

СОДЕРЖАНИЕ АНТИОКСИДАНТОВ В ЗЕРНЕ СИБИРСКИХ СОРТОВ ОВСА,  
ВЫРАЩЕННОГО В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ\*

V.I. Polonsky, A.V. Sumina,  
T.M. Shaldaeva

THE CONTENT OF ANTIOXIDANTS IN SIBERIAN GRAIN VARIETIES OF OATS GROWN  
IN VARIOUS CONDITIONS

**Полонский В.И.** – д-р биол. наук, проф. каф. ландшафтной архитектуры, ботаники, агроэкологии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: vadim.polonskiy@mail.ru

**Сумина А.В.** – канд. с.-х. наук, доц. каф. географии и геоэкологии Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова, г. Абакан. E-mail: vadim.polonskiy@mail.ru

**Шалдаева Т.М.** – канд. биол. наук, мл. науч. сотр. лаб. фитохимии Центрального сибирского ботанического сада СО РАН, г. Новосибирск. E-mail: vadim.polonskiy@mail.ru

**Polonsky V.I.** – Dr. Biol. Sci., Prof., Head, Chair of Botany, Physiology and Plants Protection, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: vadim.polonskiy@mail.ru

**Sumina A.V.** – Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Geography and Geoecology, N.F. Katanov Khakass State University, Abakan. E-mail: vadim.polonskiy@mail.ru

**Shaldaeva T.M.** – Cand. Biol. Sci., Junior Staff Scientist, Lab. of Phytochemistry, Central Siberian Botanical Garden, SB RAS, Novosibirsk. E-mail: vadim.polonskiy@mail.ru

С целью анализа зависимости суммарного содержания антиоксидантов (ССА) в зерне сибирских сортов овса от генотипа и условий выращивания исследовали пять образцов ярового пленчатого и голозерного овса. Овес выращивали в течение 2015 и 2016 годов, используя три разных географических пункта: Краснотуранский, Бейский и Ширинский ГСУ. Погодные условия по вариантам опыта имели как общие черты, так и различия по количеству влаги и режимам среднесуточных температур по годам, а также по территориям изучения. Для определения ССА в зерне производили экстрагирование проб двумя элюентами – горячей бидистиллированной водой или 70 %-м этиловым спиртом. Измерение ССА в пробах выполняли с помощью прибора «Цвет Яуза-01 АА». В качестве образца сравнения использовали галловую кислоту. Используемые методы экстракции с помощью воды и спирта показали практически одинаковые результаты. Максимальные уровни ССА в зерне были отмечены у овса, выращиваемого в Бейском ГСУ, а мини-

мальные – в Краснотуранском. Различия ССА в зерне при выращивании овса в разные годы практически отсутствовали. Максимальные уровни ССА в зерне отмечены у сорта Аргумент, а минимальные – у сорта Тубинский. При выращивании овса в разные годы, но в одном месте ССА у всех сортов изменялось однотипно и пропорционально, ранжирование сортов по ССА не нарушалось. При выращивании овса в разных местах ССА у всех сортов изменялось непропорционально, ранжирование сортов по ССА значительно нарушалось.

**Ключевые слова:** зерно, овес, сорт, антиоксиданты, элюент, бидистиллированная вода, спирт, Красноярский край, Республика Хакасия.

To analyze the dependence of the total content of antioxidants (TCA) in the Siberian grain varieties of oats on the genotype and cultivation conditions five samples of hulled and hull-less spring oats were investigated. The oats was grown for 2015 and 2016 in different geographic points: Krasnoturansky, Bay and Shira SSP. Weather conditions on options of experiment had both common fea-

\*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Министерства образования Республики Хакасия (грант № 6-44-190763).

tures and distinctions by the amount of moisture and the modes of average daily temperatures by years, and also across territories of studying. In grain the extraction of tests for definition of TCA two eluent, i.e. hot bidistilled water or 70 % ethyl alcohol were used. The measurement of TCA in the samples was carried out using the device "Color Jauza-01-AA". As a sample comparison Gallic acid was used. The methods used for extraction with water and alcohol showed almost the same results. The maximum levels of TCA in grain were observed in oats grown in Beisky SSP, and the minimum in Krasnoturansk. The difference of TCA in the grain under the cultivation of oats in different years was almost missing. The maximum levels of TCA in grain were observed in the varieties of Argument, and the lowest in the variety of Tubinsky. In the cultivation of oats in different years, but in one place TCA, all varieties were similar and changed in proportion to the ranking of varieties for SSA was not violated. While growing oats in different places of the TCA, all varieties have changed disproportionately, the ranking of varieties for TCA was significantly violated.

**Keywords:** grain, oat, variety, antioxidants, eluent, bidistilled water, alcohol, Krasnoyarsk Region, the Republic of Khakassia.

**Введение.** К веществам, способствующим профилактике ряда серьезных заболеваний человека, относятся антиоксиданты, а одним из важных параметров качества пищевых продуктов и ингредиентов выступает их антиоксидантная активность [9]. Сегодня суммарное содержание антиоксидантов и их антиоксидантная активность достаточно полно установлены в

овоцах и фруктах [5, 6]. Широко известно, что зерно овса и ячменя имеет высокую питательную ценность, содержит ненасыщенные жирные кислоты, основные минеральные элементы, белки и бета-глюканы (самые высокие уровни среди зерновых злаков), а также характеризуется наличием разнообразных химических веществ, проявляющих антиоксидантные свойства. В последние годы в некоторых западных странах начаты работы по изучению содержания антиоксидантов в зерне различных культурных злаков [7, 8, 10]. В России сегодня лишь небольшое количество работ посвящено исследованию этих важных химических соединений в зерне овса и ячменя [1–4]. При этом данных по содержанию антиоксидантов в зерне овса сибирской селекции и влиянию на него внешних факторов в литературе нам встретить не удалось.

**Цель исследования:** анализ зависимости суммарного содержания антиоксидантов в зерне сибирских сортов овса от генотипа и условий выращивания.

**Объект и методы исследования.** В качестве объекта исследования использовали пять образцов ярового пленчатого и голозерного овса (табл. 1). Овес выращивали в течение 2015 и 2016 гг., используя для этого три разных географических пункта: Краснотуранский, Бейский и Ширинский ГСУ.

Погодные условия по вариантам опыта имели как общие черты, так и различия по количеству влаги и режимам среднесуточных температур по годам, а также по территориям изучения (рис. 1–4).

Таблица 1

Краткая характеристика изучаемых образцов овса

Сорт	Разновидность	Период созревания	Тип зерновки	Масса 1000 зерен, г
Аргумент	Мутика	Среднепоздний	Пленчатая	36–45
Голец	Инермис	Средний (среднеспелый)	Голозерная	20–27
Саян	Ауреа	Среднеранний	Пленчатая	34–39
Сельма	Мутика	Средний (среднеспелый)	Пленчатая	30–36
Тубинский	Мутика	Средний (среднеспелый)	Пленчатая	34–41

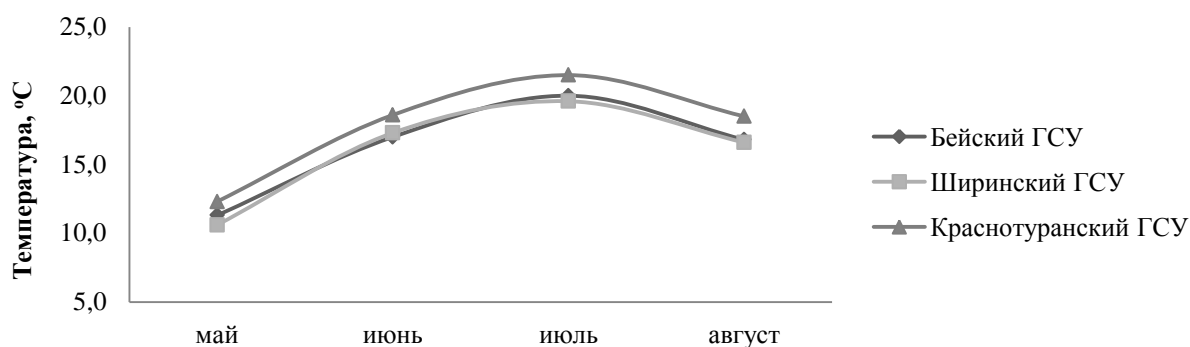


Рис. 1. Средняя температура воздуха за вегетационный период 2015 г. по пунктам исследования

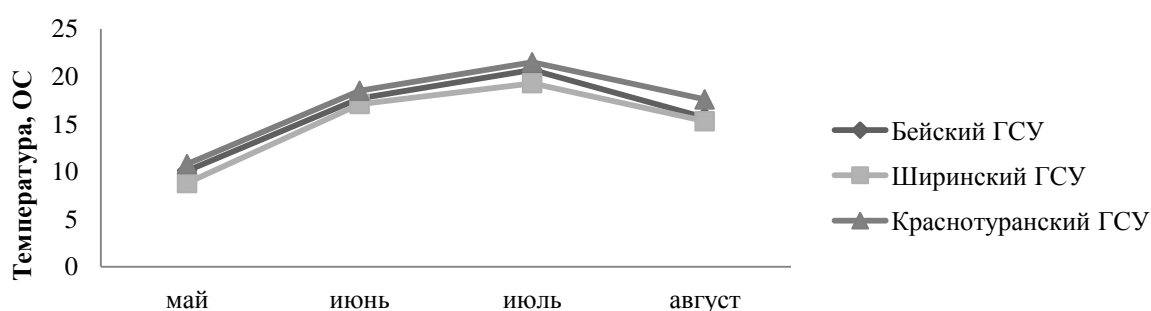


Рис. 2. Средняя температура воздуха за вегетационный период 2016 г. по пунктам исследования

Значения средней температуры воздуха за вегетационные периоды 2015–2016 гг. на территории Краснотуранского ГСУ были выше, чем в других географических точках. В Бейском и Ширинском районах указанный параметр имел практически равные значения за исключением мая 2016 г. В данный месяц средняя температура для Бейского ГСУ составила 10,1 °С, а для Ширинского ГСУ – 8,8 °С.

Количество осадков в изучаемых пунктах по годам не имели общих тенденций, особенно в 2016 г. Осадки в мае 2015 г. равномерно распределились между II и III декадами по всем территориям исследования. На Бейском и Ширинском ГСУ большая часть «июньских» осадков пришлась на I декаду месяца, а в Краснотуранском – на II декаду.

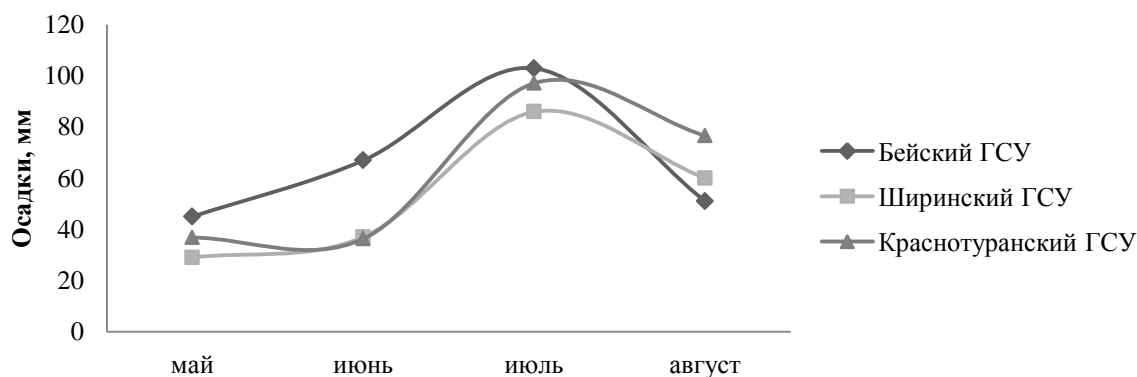


Рис. 3. Сумма осадков за вегетационный период 2015 г. по пунктам исследования

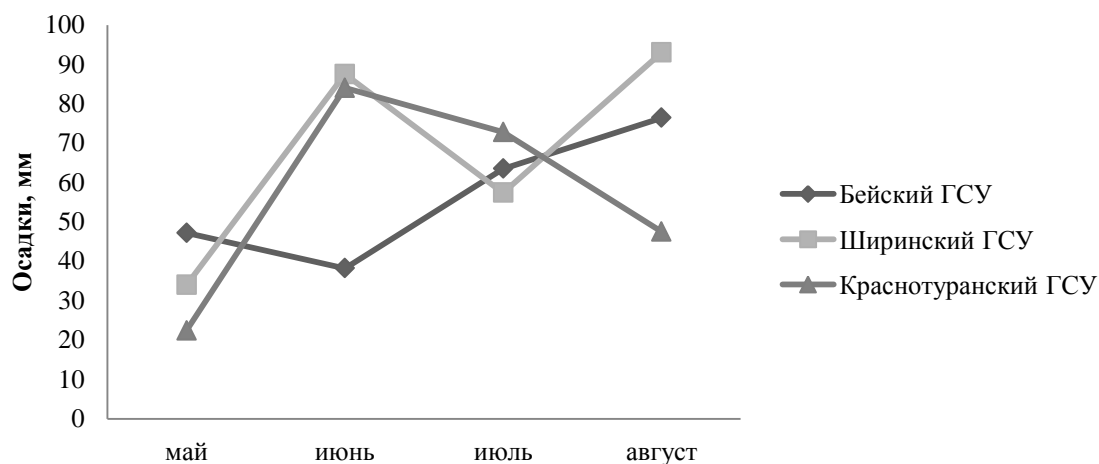


Рис. 4. Сумма осадков за вегетационный период 2016 г. по пунктам исследования

Самым «увлажненным» месяцем во всех точках изучения был июль, при этом наибольшее количество осадков отмечено на территории Бейского ГСУ. В августе основная часть осадков пришлась на II и III декаду.

Для определения суммарного содержания антиоксидантов (ССА) в зерне овса производили экстрагирование проб двумя элюентами – горячей бидистиллированной водой или 70 %-м этиловым спиртом. Для получения водного экстракта 1,0 г сырья заливали 50 мл кипящей бидистиллированной воды и настаивали в течение 10 мин без термостатирования, после чего тщательно отфильтровывали через бумажный фильтр «синяя лента». Для получения водно-спиртового экстракта 1,0 г сырья заливали 50 мл 70 %-го спирта и встряхивали на качалке в течение 1 ч, после чего проводили фильтрацию. Определение ССА в пробах овса выполняли с помощью прибора «Цвет Яуза-01-АА» [3, 4], измеряя величину электрического тока, возникающего при окислении исследуемого вещества (или смеси веществ) на поверхности рабочего электрода при постоянном потенциале 1,3 В. При этом происходит окисление только –ОН групп природных антиоксидантов фенольного типа. Предварительно изучали зависимость электрического сигнала образца сравнения (галловой кислоты) от его концентрации. С помощью построенной градуировочной кривой сравнивали сигналы от исследуемого экстракта с сигналами галловой кислоты. Время измере-

ния одного образца составляло 10–15 мин, повторность трехкратная.

Статистическая обработка результатов была выполнена с помощью программы Microsoft Excel 2003.

**Результаты исследования.** Используемые два метода экстракции при измерении ССА в зерне овса показали практически одинаковые результаты (табл. 2, 3). Усредненное (за годы и места выращивания овса) значение коэффициента корреляции между ССА, измеренным после экстракции водой и после экстракции спиртом, составило существенную величину  $0,963 \pm 0,072$ . Правда, содержание водорастворимых антиоксидантов в зерне незначительно превышало уровни спирторастворимых антиоксидантов.

Как видно из таблиц 2 и 3, максимальные уровни ССА в зерне были отмечены у овса, выращиваемого в Бейском ГСУ, а минимальные – в Краснотуранском. Последний географический пункт отличался наибольшей температурой в фазе налива зерна, что, вероятно, могло сказаться на снижении ССА в зерне у собранного здесь овса. Различия ССА в зерне по годам выращивания овса практически отсутствовали (табл. 4).

Что касается генотипических различий, то ССА в зерне у сорта Аргумент в среднем по пунктам выращивания существенно превышало таковое для сорта Тубинский. Остальные три образца овса продемонстрировали практически одинаковое ССА в зерне (табл. 2, 3).

Таблица 2

**Среднее суммарное содержание водорастворимых антиоксидантов в зерне образцов овса в зависимости от географического места выращивания**

Сорт	Краснотуранск	Бея	Шира	Среднее по пунктам	Амплитуда колебания признака по пунктам	Коэффициент вариации по пунктам, %
Аргумент	52,3	44,6	45,5	47,5	7,7	8,9
Голец	45,3	45	42	44,1	3,3	4,1
Саян	37,4	53	37	42,5	16,0	21,5
Сельма	38,7	40,3	53,9	44,3	15,2	18,9
Тубинский	38,2	34,7	36,7	36,5	3,5	4,8
Среднее по сортам	42,4	43,5	43,0	43,0	9,1	11,6

Выполненный корреляционный анализ показал наличие стабильных сортовых различий в ССА по годам независимо от места выращивания овса и применяемой методики экстракции антиоксидантов из зерна, коэффициенты корреляции имели высокие значения (табл. 5). Другими словами, при выращивании овса в разные

годы, но в одном месте ССА у всех сортов изменялось однотипно и пропорционально, ранжирование сортов по ССА не нарушалось. Это позволяет предположить целесообразность возделывания в каком-либо определенном месте одного и того же конкретного сорта, обладающего максимальным ССА в зерне.

Таблица 3

**Среднее суммарное содержание спирторастворимых антиоксидантов в зерне образцов овса в зависимости от географического места выращивания**

Сорт	Краснотуранск	Бея	Шира	Среднее по пунктам	Амплитуда колебания признака по пунктам	Коэффициент вариации по пунктам, %
Аргумент	50,1	46	43,4	46,5	6,7	7,3
Голец	45,6	42,2	39,2	42,3	6,4	7,6
Саян	37,7	51,8	36,8	42,1	15,0	20,0
Сельма	39,3	40,8	51,5	43,9	12,2	15,2
Тубинский	35,4	30,9	37,5	34,6	6,6	9,7
Среднее по сортам	41,6	42,3	41,7	41,9	9,4	11,9

Таблица 4

**Суммарное содержание антиоксидантов в зерне 5 образцов овса в зависимости от года и географического места выращивания**

Образец	Суммарное содержание антиоксидантов в зерне (числитель – водорастворимые, знаменатель – спирторастворимые)					
	2015			2016		
	Краснотуранск	Бея	Шира	Краснотуранск	Бея	Шира
1	2	3	4	5	6	7
Аргумент	51,2/50,0	43,0/46,8	45,2/43,7	53,5/50,1	46,1/45,1	45,8/43,0
Голец	45,1/43,0	44,9/41,1	40,0/38,3	45,5/48,1	45,0/43,2	44,1/40,0

1	2	3	4	5	6	7
Саян	38,2/37,4	52,2/51,9	36,1/34,6	36,5/38,1	53,8/51,7	37,8/39,1
Сельма	38,0/37,0	38,1/36,8	52,8/50,8	39,4/41,6	42,5/44,8	55,0/52,3
Тубинский	41,3/36,9	33,3/29,9	30,1/34,9	35,2/34,0	36,2/31,8	43,2/40,2
Среднее по сортам	42,7/40,9	42,3/41,3	40,8/40,4	42,0/42,4	44,7/43,3	45,2/42,9

Таблица 5

**Коэффициенты корреляции между суммарным содержанием антиоксидантов в зерне у 5 сортов овса за 2015 и 2016 гг. в зависимости от места выращивания и метода экстракции**

Метод экстракции	Коэффициенты корреляции между ССА в зерне у 5 сортов овса		
	Краснотуранск	Бея	Шира
Вода	0,913	0,977	0,818
Спирт	0,870	0,903	0,947

Таблица 6

**Коэффициенты корреляции между суммарным содержанием антиоксидантов в зерне у 5 сортов овса для разных мест выращивания в зависимости от года выращивания и метода анализа**

Метод экстракции	Коэффициенты корреляции между ССА в зерне у сортов овса					
	2015			2016		
	Краснотуранск – Бея	Бея – Шира	Краснотуранск – Шира	Краснотуранск – Бея	Бея – Шира	Краснотуранск – Шира
Вода	0,0	0,0	0,078	0,163	-0,446	0,170
Спирт	0,384	-0,114	0,178	0,374	0,089	0,113

При смене географического места выращивания овса происходило изменение ССА в зерне, при этом связь нарушалась независимо от года выращивания и применяемой методики экстракции антиоксидантов из зерна, корреляция была слабой (табл. 6). Последнее приводило к изменению ранжирования сортов по ССА. Так, например, при выращивании овса в Краснотуранском ГСУ максимальное ССА было характерно для сорта Аргумент, при выращивании в Бейском ГСУ – для образца Саян, а в Ширинском ГСУ – для сорта Сельма (см. табл. 2, 3). Это позволяет предположить необходимость подбора сорта с максимальным ССА в зерне при возделывании овса в каком-либо новом месте.

### Выводы

1. Используемые методы экстракции с помощью воды и спирта показали практически

одинаковые результаты при измерении ССА в зерне образцов овса.

2. Максимальные уровни ССА в зерне были отмечены у овса, выращиваемого в Бейском ГСУ, а минимальные – в Краснотуранском.

3. Различия ССА в зерне при выращивании овса в разные годы практически отсутствовали.

4. Средние по пунктам выращивания уровни ССА в зерне у сорта Аргумент были максимальные, а у сорта Тубинский – минимальные.

5. При выращивании овса в разные годы, но в одном месте ССА у всех сортов изменялось однотипно и пропорционально, ранжирование сортов по ССА не нарушалось.

6. При выращивании овса в разных местах ССА у всех сортов изменялось непропорционально, ранжирование сортов по ССА значительно нарушалось.

## Литература

1. Полонский В.И., Сумина А.В., Шалдаева Т.М. Оценка содержания антиоксидантов в зерне ячменя и овса на основе его физических показателей // Вестн. КрасГАУ. – 2016 а. – № 8. – С. 59–64.
2. Полонский В.И., Сумина А.В., Шалдаева Т.М. Зависимость суммарного содержания антиоксидантов в зерне ячменя и овса сибирской селекции от условий выращивания // Вестн. КрасГАУ. – 2016 б. – № 9. – С. 72–81.
3. Федина П.А., Яшин А.Я., Черноусова Н.И. Определение антиоксидантов в продуктах растительного происхождения амперометрическим методом // Химия растительного сырья. – 2010. – № 2. – С. 91–97.
4. Яшин А.Я. и др. Определение природных антиоксидантов в пищевых злаках и бобовых культурах // Аналитика. – 2012. – № 1. – С. 32–36.
5. Flavonoid Contents and Antioxidant Activity in Fruit, Vegetables and Other Types of Food / J.C.P Calado, P.A. Albertão, E.A. de Oliveira, M.H.S. Letra, A.C.H. Sawaya, M.C. Marcucci // Agricultural Sciences. – 2015. – V. 6. – № 2. – P. 426–435.
6. Dias J.S. Nutritional Quality and Health Benefits of Vegetables: A Review // Food and Nutrition Sciences. – 2012. – V. 3. – P. 1354–1374.
7. Dykes, L., Rooney L.W. Phenolic Compounds in Cereal Grains and Their Health Benefits // Cereal Foods of World. – 2007. – V. 32. – № 1. – P. 105–111.
8. Fardet A., Rock E., Rémésy C. Is the in vitro antioxidant potential of whole-grain cereals and cereal products well reflected in vivo? // Journal of Cereal Science. – 2008. – V. 48. – № 2. – P. 258–276.
9. Direct measurement of total antioxidant capacity of cereals: QUENCHER-CUPRAC method / A.N. Tufan, S.E. Çelik, M. Özyürek, K. Güçlü, R. Apak // Talanta. – 2013. – V. 108. – № 4. – P. 136–142.
10. Antioxidant activity of small grain cereals caused by phenolics and lipid soluble antioxidants / S. Zilic, V.H.T. Šukalović, D. Dodig, V. Maksimović, M. Maksimović, Z. Basić // Journal of Cereal Science. – 2011. – Vol. 54. – № 3. – P. 417–424.

## Literatura

1. Polonskij V.I., Sumina A.V., Shaldaeva T.M. Ocenka sodержaniya antioksidantov v zerne jachmenja i ovsa na osnove ego fizicheskikh pokazatelej // Vestn. KrasGAU. – 2016 а. – № 8. – S. 59–64.
2. Polonskij V.I., Sumina A.V., Shaldaeva T.M. Zavisimost' summarnogo sodержaniya antioksidantov v zerne jachmenja i ovsa sibirskoj selekcii ot uslovij vyrashhivaniya // Vestn. KrasGAU. – 2016 б. – № 9. – S. 72–81.
3. Fedina P.A., Jashin A.Ja., Chernousova N.I. Opredelenie antioksidantov v produktah rastitel'nogo proishozhdenija ampere-metricheskim metodom // Himija rastitel'nogo syr'ja. – 2010. – № 2. – S. 91–97.
4. Jashin A.Ja. i dr. Opredelenie prirodnyh antioksidantov v pishhevyyh zlakah i bobovyh kull'turah // Analitika. – 2012. – № 1. – S. 32–36.
5. Flavonoid Contents and Antioxidant Activity in Fruit, Vegetables and Other Types of Food / J.C.P Calado, P.A. Albertão, E.A. de Oliveira, M.H.S. Letra, A.C.H. Sawaya, M.C. Marcucci // Agricultural Sciences. – 2015. – V. 6. – № 2. – P. 426–435.
6. Dias J.S. Nutritional Quality and Health Benefits of Vegetables: A Review // Food and Nutrition Sciences. – 2012. – V. 3. – P. 1354–1374.
7. Dykes, L., Rooney L.W. Phenolic Compounds in Cereal Grains and Their Health Benefits // Cereal Foods of World. – 2007. – V. 32. – № 1. – P. 105–111.
8. Fardet A., Rock E., Rémésy C. Is the in vitro antioxidant potential of whole-grain cereals and cereal products well reflected in vivo? // Journal of Cereal Science. – 2008. – V. 48. – № 2. – P. 258–276.
9. Direct measurement of total antioxidant capacity of cereals: QUENCHER-CUPRAC method / A.N. Tufan, S.E. Çelik, M. Özyürek, K. Güçlü, R. Apak // Talanta. – 2013. – V. 108. – № 4. – P. 136–142.
10. Antioxidant activity of small grain cereals caused by phenolics and lipid soluble antioxidants / S. Zilic, V.H.T. Šukalović, D. Dodig, V. Maksimović, M. Maksimović, Z. Basić // Journal of Cereal Science. – 2011. – Vol. 54. – № 3. – P. 417–424.