

DOI: 10.31676/0235-2591-2024-5-15-21

Влияние абиотических факторов на массу и химические показатели ягод смородины черной

Е. Г. Акуленко, С. М. Островская, Н. Н. Новикова, Г. Л. Яговенко

Всероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии им. В. Р. Вильямса», Брянская область, п. Мичуринский, Россия

ORCID: Акуленко Е. Г. – 0000-0002-0173-1230,

Островская С. М. – 0009-0004-4494-8570,

Новикова Н. Н. – 0009-0004-9606-43-55,

Яговенко Г. Л. – 0000-0003-3205-230X

Резюме. Представлены результаты изучения зависимости массы и биохимических показателей ягод 20 отборных форм смородины черной (*Ribes nigrum* L.) селекции ВНИИ люпина от погодных условий. Фиксирование содержания витамина С, суммы сахаров, кислот и массы ягод проводили в лаборатории отдела плодводства ВНИИ люпина. Методика проведения исследований была общепринятой. Определение содержания витамина С в ягодах проводили йодометрическим методом – титрованием 0,001N йодатом калия в присутствии 1 % раствора йодистого калия; определение суммы сахаров по Бертрану – ГОСТ 13192-73; общей кислотности – титрованием водной вытяжки 0,1N раствором щелочи – ГОСТ 25555.5-82. Разнообразии погодных условий в период исследований позволило определить наиболее благоприятный год для формирования массы ягод и накопления в них биохимических компонентов. Для формирования массы ягод наиболее благоприятным был 2021 г. За годы исследований средняя масса ягод варьировала от 1,7 до 2,8 г. Самыми крупноплодными (2,6-2,8 г) с высоким уровнем гомеостатичности ($V < 10\%$) были формы 8-3-155, 8-3-176, 8-3-137. Корреляционный анализ показал сильную положительную зависимость массы ягод от суммы осадков ($r=0,99$) и слабую положительную корреляцию от суммы активных температур ($r=0,21$). Накопление витамина С в среднем по отборным формам колебалось от 96 до 208 мг/100 г. Наиболее витаминными с небольшой изменчивостью по годам ($V < 10\%$) были формы 8-3-14 (195 мг/100 г), 7-2-157 (205 мг/100 г), 7-19-100 (208 мг/100 г). Выявлена сильная обратная связь ($r=-0,98$) между суммой активных температур и накоплением витамина С в ягодах. Большее накопление сахаров отмечено в 2022 г. За весь изучаемый период этот признак варьировал от 5,7 до 8,5 %. Высоким и стабильным накоплением сахаров ($V < 10\%$) отличились селекционные номера 6-15-65 (8,2 %), 8-3-171 (8,2 %), 8-3-129 (8,3 %), 8-3-113 (8,5 %). Выявлена сильная положительная корреляция между накоплением сахаров и суммой активных температур воздуха в мае-июле ($r=0,99$). Содержание кислот в среднем по образцам варьировало от 1,4 до 2,5 %. Стабильно низкой кислотностью (1,4-1,9 %) отличились генотипы 8-3-176, 8-3-110, 8-3-129, 8-3-113, 8-3-125, 7-18-31. Корреляционный анализ показал сильную положительную зависимость общей кислотности от суммы осадков ($r=0,99$).

Ключевые слова: смородина черная, отборная форма, биохимический состав, температура воздуха, осадки, гидротермический коэффициент.

Адрес для переписки:

Акуленко Елена Георгиевна

Всероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии им. В. Р. Вильямса», ул. Березовая, д. 2, п. Мичуринский, Брянская область, 241524, Россия
lupin.plodopr@mail.ru

Address for correspondence:

Elena G. Akulenko

All-Russian Lupin Scientific Research Institute – branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, 2, Berezovaya str., Michurinsky village, Bryansk region, 241524, Russia

lupin.plodopr@mail.ru

Образец цитирования:

Акуленко Е. Г., Островская С. М., Новикова Н. Н., Яговенко Г. Л. Влияние абиотических факторов на массу и химические показатели ягод смородины черной. Садоводство и виноградарство. 2024;5:15-21

doi: 10.31676/0235-2591-2024-5-15-21

© Акуленко Е. Г. и др., 2024

For citation:

Akulenko E. G., Ostrovskaya S. M., Novikova N. N., Yagovenko G. L. Influence of abiotic factors on the weight and chemical properties of black currant berries. Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2024;5:15-21

doi: 10.31676/0235-2591-2024-5-15-21

Influence of abiotic factors on the weight and chemical properties of black currant berries

E. G. Akulenko, S. M. Ostrovskaya, N. N. Novikova, G. L. Yagovenko

All-Russian Lupin Scientific Research Institute – branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, Bryansk region, Michirinsky village, Russia

ORCID: Akulenko E. G. – 0000-0002-0173-1230,

Ostrovskaya S. M. – 0009-0004-4494-8570, Novikova N. N. – 0009-0004-9606-43-55,

Yagovenko G. L. – 0000-0003-3205-230X

Abstract. The paper presents results of the study into the correlation between the weather conditions and weight as well as biochemical properties of berries from 20 selected cultivars of black currant (*Ribes nigrum* L.) bred in the Lupin Russian Research Institute. The content of vitamin C, total sugars, organic acids, and berry weight were measured in the laboratory of the Horticulture Department, the Lupin Russian Research Institute. Standard study methodologies involved measuring vitamin C content in the berries by iodometric method (titration with 0.001N potassium iodate in the presence of a 1 % potassium iodide solution); assessing total sugar by Bertrand method as per GOST 13192-73; estimating the total acidity by titration of the aqueous extract with 0.1N alkaline solution in accordance with GOST 25555.5-82. The diversity of weather conditions during the study period allowed for identification of the most favorable year for berry weight gain and the accumulation of biochemical properties. The year 2021 proved to be the most advantageous for berry weight gain. Throughout the years of study, the average berry weight ranged from 1.7 to 2.8 grams. The genotypes 8-3-155, 8-3-176, and 8-3-137 appear to be the largest fruit-bearing forms with weights ranging from 2.6 to 2.8 grams, exhibiting a high level of homeostasis ($V < 10\%$). Correlation analysis revealed a strong positive dependence of berry weight on total precipitation ($r = 0.99$) and a weak positive correlation with the sum of active temperatures ($r = 0.21$). The accumulation of vitamin C in the selected forms ranged from 96 to 208 mg/100 g. The most vitamin-rich forms, exhibiting low variability over the years ($V < 10\%$), included 8-3-14 (195 mg/100 g), 7-2-157 (205 mg/100 g), and 7-19-100 (208 mg/100 g). A strong negative correlation ($r = -0.98$) was found between the sum of active temperatures and the accumulation of vitamin C in the berries. A higher accumulation of sugars was observed in 2022. Throughout the study period, this indicator varied from 5.7 % to 8.5 %. Selection numbers 6-15-65 (8.2 %), 8-3-171 (8.2 %), 8-3-129 (8.3 %), and 8-3-113 (8.5 %) were marked with high and stable sugar accumulation ($V < 10\%$). A strong positive correlation was found between sugar accumulation and the sum of active air temperatures from May to July ($r = 0.99$). The average acid content across the samples ranged from 1.4 % to 2.5 %. The genotypes 8-3-176, 8-3-110, 8-3-129, 8-3-113, 8-3-125, and 7-18-31 demonstrated consistent low acidity (from 1.4 % to 1.9 %). Correlation analysis revealed a strong positive relationship between total acidity and precipitation ($r = 0.99$).

Keywords: black currant, selected form, biochemical composition, air temperature, precipitation, hydrothermal coefficient.

Введение

Смородина черная – одна из важных и известных ягодных культур. Она ценится за раннее плодоношение, высокую урожайность, устойчивость к зимним холодам и возвратным заморозкам, простоту размножения, возможность полностью механизировать выращивание и сбор урожая, продление периода потребления свежих ягод (с июня по август), подходит для различных способов технологической переработки [1-10]. В ее ягодах содержится большой набор витаминов и биологически активных веществ, необходимых для здорового питания человека [11-13]. Известно, что включение в рацион 100 г свежих ягод смородины черной позволяет получить рекомендуемую суточную норму витамина С, 10 % от потребности организма в калии, пищевых волокнах и антоцианах [14]. Плоды практически полностью сохраняют свои питательные свойства после замораживания [15]. Повышение содержания витаминов в ягодах – одно из приоритетных направлений в селекционных программах по смородине черной и другим сельскохозяйственным культурам [16-17].

Уровень накопления витаминов и биологически активных веществ является фенотипическим проявлением генотипа, однако у одного и того же сорта показатели биохимических элементов могут колебаться

в зависимости от погодно-климатических условий и географического нахождения [18-20]. Результаты нашего исследования влияния погодных условий на массу и биохимический состав ягод смородины черной во многом согласуются с данными других исследователей [21-28]. Целью исследования является сравнительная оценка массы и биохимических показателей ягод отборных форм смородины черной селекции ВНИИ люпина в зависимости от погодных условий.

Материал и методика исследований

Исследования проводились в 2021-2023 гг. в биохимической лаборатории отдела плодоводства ВНИИ люпина (Брянская область). Объектами исследования были 20 новых отборных форм смородины черной. Плоды для анализа отбирали в оптимальной зрелости, без повреждений вредителями и болезнями. Методологической основой исследовательской работы послужила «Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [29]. Содержание витамина С в ягодах определяли методом йодометрии, путем титрования 0,001 % раствора йодида калия; общую кислотность – путем титрования водных экстрактов 0,1 н. раствором щелочи (ГОСТ 25555.0-82); общий сахар – по Бертрону (ГОСТ 13192-73).

Метеорологические данные за вегетационные периоды с мая по июль (от начала цветения до полного созревания ягод) предоставлены ФГБУ «УГМС», метеостанцией Брянского района п. Мичуринский.

Статистическую обработку полученного материала проводили согласно методике Доспехова Б. М. (1985). Определение степени зависимости массы и биохимического состава ягод от погодных условий рассчитаны с использованием компьютерной программы Microsoft Excel.



Рис. 1. Сумма активных температур и ГТК (2021–2023 гг.)
Fig. 1. Accumulated active temperatures and hydrothermal coefficient (2021–2023)

В мае-июне 2021 г. температура воздуха на 1,2–5,0 °C была выше среднееголетней при недостаточном количестве осадков, особенно в период созревания плодов (48 % от нормы), а ГТК в этот период составлял 0,9. Во II декаде июня температура днем поднималась до +34 °C при абсолютном отсутствии осадков.

В 2022 г. май был сырым и холодным. Цветение смородины черной произошло на 10 дней позже обычного. Сумма активных температур в этот период была 260,7 °C (на 2,1–3,6 °C ниже среднееголетней), а ГТК – 3,0. Эти климатические колебания негативного влияния на растения не оказали, но задержали период созревания в среднем по сортам на 7–12 дней. Дальнейшее потепление (на 1,6–2,5 °C выше среднееголетних) и выпадение осадков (ГТК июнь-июль – 1,3) в фазу формирования и созревания положительно сказалось на массе ягод.

В апреле 2023 г. наблюдался дефицит влаги, и только в III декаде прошли ливневые дожди.

Таблица 1. Метеорологические условия, масса и биохимические показатели ягод смородины черной (2021–2023 гг.)
Table 1. Meteorological conditions, berry weight, and biochemical properties of black currants (2021–2023)

Показатели	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Сумма активных температур, °C (май-июль)	1446,1	1561,9	1449,6
Сумма осадков, мм (май-июль)	298,3	247,1	152,7
ГТК*	2,1	1,9	0,9
Средняя масса ягод, мм	2,4	2,3	2,0
Витамин С, мг/100 г	154,7	145,2	153,6
Сахара, %	6,9	7,6	7,0
Кислоты, %	2,08	2,00	1,82

*ГТК – среднее значение гидротермического коэффициента за май-июль

Результаты исследований и их обсуждение

В ходе научно-исследовательской работы были проанализированы средняя масса ягод и показатели их биохимического состава (витамин С, органические кислоты, сумма сахаров) в зависимости от суммы активных температур, суммы осадков и гидротермического коэффициента в фазы формирования и созревания ягод (май-июль). В годы проведения опыта метеорологические условия имели контрастные различия (рис. 1, 2).

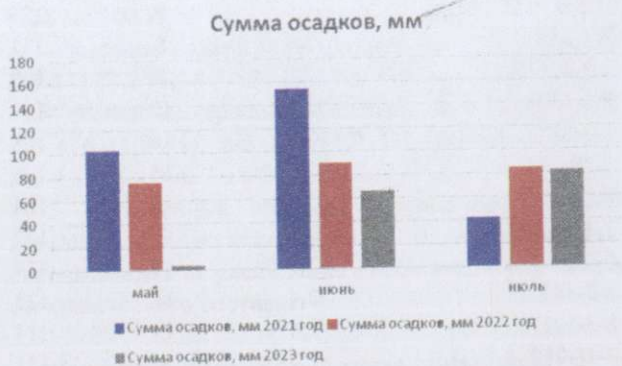


Рис. 2. Сумма осадков (2021–2023 гг.)
Fig. 2. Total precipitation (2021–2023)

В этот период смородина черная вошла в фазу цветения. Последовавшие 6–7 мая критические заморозки до –3,1 °C привели к полному или частичному подмерзанию пестиков, цветков и даже полностью плодовых веток у некоторых генотипов, это отрицательно сказалось на урожайности. Температурный режим II и III декад мая, I и II декад июня находился в пределах нормы, в этот период наблюдался дефицит влаги. Выпавшие осадки в конце июня и в I декаде июля смогли положительно повлиять на состояние растений к концу созревания.

Для нормального формирования массы ягод и накопления в них биохимических веществ важным фактором в период вегетации является сочетание тепла и влаги. В таблице 1 приведены погодные условия и исследуемые признаки в среднем по выделенным отборным формам за 2021–2023 гг.

За время исследований отмечены существенные различия между генотипами по массе ягод и их биохимическому составу (табл. 2). Показатели средней массы ягод находились в пределах от 1,7 г у контрольного сорта 'Нара' и отборной формы 7-18-31 до 2,8 г у отборов 8-3-155 и 8-3-176.

Все номера, за исключением 6-20-94, имели низкий и средний уровень вариальности ($V < 20\%$). Наиболее крупноплодными (2,6-2,8 г) с высоким уровнем гомеостатичности ($V < 10\%$) были формы 8-3-155, 8-3-176, 8-3-137.

Таблица 2. Масса и биохимический состав ягод отборных сортов образцов смородины черной, 2021-2023 гг.
Table 2. Weight and biochemical composition of selected cultivar samples of black currants (2021-2023)

Отборная форма	Средняя масса ягод, г	V, %	Содержание					
			витамина С, мг/100 г	V, %	сахаров, %	V, %	кислот, %	V, %
'Нара' (к)	1,7	9	129	9	6,9	24	2,5	6
8-3-155	2,8	8	151	5	6,7	15	2,0	19
8-3-176	2,8	8	129	2	7,1	8	1,9	7
8-3-137	2,6	10	107	11	6,7	29	2,4	26
7-3-227	2,6	16	168	16	6,9	14	2,0	15
7-19-100	2,5	14	208	10	7,2	11	1,9	13
8-3-110	2,5	16	104	13	5,7	17	1,7	9
7-13-32	2,4	7	177	21	6,1	2	2,0	26
6-20-94	2,4	21	119	11	7,1	8	1,7	17
8-3-183	2,4	13	125	17	7,4	26	2,1	13
8-3-171	2,4	13	114	11	8,2	12	2,1	7
7-18-250	2,2	8	151	15	6,7	13	2,0	11
7-2-157	2,2	13	205	10	7,0	4	1,9	12
8-3-129	2,2	14	127	16	8,3	7	1,9	4
6-15-65	2,1	17	172	9	8,2	10	2,2	9
8-3-14	2,1	5	195	4	7,4	4	2,5	9
8-3-100	2,0	16	158	10	7,3	8	1,5	21
8-3-113	2,0	11	176	13	8,5	11	1,4	3
8-3-125	2,0	11	96	18	7,2	10	1,9	6
7-18-31	1,7	8	113	4	6,3	4	1,9	8
Среднее по отборам.	2,2	-	151,2	-	7,2	-	1,97	-
НСР	0,8	-	$F_{\text{факт}} < F_{\text{табл}}$	-	$F_{\text{факт}} < F_{\text{табл}}$	-	$F_{\text{факт}} < F_{\text{табл}}$	-

В зависимости от генотипа и погодных условий отмечены существенные различия между отборными формами по содержанию в ягодах витамина С: от 96 мг/100 г (8-3-125) до 208 мг/100 г (7-19-100). Высоким накоплением аскорбиновой кислоты и небольшой изменчивостью по годам ($V < 10\%$) отличились формы 8-3-14 (195 мг/100 г), 7-2-157 (205 мг/100 г), 7-19-100 (208 мг/100 г).

В условиях Брянской области содержание суммы сахаров в ягодах отборных форм варьировало в пределах от 5,7 (8-3-110) до 8,5 % (8-3-113). Значительная вариальность признака по годам ($V > 20\%$) была отмечена у контрольного сорта 'Нара' и форм 8-3-137, 8-3-183. Наиболее стабильное ($V = 7-12\%$) и высокое содержание сахаров имели селекционные номера 6-15-65 (8,2 %), 8-3-171 (8,2 %), 8-3-129 (8,3 %), 8-3-113 (8,5 %).

Исследуемые генотипы различались по содержанию органических кислот. В среднем за период исследований в ягодах было обнаружено кислот от 1,4 (8-3-113) до 2,5 % ('Нара', 8-3-14). Основная часть изученных отборов характеризовалась слабой и средней изменчивостью изучаемого признака ($V < 20\%$). Стабильно низкой кислотностью (1,4-1,9 %) отличились генотипы 8-3-176, 8-3-110, 8-3-129, 8-3-113, 8-3-125, 7-18-31.

Проведенный корреляционный анализ показал изменения содержания в ягодах витамина С, сахаров, кислотности и массы ягод от суммы активных температур, суммы осадков и гидротермического коэффициента (рис. 3).

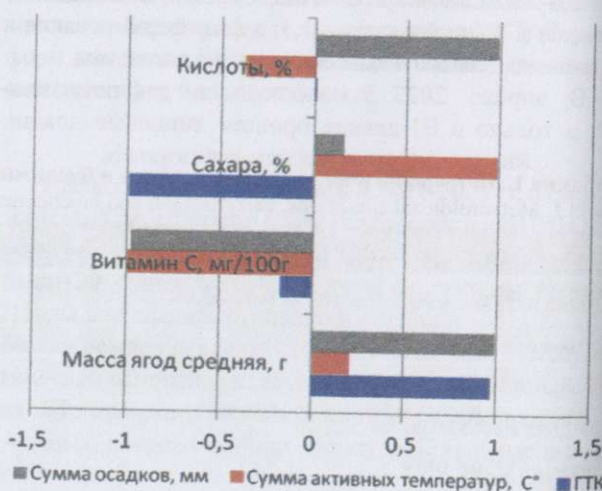


Рис. 3. Зависимость массы ягод и биохимических показателей от метеорологических условий
Fig. 3. Relationship between berry weight and biochemical properties in relation to meteorological conditions

Проанализировав корреляционные данные от цветения до полного созревания ягод (май-июль) смородины черной, сделан вывод, что масса ягод в сильной степени имеет положительную зависимость от суммы осадков ($r=0,99$) и слабо связана с колебаниями температур ($r=0,21$). В годы, когда сумма осадков была в норме или выше нормы, было зафиксировано увеличение массы ягод. Выявлена сильная отрицательная зависимость накопления витамина С ($r=-0,98$) от суммы активных температур. В годы с высокими показателями суммы активных температур наблюдалось снижение витамина С в ягодах. В результате исследований установлена высокая положительная связь между суммой активных температур и накоплением сахаров ($r=0,99$). При жарких погодных условиях сахаров в ягодах становится больше. Кислотность имеет сильную положительную зависимость от суммы осадков ($r=0,99$). В годы с избыточным накоплением влаги зафиксировано увеличение кислотности в ягодах смородины черной.

Заключение

1. В 2021-2023 гг. было выявлено влияние погодных условий (май-июль) на массу ягод и уровень накопления в них сахаров, кислот и витамина С.

Список использованной литературы/References

1. Акуленко Е. Г. Фенологические ритмы сезонного развития смородины черной в условиях Брянской области, Вестник Брянской ГСХА. 2016;1(53):13-17.

Akulenko E. G. Phenological rhythms of black currants seasonal growth in the Bryansk region, Bulletin of the BGSXA. 2016;1(53):13-17. (in Russ.).

2. Титова Л. В., Шелкова И. В., Денисова И. А. Фенология развития новых сортов смородины черной в условиях Тамбовской области, Наука и образование. 2023;6(2). <https://opusmgau.ru/index.php/see/article/view/5689>. Ссылка активна на 06.08.2024.

Titova L. V., Shhelkova I. V., Denisova I. A. Phenology of the development of new varieties of black currant in the conditions of the Tambov region, Nauka i obrazovanie. 2023; 6(2). <https://opusmgau.ru/index.php/see/article/view/5689>. Ссылка активна на 06.08.2024. (in Russ.).

3. Лапина О. В. Оценка сортообразцов смородины черной по срокам и дружности созревания урожая: Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: сб. трудов междунар. науч. конференции, 21-22 апреля, Брянск, 2022 г., Брянск, 2022, 71-76.

Lapina O. V. Evaluation of black currant breeding lines for terms and harvest ripening: Agroecological aspects of sustainable development of the agro-industrial complex: sb. trudov mezhdunar. nauch. konferencii, 21-22 aprelya, Bryansk, 2022 g., Bryansk, 2022, 71-76. (in Russ.).

4. Юхачева Е. Я. Ритмы прохождения основных фенологических фаз в период вегетации смородины черной: Современные сорта и технологии для интенсивных садов: сб. трудов междунар. науч.-практ. конференции, 15-18 июля, Орел, 2013 г., Орел, 2013, 283-284.

Yukhacheva E. Ya. Rhythms of the main phenological phases during the growing season of black currant. Modern varieties and technologies for intensive gardens: sb. trudov mezhdunar. nauch.-prakt. konferencii, 15-18 iyulya, Orel, 2013 g., Orel, 2013, 283-284. (in Russ.).

Была установлена положительная зависимость массы ягод и общей кислотности от увеличения количества осадков. С увеличением суммы активных температур наблюдалось увеличение накопления сахаров и снижение витамина С.

2. Выделены генотипы с высокими и стабильными показателями по следующим признакам:

– крупноплодность – 8-3-155 (2,8 г), 8-3-176 (2,8 г), 8-3-137 (2,6 г);

– высокое накопление витамина С – 8-3-14 (195 мг/100 г), 7-2-157 (205 мг/100 г), 7-19-100 (208 мг/100 г);

– высокое содержание сахаров – 6-15-65 (8,2 %), 8-3-171 (8,2 %), 8-3-129 (8,3 %), 8-3-113 (8,5 %);

– низкое содержание кислот – 8-3-113 (1,4 %), 8-3-176 (1,9 %), 8-3-110 (1,7 %), 8-3-129 (1,9 %), 8-3-125 (1,9 %), 7-18-31 (1,9 %).

3. Выделенные отборные формы представляют ценность для использования в целенаправленных скрещиваниях на увеличение массы ягод и улучшения их химического состава.

Конфликт интересов. Авторы статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

5. Сазонов Ф. Ф. Оценка интродуцированных сортов смородины черной для использования в производстве и селекции, Садоводство и виноградарство. 2022;4:16-26. DOI: 10.31676/0235-2591-2022-4-16-26.

Sazonov F. F. Evaluation of introduced blackcurrant varieties for production and breeding, Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2022;(4):16-26. DOI: 10.31676/0235-2591-2022-4-16-26. (in Russ.).

6. Сазонов Ф. Ф. Формирование отечественного сортамента смородины черной в условиях Нечерноземного региона России, Садоводство и виноградарство. 2021;1:23-31. DOI: 10.31676/0235-2591-2021-1-23-31.

Sazonov F. F. Forming of domestic blackcurrant stock in Non-Chernozem Region of Russia, Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2021;(1):23-31. DOI: 10.31676/0235-2591-2021-1-23-31. (in Russ.).

7. Голяева О. Д., Курашев О. В., Князев С. Д., Бахотская А. Ю. Новые сорта смородины и крыжовника селекции ВНИИСПК, Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2020;4:41-46. DOI: 10.30850/vrsn/2020/4/41-46.

Golyaeva O. D., Kurashev O. V., Knyazev S. D., Bakhotskaya A. Yu. New varieties of currants and gooseberry breeding plants, Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2020;4:41-46. DOI: 10.30850/vrsn/2020/4/41-46. (in Russ.).

8. Князев С. Д. и др. Селекция смородины черной: методы, достижения, направления: монография. Орел: ВНИИСПК, 2016, 328 с.

Knyazev S. D. et al. Black currant selection: methods, achievements, directions. monografiya. Orel: VNIISP, 2016, 328 p. (in Russ.).

9. Сазонов Ф. Ф. Достижения в селекции и основные направления совершенствования сортамента смородины черной в ФНЦ Садоводства, Плодоводства и ягодоводства России. 2021;67:18-28. DOI: 10.31676/2073-4948-2021-67-18-28.