karelia. Petrozavodsk, 1961:16-21.
13. Taranov M.T., Sabirov A.Kh. Biochemistry of feed. Moscow: Agropromizdat, 1987. 222 p.
14. Torikov VE, Mel'nikova OV, Torikov VV. Change in the mineral composition of spring barley and oats, depending on the variety and cultivation technology. Vestnik of Bryansk State Agricultural Academy. 2015;3:10-15.
15. Shchukin NN. Adaptability and economic-biological assessment of varieties of grain crops on sod-podzolic soils of non-chernozem region. Innovation and Food Security. 2018;3(21):127-137.
16. Fardet A. New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: what is beyond fibre? Nutrition Research Reviews. 2010;23(1):65-134. doi: 10.1017/S0954422410000041

Сумина Алёна Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры химии и геоэкологии, Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, 655017, г. Абакан, ул. Ленина, 90, тел.: 8-913-511-85-85, e-mail: alenasumina@list.ru

Полонский Вадим Игоревич, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры ландшафтной архитектуры и ботаники, Красноярский государственный аграрный университет. 660049, г. Красноярск, пр. Мира 90, тел.: 8-913-52-8-170, e-mail: vadim.polonskiy@mail.ru; профессор кафедры биофизики Сибирского федерального университета, 660028, г. Красноярск, пр. Свободный, 79.

Поступила в редакцию 13 марта 2020 г.; принята после решения редколлегии 16 марта 2020 г.; опубликована 31 марта 2020 г./ Received: 13 March 2020; Accepted: 16 March 2020; Published: 31 March 2020