

АНАЛИЗ ПРИЗНАКОВ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА *RIBES NIGRUM*, *RIBES RUBRUM*, *GROSSULARIA RECLINATA*, СОЗДАННОГО НА ОСНОВЕ МЕТОДА АВТОПОЛИПЛОИДИИ

И.Э. БУЧЕНКОВ¹✉

¹Белорусский государственный университет, Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова, г. Минск, Республика Беларусь

Изучен фонд автотетраплоидов смородины чёрной, смородины красной и крыжовника. Установлено, что удвоение числа хромосом у диплоидных сортов *R. nigrum*, *R. rubrum*, *Gr. reclinata* открывает возможность повышения их устойчивости к возбудителям заболеваний, усиления морозостойкости и повышения содержания витамина С в плодах.

Ключевые слова: крыжовник, смородина чёрная, смородина красная, селекция, полиплоидия.

ANALYSIS OF THE FEATURES OF THE SELECTION MATERIAL *RIBES NIGRUM*, *RIBES RUBRUM*, *GROSSULARIA RECLINATA*, CREATED ON THE BASIS OF THE METHOD OF AUTOPOLYPLOIDY

I.E. BUCHENKOV¹✉

Belarusian State University, International Sakharov Environmental Institute, Minsk, Republic of Belarus

The fund of avtotetraploid black currant, red currant and gooseberry is obtained and studied. It was found that doubling the number of chromosomes in the diploid varieties of *R. nigrum*, *R. rubrum*, *Gr. reclinata* opens the possibility of increasing its' resistance to pathogens, increasing frost resistance and increasing the content of vitamin C in fruits.

Keywords: gooseberry, black currant, red currant, plant selection, polyploidy.

Цитирование: Бученков И.Э. Анализ признаков селекционного материала *Ribes nigrum*, *Ribes rubrum*, *Grossularia Reclinata*, созданного на основе метода автополиплоидии. *Russian Scientist*. 2018. т.2 №1: 31-38

Citing: Buchenkov I.E. Analysis of the features of the selection material *Ribes nigrum*, *Ribes rubrum*, *Grossularia Reclinata*, created on the basis of the method of autoployploidy. *Russian Scientist*. 2018.v.2 №1: 31-38

✉ butchenkow@mail.ru

Материал прошёл двойное слепое рецензирование.

The manuscript took a double-blind peer review.

Введение

С середины прошлого века индуцированная автополиплоидия всё интенсивнее внедряется в сельскохозяйственную практику и является результативной у ряда культур. В последнее время отчетливо осознается, что селекция на уровне диплоидов в пределах одного вида заходит в тупик. Трудно создать что-либо новое, резко отличающееся от родительских форм. Перевод селекционного процесса на полиплоидный уровень открывает возможность получения новых и усиление желательных признаков [7].

При использовании метода экспериментальной автополиплоидии уже получены тетраплоидные формы различных дикорастущих видов и культурных сортов смородины чёрной, смородины красной, крыжовника. Из созданного материала отобраны формы, устойчивые к грибным и вирусным заболеваниям, почковому клещу, с повышенной зимостойкостью. В процессе селекционной доработки выделены конкурентоспособные формы, сочетающие устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды с высокой продуктивностью и хорошим качеством плодов [1, 2, 8].

Несмотря на пониженную плодовитость, автотетраплоиды легко поддаются селекционному улучшению. Четырёхкратное увеличение одних и тех же хромосомных наборов резко ограничивает возможность морфологического и физиологического проявления ядерных изъянов, что позволяет получать высокопродуктивные формы [6]. В связи с этим проводили анализ морфоанатомических и биологических особенностей автотетраплоидных форм, полученных и отобранных нами ранее [2] на основе цитологического анализа [4, 5].

Материалы и методы исследования

Исследования проводили с 1998 по 2009 гг. на агробиологической станции БГПУ им. М. Танка, а с 2009 по 2013 гг. на опытном поле ПолесГУ. Объекты исследования: сорта смородины чёрной – Паулинка, Сеянец Голубки, Пилот А. Мамкин, Наследница, Белорусская сладкая, Купалинка; сорта смородины красной – Красная Андрейченко, Ненаглядная, Голландская красная; Йонкер

ван Тетс, Прыгажуня, Натали; сорта крыжовника – Русский, Сливовый, Колобок; Белорусский сахарный, Черномор, Юбилейный.

Оценку устойчивости диплоидных сортов и автотетраплоидных форм к мучнистой росе, септориозу и антракнозу проводили в условиях естественного заражения. Развитие болезни определяли по формуле:

$$R = \frac{(ab) \times 100}{NK}, \quad \text{где}$$

R – развитие болезни в %;

ab – сумма произведения числа растений (a) на соответствующий им балл поражения (b);

N – общее число учтённых растений;

K – высший балл шкалы учёта.

При определении морозостойкости оценивали общую степень подмерзания растений по «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [3].

С целью выяснения химического состава ягод различных генотипов проведено изучение содержания общей суммы сахаров, титруемой кислотности, витамина C в ягодах диплоидных сортов и тетраплоидных форм.

Общую сумму сахаров определяли по методу Бертрана. Титруемую кислотность определяли титрованием вытяжек 0,1 н. раствором гидроксида натрия. Содержание аскорбиновой кислоты в ягодах в фазе полной спелости определяли по индофенольному методу в модификации Н.А. Брюхановой.

Результаты исследований и их обсуждение

Из созданного нами фонда полиплоидов на основе цитологического анализа было отобрано 73 автотетраплоидные формы смородины чёрной, 54 – смородины красной, 44 – крыжовника.

Морфо-анатомический анализ отобранных автотетраплоидных форм показал, что:

- автотетраплоиды смородины чёрной имеют кусты гетерозисного типа, утолщённые побеги более тёмной окраски, крупные размеры и изменённую форму листьев, цветков, малое количество семян в плодах. Единич-

ное цветение автотетраплоидов наблюдали на второй год вегетации, в дальнейшем цветение было обильным. Сравнительное изучение характера цветения и плодоношения диплоидных и тетраплоидных форм позволило установить, что у большинства тетраплоидных растений сроки указанных этапов наступают на 7-10 дней позже, чем у диплоидов.

- автотетраплоиды смородины красной – высокорослые растения с мощными побегами. Почки по размерам и окраске не отличаются от диплоидных, но имеют более отклонённое положение на побеге. Листья крупные, более тёмные, неправильной формы, центральная лопасть чётко не выражена. Зубчики края листовой пластинки более округлые, менее заострённые. По диаметру и длине цветки крупнее диплоидных. Окраска цветков, форма и цвет плодов сходны с диплоидами. Масса ягод несколько выше диплоидных сортов. Семян мало.
- автотетраплоиды крыжовника – растения с компактными кустами гетерозисного типа. Побеги плохо ветвятся, направлены косо вверх. Характерны крупные, сближённые пазушные почки. Листья тёмно-зелёные, почти вдвое крупнее, чем у диплоидов. По-

верхность листовой пластинки пузырчатая. Цветки крупнее, чем у диплоидов, с крупной завязью. Плоды округлые, по размерам и массе несколько превышают диплоидные, содержат мало семян.

Изучение анатомического строения листьев *R. nigrum*, *R. rubrum*, *Gr. reclinata* показало, что клетки верхнего и нижнего эпидермиса тетраплоидных форм больше, чем клетки диплоидов. Для автотетраплоидов характерно увеличение длины замыкающих клеток устьиц, количества и размеров хлоропластов в них, уменьшение числа устьиц и ароматических железок на единицу площади эпидермиса, уменьшение слоёв столбчатого мезофилла в сравнении с диплоидами (таблица 1).

Для всех индуцированных нами автотетраплоидов характерна хорошая, но пониженная в сравнении с диплоидами плодовитость. Исследования показали, что при переводе диплоидных сортов на тетраплоидный уровень фертильность снижается в среднем у смородины чёрной в 2,3 раза. У диплоидных сортов фертильность пыльцы составляла 78-79 %. Процентное содержание крупных, нормально сформированных и проросших пыльцевых зёрен у автотетраплоидов изменялось в пределах 32-37 % в зависимости от сорта.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика эпидермальных структур листа диплоидных сортов и тетраплоидных форм (обобщённые данные за годы исследований по всем сортам и формам).

Table 1—Comparative characteristics of the epidermal structures of a leaf of diploid varieties and tetraploid forms (generalized data for years of research on all varieties and forms).

Признак	<i>R. nigrum</i>		<i>R. rubrum</i>		<i>Gr. reclinata</i>	
	2n=16	4n=32	2n=16	4n=32	2n=16	4n=32
Размеры клеток верхнего эпидермиса (увеличение 7×20)**	7,2±0,7*	6,4±0,5	5,8±0,3	11,2±0,8	10,8±0,8	12,4±0,9
Размеры клеток нижнего эпидермиса (7×20)**	4,6±0,6	5,2±0,7	3,9±0,7	6,5±0,9	13,8±1,1	8,1±1,2
Размеры замыкающих клеток устьиц (10×20)**	4,1±0,7	3,8±0,5	3,6±0,6	5,9±0,7	6,9±0,7	7,5±0,9
Размеры хлоропластов в замыкающих клетках устьиц (15×90)**	27,7±1,4	25,6±1,3	23,8±1,3	27,6±1,4	29,2±1,4	31,2±1,5
Количество устьиц в поле зрения микроскопа (10×20), шт.	58,1±2,3	46,2±1,7	61,3±2,5	25,6±1,3	19,6±1,1	28,4±1,5
Число хлоропластов в замыкающих клетках устьиц (10×60), шт.	14,2±1,4	13,8±1,0	11,9±0,9	20,6±1,1	21,6±1,2	23,6±1,3
Количество ароматических железок на 1 см ² (10×20), шт.	30,8±1,5	16,7±1,3	-	-	-	-

* X ± xs, ** В делениях окуляр-микрометра

У смородины красной при переводе диплоидных сортов на тетраплоидный уровень фертильность пыльцы снижается в среднем в 2 раза. У диплоидных сортов фертильность пыльцы составляла 75-85 %. Процентное содержание крупных, нормально сформированных и проросших пыльцевых зёрен у автотетраплоидов изменялось в пределах 40-48 % в зависимости от сорта.

При переводе диплоидных сортов крыжовника на тетраплоидный уровень фертильность пыльцы снижается в среднем в 1,4 раза. У диплоидных сортов фертильность пыльцы составляла 38-42 %. Процентное содержание крупных, нормально сформированных и проросших пыльцевых зёрен у автотетраплоидов было около 30 % в зависимости от сорта.

Для сопоставления характера изменений у автотетраплоидов разных видов семейства *Grossulariaceae* Dumort. в сравнении с диплоидами провели оценку признаков, характеризующих линейные размеры органов, а также отношение этих признаков $4n : 2n$.

По линейным параметрам листьев, почек, цветков, пыльников, пыльцевых зёрен автотетраплоиды превосходят диплоиды. В среднем линейные размеры органов у автотетраплоидных форм превосходят диплоидные сорта у смородины чёрной – в 1,4 раза, у смородины красной – в 1,2 ра-

за, у крыжовника – в 1,3 раза (таблица 2).

В результате того, что у автотетраплоидов показатели длины листьев, почек, цветков увеличиваются в меньшей степени, чем показатели ширины, заметно возрастает показатель индекса органов. Так, индекс листа у диплоидных сортов смородины чёрной составляет 0,93, у автотетраплоидов – 1,46; у смородины красной – 0,95 и 1,48; у крыжовника – 0,87 и 1,33, соответственно.

Изучение диаметра пыльцевых зёрен у автотетраплоидов в сравнении с исходными диплоидными сортами выявило стабильность в величине гаплоидной ($n=8$) и диплоидной ($n=16$) пыльцы и чёткое различие между ними, что свидетельствует о строгой генетической обусловленности данного показателя и возможности его использования в качестве диагностического признака тетраплоидности.

Наиболее распространёнными возбудителями заболеваний у различных сортов *R. nigrum*, *R. rubrum*, *Gr. reclinata* являются *Spaeroteca morsuuae* (Schv.) Berk. Et Curt., *Pseudopeziza ribis* Kleb. и *Septoria ribes* Desm. Согласно некоторым авторам, повышение полевой устойчивости к возбудителям заболеваний может быть достигнуто переводом диплоидов на тетраплоидную основу [6, 8].

Таблица 2 – Относительное изменение признаков у автотетраплоидов по сравнению с диплоидными сортами ($4n:2n$).

Table 2 – Relative change of features in autotetraploids in comparison with diploid varieties ($4n:2n$).

Признак	<i>R. nigrum</i>	<i>R. rubrum</i>	<i>Gr. reclinata</i>
Лист			
– длина	0,92	1,09	0,93
– ширина	1,68	1,33	1,18
Почка			
– длина	1,18	1,01	1,15
– ширина	1,72	1,18	1,52
Черешок			
– длина	1,65	1,17	1,33
– толщина	1,68	1,23	1,42
Цветок			
– длина	1,43	1,25	1,49
– диаметр	1,45	1,31	1,61
Пыльник			
– длина	1,32	1,29	1,27
Пыльцевое зерно			
– диаметр	1,26	1,24	1,22

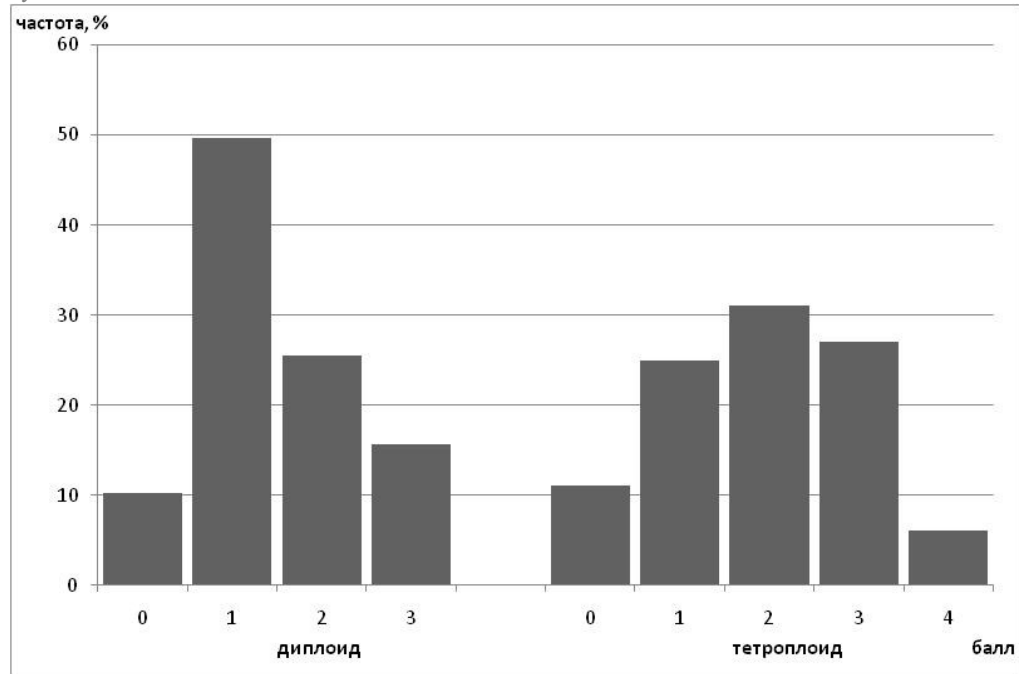


Рисунок 1 – Морозостойкость диплоидных сортов (а) и тетраплоидных форм (б) *R. nigrum* (средние данные по всем сортам и формам за годы исследований).

Figure 1 – Frost resistance of diploid varieties (а) and tetraploid forms (б) *R. nigrum* (average data for all varieties and forms over the years of research).

Изучение поражаемости 73 автотетраплоидов смородины чёрной, 54 автотетраплоидов смородины красной, 44 автотетраплоидов крыжовника позволило выделить формы с высокой полевой устойчивостью к мучнистой росе, септориозу и антракнозу.

У автотетраплоидов смородины чёрной при оценке и анализе поражения мучнистой росой первую группу (22,33 %) составили формы, поражающиеся в ещё большей степени, чем диплоидные сорта (5-4 балла), вторую группу (66,82 %) – формы, поражаемость которых мучнистой росой, септориозом и антракнозом находится на уровне диплоидов (2-3 балла), третью

группу (10,85 %) – формы более устойчивые, чем диплоидные сорта и почти не поражающиеся (1 балл).

Приблизительно сходные результаты были получены при анализе поражаемости диплоидных и автотетраплоидных форм смородины чёрной септориозом и антракнозом: первая группа – 23,77 и 32,75 %, вторая – 69,98 и 58,00 %, третья – 6,55 и 9,25 %, соответственно.

Из всех изученных автотетраплоидных форм смородины чёрной выделена группа из 8-ми растений (10,96 %), обладающих комплексной устойчивостью к трём изученным возбудителям заболеваний.

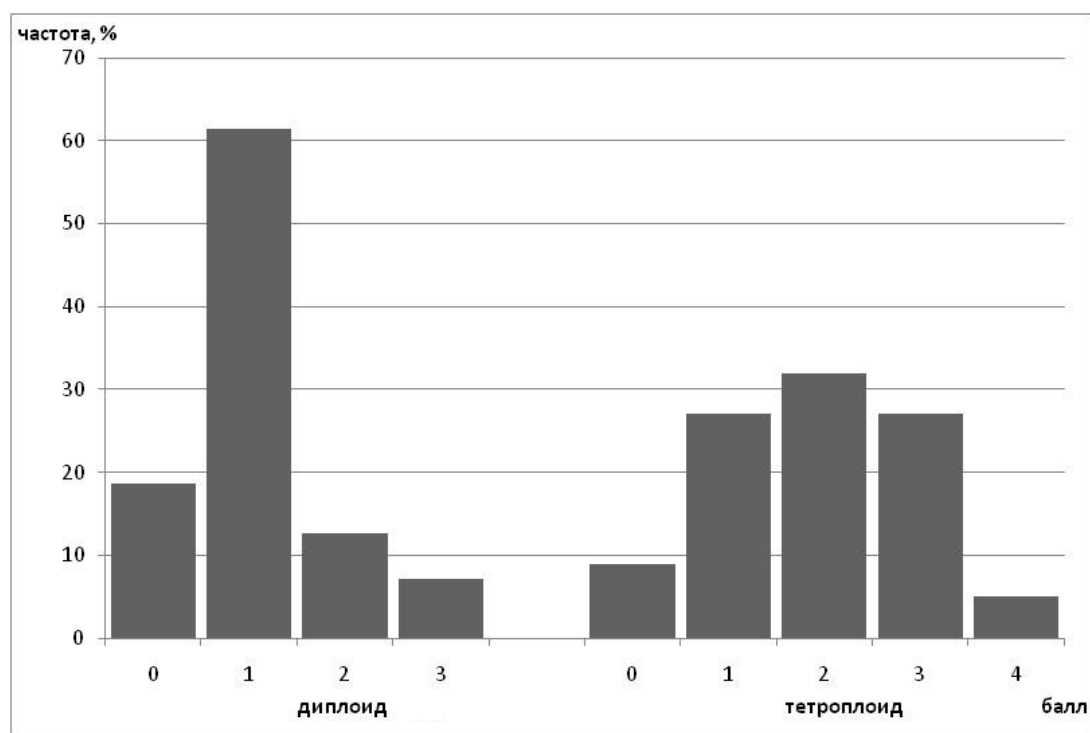


Рисунок 2 – Морозостойкость диплоидных сортов (а) и тетраплоидных форм (б) *R. rubrum* (средние данные по всем сортам и формам за годы исследований).

Figure 2 – Frost resistance of diploid varieties (а) and tetraploid forms (б) *R. rubrum* (average data for all varieties and forms over the years of research).

У автотетраплоидов смородины красной по поражению мучнистой росой первая группа составила 13,75 %, вторая – 75,63 %, третья – 10,62 %; антракнозом: первая – 34,88 %, вторая – 57,56 %, третья – 7,56 %; септориозом: первая – 24,33 %, вторая – 67,12 %, третья – 8,55 %. Из 54 автотетраплоидов смородины красной выделены 6-ть растений (11,11 %), обладающих комплексной устойчивостью к мучнистой росе, антракнозу и септориозу.

У автотетраплоидов крыжовника по поражению мучнистой росой, септориозом и антракнозом количественное соотношение групп распределилось следующим образом: первая – 14,80; 10,25; 9,33 %, вторая – 74,54; 81,30; 84,42 %, третья – 10,66; 8,45; 6,25 %, соответственно. Из 44 изученных автотетраплоидных форм крыжовника выделена группа из 5-ти растений (11,36 %), обладающих комплексной устойчивостью к трём изученным возбудителям заболеваний.

Таблица 3 – Химический состав ягод диплоидных сортов и тетраплоидных форм (средние данные за годы исследований).

Table 3 – Chemical composition of berries of diploid varieties and tetraploid forms (average data for years of research).

Сорт	Сахара, %		Титруемая кислотность, %		Аскорбиновая кислота, мг/100г	
	2n	4n	2n	4n	2n	4n
Паулинка	7,6±0,3	7,8±0,4	2,2±0,1	2,2±0,1	209,2±9,5	215,5±10,0
Сеянец Голубки	11,2±0,5	10,8±0,4	2,5±0,1	2,6±0,1	142,4±7,1	170,3±8,2
Пилот А. Мамкин	8,6±0,4	8,5±0,3	1,8±0,1	1,8±0,1	198,7±9,5	184,0±9,0
Купалинка	9,3±0,4	9,3±0,4	2,3±0,1	2,3±0,1	190,0±9,2	201,5±10,0
Наследница	10,5±0,4	10,6±0,5	2,2±0,1	2,3±0,1	180,3±9,0	195,8±9,5
Белорусская сладкая	8,2±0,3	8,3±0,4	2,3±0,1	2,3±0,1	182,4±9,0	196,9±9,6
Средние данные по сортам смородины черной	9,1±0,4	9,3±0,5	2,2±0,1	2,2±0,1	181,4±8,7	196,5±9,2
Йонкер ван Тетс	6,2±0,2	6,3±0,3	2,7±0,1	2,7±0,1	30,3±1,3	36,3±1,5
Красная Андрейченко	6,8±0,3	6,8±0,4	1,7±0,1	1,8±0,1	38,5±1,9	40,2±2,0
Ненаглядная	6,0±0,2	6,1±0,3	2,6±0,1	2,6±0,1	30,2±1,4	36,5±1,6
Голландская красная	6,8±0,3	6,9±0,4	2,5±0,1	2,6±0,1	37,2±1,6	40,1±1,9
Прыгажуня	6,4±0,2	6,5±0,3	2,4±0,1	2,5±0,1	33,2±1,6	36,8±1,8
Натали	6,6±0,2	6,6±0,3	2,4±0,1	2,5±0,1	35,3±1,6	39,9±1,7
Средние данные по сортам смородины красной	6,5±0,3	6,5±0,2	2,4±0,1	2,4±0,1	34,1±1,7	38,3±1,8
Черномор	10,3±0,4	10,3±0,5	2,1±0,1	2,2±0,1	28,3±1,4	30,7±1,5
Русский	9,9±0,4	10,0±0,5	1,8±0,1	1,8±0,1	30,2±1,4	31,5±1,5
Сливовый	10,2±0,5	10,2±0,4	1,6±0,0	1,6±0,0	29,5±1,3	30,7±1,4
Колобок	8,7±0,3	8,7±0,4	2,7±0,1	2,8±0,2	24,0±1,1	26,0±1,2
Юбилейный	10,2±0,4	10,3±0,5	2,2±0,1	2,3±0,1	26,0±1,2	28,0±1,3
Белорусский сахарный	9,5±0,3	9,5±0,4	2,1±0,1	2,1±0,1	30,0±1,4	31,2±1,5
Средние данные по сортам крыжовника	9,8±0,4	9,8±0,5	2,1±0,1	2,1±0,1	28,0±1,3	29,7±1,4

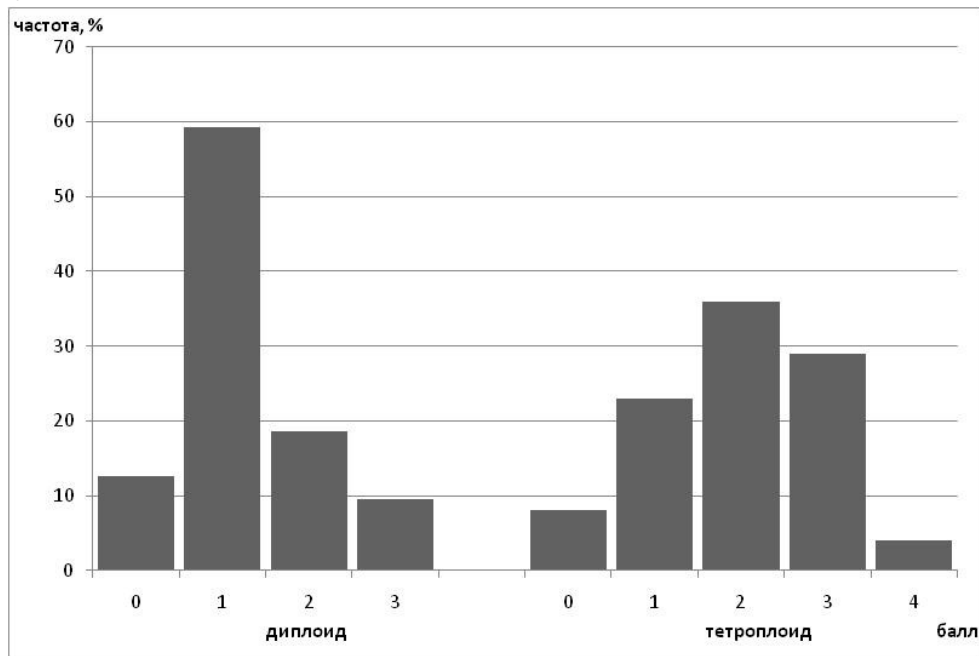


Рисунок 3 – Морозостойкость диплоидных сортов (а) и тетраплоидных форм (б) *Gr. reclinata* (средние данные по всем сортам и формам за годы исследований).

Figure 3 – Frost resistance of diploid varieties (а) and tetraploid forms (б) *Gr. reclinata* (average data for all varieties and forms over the years of research).

Одним из важных признаков при оценке селекционного материала является морозостойкость. В этой связи проведена оценка колхиплоидов *R. nigrum*, *R. rubrum*, *Gr. reclinata* на устойчивость к низким температурам. Результаты анализа полученных данных свидетельствуют о большой вариабельности тетраплоидов по данному признаку, так как наряду с морозостойкими, наблюдаются и сильно повреждаемые формы, чего не установлено у диплоидов (рисунок 1 – 3). Так, у диплоидных сортов растения с баллом поражения 4-5 вообще отсутствуют, у автотетраплоидов данная группа составляет от 3 до 6 %. У диплоидных сортов также выше процент растений из групп высокоустойчивые (10-18 %) и устойчивые (48-61 %). У автотетраплоидных форм эти показатели составляют 8-11 % и 22-27 %, соответственно.

Анализ данных по содержанию сахаров показывает, что у большинства автотетраплоидных форм их процентное содержание несколько превышает диплоидные сорта или находится на том же уровне. Аналогичные результаты получены и по кислотности. Исследования также показали, что колхиплоиды характеризуются более высокими показателями в сравнении с диплоидными сортами по содержанию витамина С (таблица 3).

Выводы

В результате анализа признаков автотетраплоидных форм *R. nigrum*, *R. rubrum*, *Gr. reclinata* в сравнении с диплоидными сортами установлено:

- Автотетраплоиды характеризуются новой совокупностью морфологических, анатомических и биологических признаков, присущих данному уровню плоидности. Несмотря на то, что реакция каждого признака на удвоение числа хромосом детерминируется спецификой генотипа каждого сорта, наблюдается четкий параллелизм в изменчивости одних и тех же признаков у разных видов семейства *Grossulariaceae* Dumort.
- Удвоение числа хромосом у диплоидных сортов открывает возможность повышения устойчивости полученных автотетраплоидных форм к возбудителям заболеваний.
- Автотетраплоидам по сравнению с диплоидными сортами характерно повышенное содержание витамина С в плодах.

Список литературы:

1. Бавтуто Г.А. Обогащение генофонда и создание исходного материала плодово-ягодных культур на основе экспериментальной автополиплоидии и мутагенеза. Тарту: Тартуский гос. ун-т; 1980.
2. Бученков И.Э. Создание исходного селекционного материала плодово-ягодных культур (смородина черная и красная, крыжовник, микровишня войлочная, черешня, айва обыкновенная). Минск: Право и экономика; 2013.
3. Седова Е.Н., Огольцова Т.П. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК; 1999.

4. Рыбин В.А. Цитологический метод в селекции плодовых. М.: Колос; 1967.
5. Санкин Л.С., Сорокина Т.П. Методика определения уровня плоидности. Цитология и генетика культурных растений: сб. науч. тр. Новосибирск; 1967:151–152.
6. Санкин Л.С. Экспериментальная полиплоидия в селекции смородины и крыжовника. Отдаленная гибридизация и полиплоидия в селекции плодовых и ягодных культур: тез. докл. на секции садоводства РАСХН. Орел; 1993:47.
7. Трунин Л.Л. Экспериментальные полиплоиды черной смородины, смородины дикуши и крыжовника. Научные достижения в практику: сб. науч. тр. Тамбов; 1972:64–68.
8. Чувашина Н.П. Цитогенетика и селекция отдаленных гибридов и полиплоидов смородины. Л.: Наука; 1980.