

УДК 633.174.1:631.527:632

**Оценка коллекции сахарного сорго по хозяйственно-ценным признакам***Степанченко В.И., Бочкарева Ю.В., Степанченко Д.А., Семин Д.С., Кибальник О.П.,  
Кибальник С.В.**РосНИИСК «Россорго»***Аннотация**

*В статье обсуждены вопросы селекции на устойчивость образцов сахарного сорго к инфекциям. Проанализирован исходный материал, показаны взаимосвязи между хозяйственно-ценными признаками и элементами продуктивности. Исследования проводились в 2021–2022 гг. на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», согласно государственному заданию Министерства сельского хозяйства РФ №082-00219-21-00, №082-00084-22-00. В последние годы из-за сильного поражения болезнями посевы сорго стали накопителями многих инфекций, поэтому получение здорового семенного материала является одним из важных направлений в селекции. В связи с этим целью исследований являлась оценка селекционных, хозяйственно-ценных параметров семенного материала местной и инорайонной селекции, а также его устойчивости к заболеваниям. Кластеризация по минимуму евклидовых расстояний позволила сгруппировать сортообразцы по мере сходства по 7 изучаемым признакам и всесторонне оценить сортообразцы по всей совокупности параметров. Полученные результаты используются при подборе компонентов скрещиваний (родительских форм) в селекции сорговых гибридов. В качестве исходного материала рекомендуется включать сортообразцы, входящие в 1, 3, 4, 5, 12 и 14 кластеры.*

**Ключевые слова:** СОРГО, ЛИНИИ, КЛАСТЕРЫ, УРОЖАЙНОСТЬ, ДЛИНА, ПЛОЩАДЬ

**Введение**

В современных реалиях постоянно изменяющегося климата сорговые культуры занимают важное место. Сахарное сорго является уникальной сельскохозяйственной культурой, обладающей жаростойкостью, засухоустойчивостью, высокой урожайностью,

меньшей требовательностью к питательным веществам и почвам, солеустойчивостью и способностью произрастать в критических складывающихся климатических условиях, а также высокой экологической пластичностью, универсальностью использования [1, 2]. Оно возделывается даже на засоленных почвах, которые часто встречаются в засушливых зонах. Будучи характерным ксерофитом, оно незначительно теряет влагу при транспирации, эффективно использует имеющиеся запасы почвенной влаги и по степени засухоустойчивости оно относится к числу уникальных растений [3, 4]. Сорго превосходит кукурузу по урожайности зеленой массы, а иногда и зерна при возделывании без орошения в районах с годовым количеством осадков менее 500 мм [5, 6].

Селекционная оценка хозяйственно-полезных показателей растений полевых культур часто сопровождается изучением взаимосвязей признаков, что помогает исследователям в достижении ранней диагностики большей продуктивности изучаемого материала [7, 8]. В связи с этим установление взаимосвязей между количественными, качественными признаками и урожайностью биомассы сахарного сорго является актуальной задачей.

### **Материал и методы**

Исследования по теме работы выполнялись в 2021-2022 гг., испытания проводились на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Посев осуществлялся по черному пару кассетной сеялкой СКС-6-10, во второй-третьей декаде мая. Повторность - трехкратная. Общая площадь делянки – 7,7 м<sup>2</sup> (длина рядка 5,5 м, ширина междурядий 70 см). Густота стояния – 100 тыс. растений/га. Почва опытного поля является типичной для сухих черноземных степей Юго-Востока России и представлена черноземом южным со среднесуглинистым механическим составом. Агротехника выращивания – зональная.

Для проведения исследований была проанализирована коллекция из 432 образцов сахарного сорго по резистентности к патогенам, из которых выявлены 45 номеров, обладающих наибольшей устойчивостью. Именно эти образцы были включены в дальнейшие исследования по оценке комплекса селекционно-ценных признаков. Результаты исследований подвергались статистической обработке. Анализ проводили по Б.А. Доспехову на ПК в программе Agros версии 2.09 при помощи дисперсионного анализа методом неорганизованных повторений и кластерного анализа в растениеводстве и селекции [9].

К основным элементам учета относились частота встречаемости или распространенность болезни ( $P$ ) и развитие, или интенсивность развития болезни ( $I$ ). Распространенность болезни выражалась в процентах и рассчитывалась по формуле:

$$P = n \times 100 / N, \quad (1)$$

где  $P$  – распространенность болезни, в %;

$N$  – общее число обследованных растений в пробе;

$n$  – количество больных растений в пробе.

Велись регулярные наблюдения за фазами развития опытных растений.

Развитие, или интенсивность развития болезней, отражающих среднюю интенсивность поражения, определяли по формуле А. Е. Чумакова, Т. И. Захаровой (1990):

$$R = \sum (a * b) / N, \quad (2)$$

где  $R$  – развитие болезни, в % или баллах;

$\sum (a * b)$  – сумма произведений числа растений на соответствующий % или балл поражения;

$N$  – общее количество учтенных растений (здоровых и больных) [10].

Оценку интенсивности развития или степени поражения растений, проводили по 4-х балльной шкале: 0 – отсутствие признаков болезни; 1 балл – единичные штрихи, слабое побурение подземного междоузлия и узловых корней; 2 балла – сильное побурение подземного междоузлия и узловых корней; 3 балла – сильное почернение междоузлия, трухлявость [3].

Распространенность болезни оценивали по количеству растений (%) с признаками заболевания от их общего числа в пробе. При оценке устойчивости сортов сорго к полосатой пятнистости использовался интегральный показатель – индекс поражения (ИП)

$$\text{ИП} = P/100 \times I/100 \quad (3)$$

Учеты и оценка хозяйственно-ценных признаков проводились согласно Широкого унифицированного классификатора СЭВ и международного классификатора СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum Moench* [11]. Содержание водорастворимых сахаров определяли в полевых условиях экспресс-методом при помощи портативного рефрактометра - RL-2.

Годы исследований различались погодными условиями. В 2021 году за период вегетации растений сумма активных температур составила 2835<sup>0</sup>С, осадки – 176,7 мм,

показатель ГТК – 0,62. Вегетационный период 2022 года оказался более прохладным и влажным, сумма активных температур – 2516<sup>0</sup>С, осадки – 198,2 мм, показатель ГТК – 0,75.

### Результаты исследований

Селекционная работа тесно связана с постоянным поиском новых источников хозяйственно-ценных признаков. Для этого в коллекционном питомнике сахарного сорго собраны перспективные линии, отборы, образцы мировой коллекции ВИР, сорта местной и инорайонной селекции (432 образца), которые оценивались по комплексу параметров, в том числе высота растений при созревании, площадь флагового и наибольшего листа, длина метелки, выдвинутость ножки метелки, содержание сахаров в соке стебля, урожайность биомассы и устойчивость к основным видам патогенов.

Поиск новых источников устойчивости к заболеваниям у сорговых культур является важным направлением селекции. Это обусловлено тем, что сорго, как и другие сельскохозяйственные растения, поражается целым рядом заболеваний грибной, бактериальной и вирусной этиологии, способных существенно ограничить возможность полной реализации высокого биопродукционного потенциала этой культуры [12, 13]. В этой связи высокую значимость имеет оценка коллекционных образцов по резистентности к фитопатогенам. На рис. 1 представлено процентное соотношение резистентных образцов сахарного сорго и пораженных основными видами патогенов.

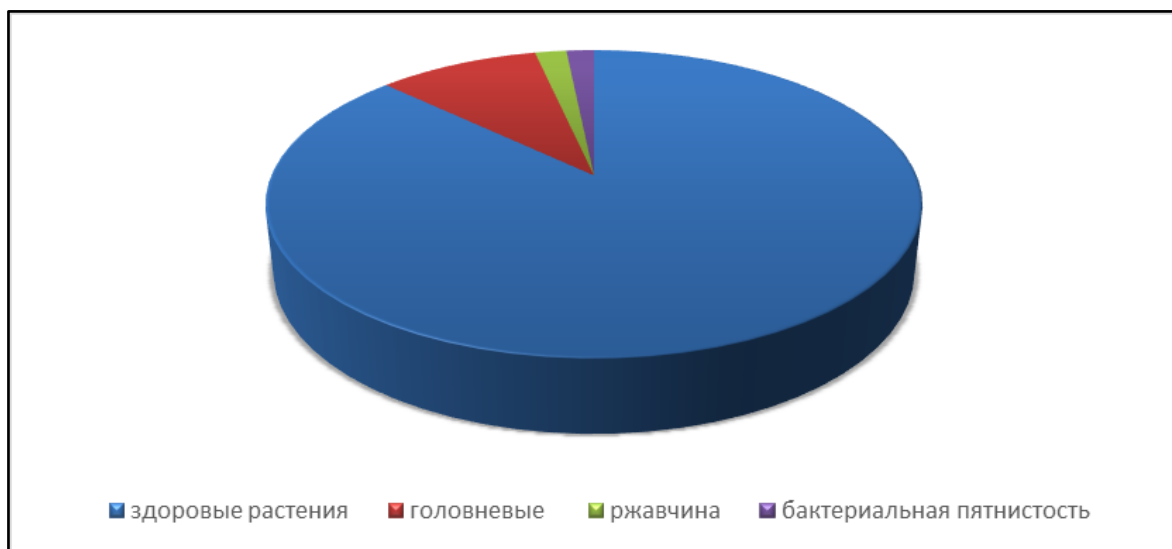


Рис. 1. Соотношение образцов сахарного сорго, пораженных основными видами патогенов, %

Наибольшее количество изучаемых образцов (87%) проявили устойчивость ко всем видам возбудителей болезней, в число которых вошли сорта, линии, отборы местной селекции. 9% от общего числа образцов были поражены грибными заболеваниями. Это, по большей части, образцы мировой коллекции ВИР: К-3886, К-3852, Кинельское 4, К-4573, Зерноградский янтарь, К-920, Кинельское 3, К-1801, К-581, К-3050, К-1502. Повреждения ржавчиной и полосатой бактериальной пятнистостью были незначительными - на уровне 2%.

Из числа образцов, являющихся источником устойчивости к основным видам патогенов, были выявлены 45 наиболее перспективных для дальнейшего всестороннего изучения исходного материала по важнейшим селекционно-ценным признакам. Статистический анализ данных, сгруппированных по кластерам, позволил выявить достоверные различия. Кластеризация лучших коллекционных образцов сахарного сорго по минимуму евклидовых расстояний позволила построить дендрограмму (рис. 2).

Матрица экспериментальных данных включает 45×7 параметров. Кластерный анализ по минимуму евклидовых расстояний, рассмотренный на 31 шаге итерации, позволил выделить 15 кластеров:

**1 кластер:** к-2595, к-2963, к-533, к-257, к-1626, к-166, к-5529, к-279, к-4917, к-9502;

**2 кластер:** к-6, к-470, к-3852, к-1693, к-1801, к-4573;

**3 кластер:** к-302, к-327;

**4 кластер:** к-920, к-1625, к-1502, к-1435, к-10830, к-1880, к-10832;

**5 кластер:** к-164;

**6 кластер:** к-64, к-10524;

**7 кластер:** к-9232, к-10820;

**8 кластер:** к-175, к-3750, к-9916;

**9 кластер:** к-1783, к-3886, к-256с, к-581, к-4569;

**10 кластер:** к-302, к-4908;

**11 кластер:** к-3050;

**12 кластер:** к-256;

**13 кластер:** к-10092;

**14 кластер:** к-3859;

**15 кластер:** к-4923.

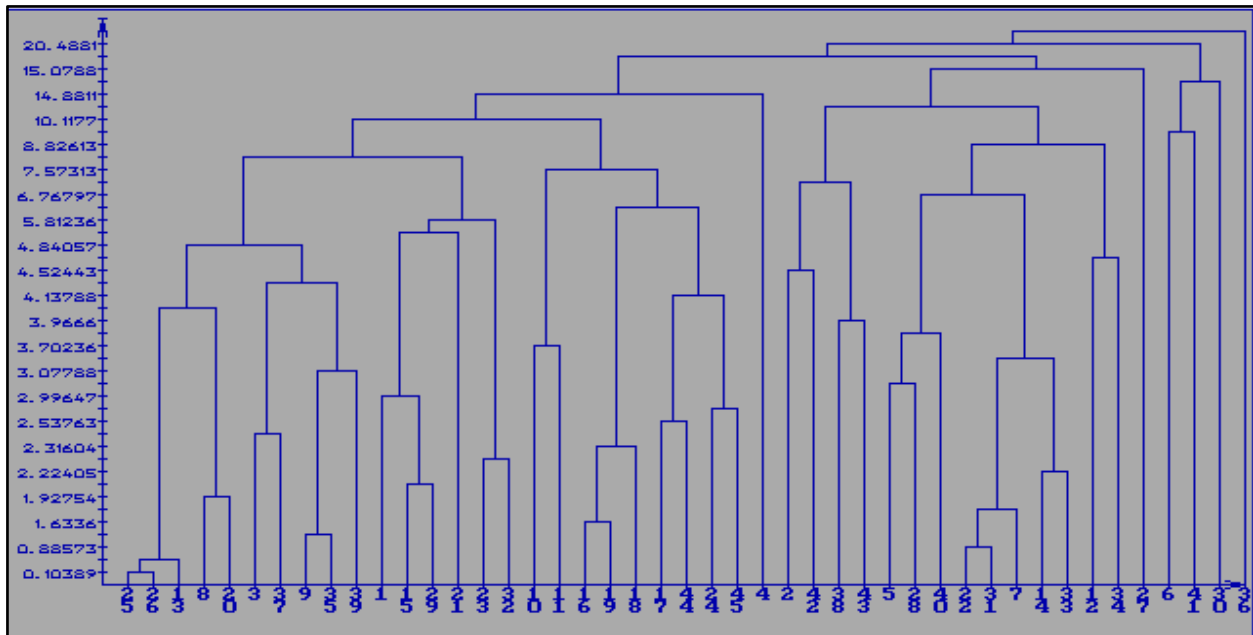


Рис. 2. Кластеризация лучших сортообразцов сахарного сорго, среднее за 2021–2022 гг.

*Примечание:* 1. к-6; 2. к-64; 3. к-166; 4. к-164; 5. к-175; 6. к-256; 7. к-256С; 8. к-257; 9. к-279; 10. к-302; 11. к-327; 12. к-457; 13. к-533; 14. к-581; 15. к-470; 16. к-920; 17. к-1435; 18. к-1502; 19. к-1625; 20. к-1626; 21. к-1693; 22. к-1783; 23. к-1801; 24. к-1880; 25. к-2595; 26. к-2963; 27. к-3050; 28. к-3750; 29. к-3852; 30. к-3859; 31. к-3886; 32. к-4573; 33. к-4569; 34. к-4908; 35. к-4917; 36. к-4923; 37. к-5529; 38. к-9232; 39. к-9502; 40. к-9916; 41. к-10092; 42. к-10524; 43. к-10820; 44. к-10830; 45. к-10832.

Достоверность различий изучаемых признаков, сгруппированных по кластерам, подтверждена дисперсионным анализом. По изучаемым признакам нулевая гипотеза отвергается, то есть выявлены значимые различия.

По признаку «высота растений при созревании» с наибольшим количеством различий выделились 3, 10 и 11 кластеры (табл. 1). Диапазон варьирования признака составил от 133,9- 219,7 см. Площадь листьев (флагового и наибольшего) можно отнести к таким параметрам, которые тесно связаны корреляционными связями с фотосинтетической деятельностью растений и урожайностью зеленой массы. Оптимальная площадь листьев, сформированная в период их развития, в конечном итоге влияет на величину урожая растений. По площади флагового листа выделился 1 кластер с 11 различиями, а также 9 и 13 кластеры с 10 различиями, в то время как по урожайности биомассы выделился 12 кластер (13 различий) и 3 кластер (10 различий).

Степанченко В.И., Бочкарева Ю.В., Степанченко Д.А., Семин Д.С., Кибальник О.П., Кибальник С.В. Оценка коллекции сахарного сорго по хозяйственно-ценным признакам

Электронный научно-производственный журнал  
«АгроЭкоИнфо»

Таблица 1. Статистическая обработка средних значений лучших сортообразцов по селекционно-ценным признакам коллекции ВИР сахарного сорго, сгруппированных по кластерам, 2021–2022 гг.

Кластер	Высота растений при созревании, см	Площадь листа, см <sup>2</sup>		Длина метелки, см	Выдвинутость ножки метелки, см	Содержание сахаров в соке стебля, %	Урожайность биомассы, т/га
		флагового	наибольшего				
1	175,0efgh**	80,5defgh	198,3de	22, 9efgh	18,0h	12,41efgh	16,00abcde
2	175,9fgh	58,1abc	212,6efg	23,7gh	11,0def	10,60defg	17,97cdef
3	219,7i	87,4efghi	261,7h	24,7hi	15,6fgh	10,55defg	24,58gh
4	184,5gh	95,1hi	248,1fgh	24,7h	12,6efg	10,09cdefg	19,60defg
5	177,1fgh	91,6hi	145,2abc	27,9i	24,5i	15,55hi	13,20abc
6	165,9defg	101,4i	174,7cde	20,6bcdefg	16,4gh	7,12cd	13,88abc
7	152,7abcd	88,3fghi	174,4cde	22,1cdefgh	7,4bcd	6,85cd	11,18a
8	140,1ab	69,4cd	112,2a	22,7defgh	15,9fgh	8,53cdefg	11,43a
9	153,8abcd	68,6bcd	164,7bcd	18,4ab	16,4gh	12,62fgh	13,23abc
10	133,9a	54,4ab	172,0cde	15,7a	12,8efgh	5,93bc	11,83a
11	136,4a	101,7i	127,3ab	15,2a	14,3fgh	0,00a	11,80a
12	190,4h	61,4abc	248,5gh	23,6fgh	1,7a	12,90gh	26,90h
13	185,2gh	46,9a	213,6efg	15,9a	4,2abc	7,60cd	21,50fg
14	158,4bcdef	59,3abc	195,0de	15,4a	8,1cde	18,70i	17,60bcdef
15	163,6cdefg	90,5ghi	316,5i	15,7a	8,9ab	2,15ab	20,90efg
F <sub>факт.</sub>	9,29*	12,39*	11,83*	9,37*	8,84*	5,86*	6,02*
НСР <sub>05</sub>	19,09	13,19	38,36	3,16	4,61	4,01	4,75

Примечание: \*- степень достоверности на 0,05% уровне значимости; \*\* - буквами обозначен критерий Дункана, показывающий различия между кластерами.

Вариабельность параметра флагового листа составила 46,9–101,7 см<sup>2</sup>, а по урожайности биомассы фиксируется размах варьирования 11,18 т/га–24,58 т/га. Диапазон варьирования площади наибольшего листа составил 112,2–316,5 см<sup>2</sup>. Наибольшее количество различий (11 и более) наблюдалось у 3,4,8,11,12 и 14 кластеров. Сорговый генофонд культуры представлен большим количеством форм, размеров метелки, а также окраской семян. Принято считать, что чем больше параметры метелки, тем более продуктивный образец. Наибольшее число различий (13) наблюдалось у 5 кластера. По содержанию сахаров в соке стеблей образцов сахарного сорго интервал изменялся в пределах от 0 до 18,7 %. Наибольшее количество различий наблюдалось у 15,14 и 11 кластеров.

### Заключение

Разносторонняя оценка генофонда сахарного сорго помогает выделить образцы для использования в разных направлениях сельского хозяйства. Самыми устойчивыми растениями к поражению патогенами были образцы местной селекции. Лучшие образцы коллекции ВИР были подвергнуты кластерному анализу. В 1 кластер вошли 10 образцов коллекции, характеризующиеся растениями со средней площадью флагового листа (80,5 см<sup>2</sup>) и со средней урожайностью биомассы (16,0 т/га). Во второй и шестой кластеры вошли растения со средними показателями по всем признакам. Третий кластер характеризуется высокорослыми растениями (219,7 см) с хорошей облиственностью (площадью наибольшего листа – 261,7 см<sup>2</sup>) и высокой урожайностью биомассы (24,58 т/га). Четвертый кластер характеризуется крупным соцветием (24,7 см). Пятый кластер представлен одним образцом и характеризуется мощной метелкой (27,9 см) и вытянутой ножкой метелки (24,5 см). У растений седьмого кластера преобладает небольшая ножка метелки (7,4 см). Восьмой кластер характеризуется небольшой площадью наибольшего (112,2 см<sup>2</sup>), а девятый – площадью флагового листа (68,6 см<sup>2</sup>). Десятый и одиннадцатые кластеры выделились низкорослостью растений 133,9 и 136,4 см и минимальным содержанием сахаров в соке стебля – 5,93 и 0 соответственно. Растения 12 кластера имеют крупные параметры наибольшего листа (248,5 см<sup>2</sup>), маленькую выдвинутость ножки метелки (1,7 см) и наибольшую урожайности биомассы (26,9 т/га). В тринадцатый кластер входят растений с минимальным значением площади флагового листа (46,9 см<sup>2</sup>) и небольшой ножкой метелки



(4,2 см). Четырнадцатый кластер характеризуется высоким содержанием сахаров в соке стебля (18,7%). В пятнадцатый кластер вошли растения, формирующие площадь наибольшего листа 316,5 см<sup>2</sup>, с небольшой ножкой метелки – 8,9 см<sup>2</sup> и с небольшим содержанием сахаров в соке стебля (2,15%). Полученные результаты используются при подборе компонентов скрещиваний (родительских форм) в селекции сорговых гибридов. В качестве исходного материала в селекционный процесс рекомендуется включать сортообразцы, входящие в 1, 3, 4, 5, 12 и 14 кластеры.

#### Список использованных источников:

1. Алборова П.В., Базаева Л.М., Ханаева Д.К., Козырев А.Х. Биологические средства защиты растений: учебно-методическое пособие/ под ред. П.В. Алборова. – Владикавказ, 2022. – 142 с.
2. Золкин А.Л., Матвиенко Е.В. Новые технологии и методы оздоровительного действия против вредных объектов: монография – Москва: Русайнс, 2023. – 112 с. – ISBN 978-5-466-03288-8.
3. Кинчарова М.Н., Матвиенко Е.В. Эффективность предпосевной обработки семян в борьбе с болезнями зернового сорго/ Аграрный вестник Урала. – 2021. – № 9(212). – С. 2-10.
4. Kovtunova N.A. The use of sweet sorghum as a source of nutritious substances for human (literature review)/ N.A. Kovtunova, V.V. Kovtunov // Grain Economy of Russia. – July 2019, DOI:10.31367/2079-8725-2019-63-3-3-9.
5. Косов В.В. Прогноз и выявление вредителей и болезней сельскохозяйственных растений: монография – Колос, 1958. – 632 с.
6. Лацоев М.М. Болезни суданской травы и меры борьбы с ними: в сборнике: Научные труды студентов горского государственного аграрного университета. – Владикавказ, 2023. – С. 78-80.
7. Кибальник О.П., Ларина Т.В. Кластерный анализ компонентов скрещиваний для создания новых засухоустойчивых гибридов зернового сорго / Сельскохозяйственный журнал. – 2023. – № 1(16). – С. 25-33. DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/003.1.16.2023
8. Куколева С.С. Использование кластерного анализа в селекции суданской травы / Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – №12-1(114). – С. 129-133. DOI 10.23670/IRJ.2021.114.12.020.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта – Колос, 2011. – 336 с.
10. Ханаева Д.К. Фитопатология. - Владикавказ: ГГАУ, 2021. - 32 с.
11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М., 1971. – Вып.1. – 225 с.

Степанченко В.И., Бочкарева Ю.В., Степанченко Д.А., Семин Д.С., Кибальник О.П., Кибальник С.В.

Оценка коллекции сахарного сорго по хозяйственно-ценным признакам

.....  
*Электронный научно-производственный журнал*

**«АгроЭкоИнфо»**  
=====

11. Матвиенко Е.В. Болезни сорго в лесостепи Среднего Поволжья и мероприятия, ограничивающие их развитие: автореф. дис. канд. биол. наук: 06.01.05/ Матвиенко Евгений Владимирович. – Кинель, 2015. – С. 21.

13. Силаев А.И. Период восприимчивости сорго к головневым заболеваниям // Защита и карантин растений. – 2005. – № 7. – С. 42-43.  
=====

**Цитирование:**

Степанченко В.И., Бочкарева Ю.В., Степанченко Д.А., Семин Д.С., Кибальник О.П., Кибальник С.В. Оценка коллекции сахарного сорго по хозяйственно-ценным признакам [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 5. – Режим доступа: [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/5/st\\_501.pdf](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/5/st_501.pdf).  
DOI: <https://doi.org/10.51419/202135501>.