

УДК 634.72

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

Игорь БУЧЕНКОВ, Иван РЫШКЕЛЬ

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, г. Минск, Республика Беларусь

**Abstract.** A group of autotetraploids of black currant (*Ribes nigrum*), red currant (*Ribes rubrum*) and gooseberry (*Grossularia reclinata*) have been studied. The comparison of the characteristics of autotetraploid forms with diploid cultivars shown that the autotetraploids are characterized by a new set of morphological, anatomical and biological traits inherent to this level of ploidy. Despite the fact that the reaction of each trait to the doubling of the chromosomes number is determined by the specific genotype of each variety, there is a clear parallelism in the variability of the same traits in different species of the family *Grossulariaceae Dumort.* The obtained data indicate that the doubling of the chromosomes number of diploid varieties leads to increased resistance of the autotetraploid forms to pathogens and also to an increased amount of the vitamin C in the fruits.

**Key words:** Gooseberry; Black currant; Red currant; Autotetraploids; Morphological characters; Agronomic characters.

**Реферат.** Изучен фонд автотетраплоидов смородины черной (*Ribes nigrum*), смородины красной (*Ribes rubrum*) и крыжовника (*Grossularia reclinata*). В результате анализа признаков автотетраплоидных форм в сравнении с диплоидными сортами установлено, что автотетраплоиды характеризуются новой совокупностью морфологических, анатомических и биологических признаков, присущих данному уровню плоидности. Несмотря на то, что реакция каждого признака на удвоение числа хромосом детерминирована спецификой генотипа каждого сорта, наблюдается четкий параллелизм в изменчивости одних и тех же признаков у разных видов семейства *Grossulariaceae Dumort.* Полученные данные указывают на то, что удвоение числа хромосом у диплоидных сортов открывает возможность повышения устойчивости полученных автотетраплоидных форм к возбудителям заболеваний. Для них также характерно повышенное содержание витамина С в плодах.

**Ключевые слова:** Крыжовник; Смородина черная; Смородина красная; Автотетраплоиды; Морфологические признаки; Хозяйственно ценные признаки.

### ВВЕДЕНИЕ

С середины прошлого века индуцированная автополиплоидия все интенсивнее внедряется в практику и является результативной у ряда сельскохозяйственных 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 (Трунин, Л.Л. 1972).

Используя метод экспериментальной автополиплоидии, уже получены тетраплоидные формы различных дикорастущих видов и культурных сортов смородины черной, 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 (Бавтуто, Г.А. 1980; Бученков, И.Э. 2013; Чувашина, Н.П. 1980).

Несмотря на пониженную плодovitость, автотетраплоиды легко поддаются селекционному улучшению. Четырехкратное 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 морфо-анатомических и биологических особенностей автотетраплоидных форм, полученных и отобранных нами ранее (Бученков, И.Э. 2013) на основе цитологического анализа (Рыбин, В.А. 1967; Санкин, Л.С., Сорокина, Т.П. 1967).

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

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 черной – 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:

$$R = \frac{(ab) * 100}{NK},$$

где: R – развитие болезни в %; ab – сумма произведения числа растений (a) на соответствующий им балл поражения (b); N – общее число учтенных растений; K – высший балл шкалы учета.

При определении морозостойкости оценивали общую степень подмерзания растений по Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур.

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

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

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

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

Морфо-анатомический анализ отобранных автотетраплоидных форм показал, что:

– *автотетраплоиды смородины черной* имеют кусты гетерозисного типа, утолщенные побеги более темной окраски, крупные размеры и измененную форму листьев, цветков, малое количество семян в плодах. Единичное 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 отклоненное положение на побеге. Листья крупные, более темные, неправильной формы, центральная лопасть четко не выражена. Зубчики края листовой пластинки более округлые, менее заостренные. 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, сближенные пазушные почки. Листья темно-зеленые, почти вдвое крупнее, чем у диплоидов. Поверхность 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 слоев столбчатого мезофилла в сравнении с диплоидами (табл. 1).

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

Признак	<i>Ribes nigrum</i>		<i>Ribes rubrum</i>		<i>Grossularia reclinata</i>	
	2n=16	4n=32	2n=16	4n=32	2n=16	4n=32
Размеры клеток верхнего эпидермиса (увеличение 7x20)**	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 (7x20)**	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 (10x20)**	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 (15x90)**	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 (10x20), 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 (10x60), 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 <sup>2</sup> (10x20), шт.	30,8±1,5	16,7±1,3	-	-	-	-

\* X ± xs,

\*\* В делениях окуляр-микрометра

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 черной в 2,3 раза. У диплоидных сортов фертильность пыльцы составляла 78-79%. Процентное содержание крупных, нормально сформированных и проросших пыльцевых зерен у автотетраплоидов изменялось в пределах 32-37% в зависимости от сорта.

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 зерен 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 зерен 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 зерен автотетраплоиды превосходят диплоиды. В среднем линейные размеры органов у автотетраплоидных форм превосходят диплоидные сорта у смородины черной – в 1,4 раза, у смородины красной – в 1,2 раза, у крыжовника – в 1,3 раза (табл. 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 черной 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 зерен у автотетраплоидов в сравнении с исходными диплоидными сортами выявило стабильность в величине гаплоидной (n=8) и диплоидной (n=16) пыльцы и четкое различие между ними, что свидетельствует о строгой генетической обусловленности данного показателя и возможности его использования в качестве диагностического признака тетраплоидности.

Наиболее распространенными возбудителями заболеваний у различных сортов *R. nigrum*, *R. rubrum*, *Gr. reclinata* являются *Sphaeroteca mors-uvae* (Schv.) Berk. Et Curt., *Pseudopeziza*

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

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

*ribis* Kleb. и *Septoria ribes* Desm. Согласно некоторым авторам, повышение полевой устойчивости к возбудителям заболеваний может быть достигнуто переводом диплоидов на тетраплоидную основу (Санкин, Л.С., Сорокина, Т.П. 1967; Чувашина, Н.П. 1980).

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

У автотетраплоидов смородины черной при оценке и анализе поражения мучнистой росой первую группу (22,33%) составили формы, поражающиеся еще в большей степени, чем диплоидные сорта (5-4 балла), вторую

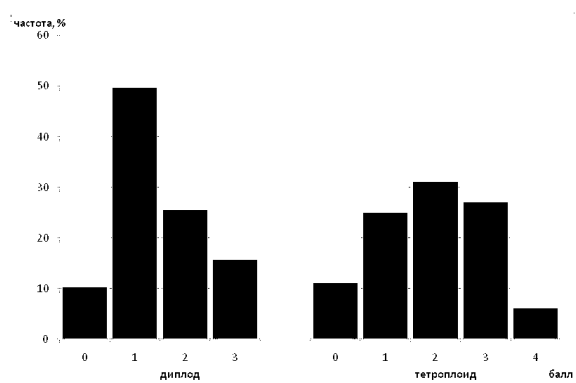
группу (66,82%) – формы, поражаемость которых мучнистой росой, септориозом и антракнозом находится на уровне диплоидов (2-3 балла), третью группу (10,85%) – формы более устойчивые, чем диплоидные сорта и почти не поражающиеся (1 балл).

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

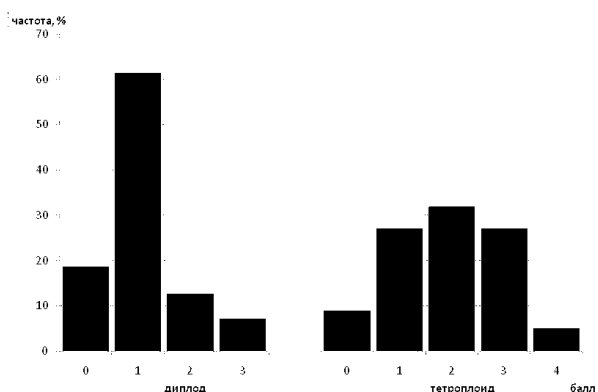
Из всех изученных автотетраплоидных форм смородины черной выделена группа из 8-ми растений (10,96%), обладающих комплексной устойчивостью к трем изученным возбудителям заболеваний.

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.

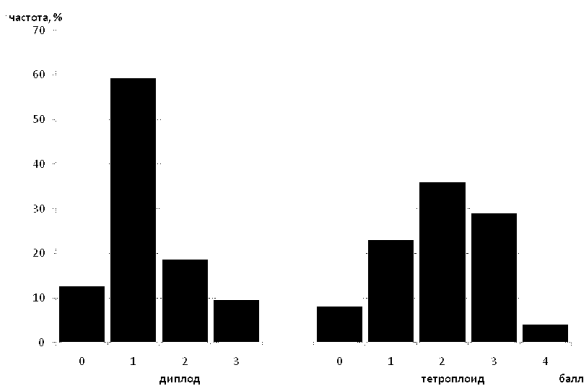
У автотетраплоидов крыжовника по поражению мучнистой росой, септориозом и антракнозом



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



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



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

наряду с морозостойкими, наблюдаются и сильно повреждаемые формы, чего не установлено у диплоидов (рис. 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.

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

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

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 трем изученным возбудителям заболеваний.

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

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 (табл. 3).

### ВЫВОДЫ

В результате анализа признаков автотетраплоидных форм *Ribes nigrum*, *Ribes rubrum*, *Grossularia reclinata* в сравнении с диплоидными сортами установлено:

1. Автотетраплоиды характеризуются новой совокупностью морфологических, анатомических и биологических признаков, присущих данному уровню пloidности. 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.
2. Удвоение числа хромосом у диплоидных сортов открывает возможность повышения устойчивости полученных автотетраплоидных форм к возбудителям заболеваний.
3. Автотетраплоидам по сравнению с диплоидными сортами характерно повышенное содержание витамина С в плодах.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. БАВТУТО, Г.А. (1980). Обогащение генофонда и создание исходного материала плодово-ягодных культур на основе экспериментальной автополиплоидии и мутагенеза: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Тарту, 49 с.
2. БУЧЕНКОВ, И.Э. (2013). Создание исходного селекционного материала плодово-ягодных культур (смородина черная и красная, крыжовник, микровишня войлочная, черешня, айва обыкновенная). Минск: Право и экономика, 201 с. ISBN 978-985-552-184-7.
3. СЕДОВ, Е.Н., ОГОЛЬЦОВА, Т.П., ред. (1999). Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК. 608 с. ISBN 5-900705-15-3.
4. РЫБИН, В.А. (1967). Цитологический метод в селекции плодовых. Москва: Колос, 216 с.
5. САНКИН, Л.С. (1993). Экспериментальная полиплоидия в селекции смородины и крыжовника. В: Отдаленная гибридизация и полиплоидия в селекции плодовых и ягодных культур: тез. докл. на секции садоводства. Орел: РАСХН, с. 47.
6. САНКИН, Л.С., СОРОКИНА, Т.П. (1967). Методика определения уровня пloidности. Цитология и генетика культурных растений: сб. науч. тр. Новосибирск, с. 151–152.
7. ТРУНИН, Л.Л. (1972). Экспериментальные полиплоиды черной смородины, смородины дикуши и крыжовника. В: Научные достижения в практику: сб. науч. тр. Тамбов, с. 64–68.
8. ЧУВАШИНА, Н.П. (1980). Цитогенетика и селекция отдаленных гибридов и полиплоидов смородины. Ленинград, 121 с.

Data prezentării articolului: 22.12.2016

Data acceptării articolului: 23.01.2017