

УДК 634.8.037:581.143.6

UDC 634.8.037:581.143.6

DOI 10.30679/2219-5335-2022-5-77-121-136

DOI 10.30679/2219-5335-2022-5-77-121-136

**ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ
САХАРОЗЫ В ПИТАТЕЛЬНОЙ
СРЕДЕ НА МОРФОГЕНЕЗ
РАСТЕНИЙ *IN VITRO***

**INFLUENCE OF SUCROSE
CONCENTRATION IN NUTRIENT
MEDIUM ON *IN VITRO* PLANT
MORPHOGENESIS**

Ребров Антон Николаевич
канд. биол. наук
ведущий научный сотрудник
лаборатории биотехнологии
e-mail: rebrow-anton@yandex.ru

Rebrov Anton Nikolaevich
Cand. Biol. Sci.
Leading Research Associate
of Biotechnology Laboratory
e-mail: rebrow-anton@yandex.ru

Бондарева Ольга Николаевна
аспирант
младший научный сотрудник
лаборатории биотехнологии
e-mail: bole4ka6225@gmail.com

Bondareva Olga Nikolaevna
Postgraduate Student
Junior Research Associate
of Biotechnology Laboratory
e-mail: bole4ka6225@gmail.com

Семенова Людмила Николаевна
старший лаборант
лаборатории биотехнологии
email: semenovaludmila932@gmail.com

Semenova Lyudmila Nikolaevna
Senior Laboratory Assistant
of Biotechnology Laboratory
email: semenovaludmila932@gmail.com

*Всероссийский научно-исследовательский
институт виноградарства и виноделия
имени Я.И. Потапенко – филиал
Федерального государственного
бюджетного научного учреждения
«Федеральный Ростовский
аграрный научный центр»,
Новочеркасск, Россия*

*All-Russian Research Institute
named after Ya.I. Potapenko
for Viticulture and Winemaking –
Branch of Federal State
Budget scientific Institution
«Federal Rostov Agricultural
Research Center»,
Novocherkassk, Russia*

Для совершенствования органического питания виноградного растения в культуре *in vitro*, были проведены исследования по влиянию сахарозы на развитие растений в пробирке. Несмотря на то, что сахароза является наиболее часто применяемым и достаточно изученным источником углерода в питательных средах *in vitro*, на данном этапе исследования необходимо было уточнить и сравнить реакцию конкретных модельных сортов на различные концентрации сахарозы,

To improve the organic nutrition of a grape plant in *in vitro* culture, studies were conducted on the effect of sucrose on the development of test-tube plants. Despite the fact that sucrose is the most commonly used and sufficiently studied source of carbon in *in vitro* nutrient media, at this stage of the study, it was necessary to clarify and compare the response of specific model varieties to various concentrations of sucrose, and also

а также получить по окончании эксперимента достаточное количество микрорастений для дальнейших этапов исследования. Для исследования были взяты два сорта с диаметрально противоположными характеристиками развития в культуре *in vitro*. Сорт Сибирьковский был выбран как один из самых быстроразвивающихся и соответственно самых быстро стареющих (в культуре *in vitro*) сортов, и Красностоп Карпи – один из наиболее медленно развивающихся сортов в культуре *in vitro*. Кроме того, данные сорта отличаются еще и генетически. В опыте использовали концентрации сахарозы от 0 до 40 г/л. Сортовая реакция модельных сортов в опыте с различными концентрациями сахарозы в питательной среде проявила как общие закономерности, так и незначительные отличия. Для сорта Сибирьковский оптимальные концентрации для развития большинства показателей микрорастений были в диапазоне от 5 до 20 г/л, а для сорта Красностоп Карпи – 5-10 г/л. У обоих сортов отмечали четкую тенденцию при снижении концентрации сахарозы ниже и увеличении выше 30,0 г/л уменьшение показателя длины корня. Наилучшие показатели по развитию и сохранности через год отмечали в варианте, где совсем не использовалась сахароза, незначительно уступал ему вариант с наименьшей концентрацией сахарозы – 5,0 г/л. При этом на высоких концентрациях, несмотря на худшую сохранность, отмечали замедление ростовых процессов побега и его вызревание у некоторых растений.

Ключевые слова: РАСТЕНИЯ ВИНОГРАДА *IN VITRO*, КОНЦЕНТРАЦИЯ САХАРОЗЫ В ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ, МОРФОГЕНЕЗ РАСТЕНИЙ *IN VITRO*

to obtain, at the end of the experiment, a sufficient number of microplants for further stages of research. Two varieties with diametrically opposite characteristics of development in *in vitro* culture were taken for the study. The Sibirkovyi variety was chosen as one of the fastest growing and, accordingly, the fastest aging (*in vitro* culture) varieties, and Krasnostop Karpi is one of the slowest developing varieties in *in vitro* culture. In addition, these varieties also differ genetically. Sucrose concentrations from 0 to 40 g/L were used in the experiment. The varietal reaction of model varieties in the experiment with different concentrations of sucrose in the nutrient medium showed both general patterns and minor differences. For the Sibirkovyi variety, the optimal concentrations for the development of most indicators of microplants were in the range from 5 to 20 g/l, and for the Krasnostop Karpi variety – 5-10 g/l. There was a clear tendency to decrease the root length index with a decrease in sucrose concentration below and an increase above 30.0 g/l in both varieties. The best indicators of development and preservation in a year were noted in the variant where sucrose was not used at all, the variant with the lowest concentration of sucrose, 5.0 g/l, was slightly inferior to it. At the same time, at high concentrations, despite the worse preservation, a slowdown in the growth processes of the shoot and its maturation in some plants were noted.

Key words: *IN VITRO* GRAPE PLANTS, SUCROSE CONCENTRATION IN NUTRIENT MEDIUM, *IN VITRO* PLANT MORPHOGENESIS

Введение. Оптимизация углеродного питания растений в культуре *in vitro* является весьма важным фактором их развития на стерильной питательной среде, в замкнутой искусственной системе. В качестве источника углерода для растений *in vitro*, чаще всего используют сахарозу. При этом большинство работ по углеводам, как правило, посвящено оптимизации процесса клубнеобразования у растений картофеля *in vitro* [1-5], размножению *in vitro* декоративных видов растений [6-10], а также получению вторичных метаболитов из каллусных культур лекарственных растений [11-12]. Исследования по влиянию на морфогенез растений в культуре *in vitro* различных групп углеводов встречаются редко [13] и чаще всего они связаны с изучением различных концентраций сахарозы и продуктов ее гидролиза в питательной среде [14-16], а также влияния высоких концентраций на замедление ростовых процессов для увеличения сроков беспересадочного хранения [17-20].

В связи с вышесказанным считаем, что изучение влияния добавления различных концентраций сахарозы в питательную среду при культивировании микрорастений винограда *in vitro* поможет выявить закономерности влияния различных концентраций на их морфогенез в зависимости от сортовой специфики, что по нашему мнению будет способствовать оптимизации технологии их культивирования.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились в условиях лаборатории биотехнологии ВНИИВиВ имени Я.И. Потапенко – (филиал ФГБНУ ФРАНИЦ).

Объект исследований – управление морфогенезом растений винограда в культуре *in vitro* путем изменения эндогенного содержания органических компонентов в питательной среде.

Целью данного исследования было уточнить и сравнить реакцию конкретных модельных сортов на различные концентрации сахарозы, а также получить по окончании эксперимента достаточное количество микрорастений для дальнейших этапов исследования. Для исследования из 132 сортообразцов коллекции *in vitro* были взяты два сорта с диаметрально противоположными характеристиками развития в культуре. Сорт Сибирьковый был выбран как один из самых быстроразвивающихся (в культуре *in vitro*) сортов, и Красностоп Карпи – один из наиболее медленно развивающихся сортов в культуре *in vitro*. Кроме того, данные сорта отличаются еще и генетически. Сорт Сибирьковый это аборигенный донской сорт, который относят к эколого-географической группе балканских сортов Черного моря, а сорт Красностоп Карпи сложный межвидовой гибрид селекции ВНИИВиВ имени Я.И. Потапенко.

В опыте использовали концентрации сахарозы от 0 до 40 г/л. Более высокие концентрации нами не рассматривались, так как по нашему предыдущему опыту и по данным других исследователей, для растений винограда *in vitro* их применять нецелесообразно даже для хранения, так как вместе с замедлением ростовых процессов отмечается увеличение и негативных явлений, таких как отсутствие развития высаженных эксплантов, некрозы, старение, отрицательно влияющих, в том числе и на сохранность растений при создании и поддержании коллекций.

При работе со стерильными объектами руководствовались общепринятыми при микроклональном размножении методиками, в том числе разработанными для винограда. [21-23]. Исследования проводили на этапе микрочеренкования микропобегов в культуре *in vitro*. Экспланты высаживали на твердую питательную среду для укоренения с добавлением агара – 6,0 г/л и ИУК – 0,2 мг/л [24]. Испытывали влияние различных концентраций сахарозы в питательной среде: 0; 5, 10, 20, 30 и 40 г/л. На каждый ва-

риант опыта высаживали по 50 эксплантатов (одноглазковый черенок с прилегающей листовой пластиной). Культивирование растений осуществляли при температуре воздуха 23-24 °С и освещенности 2200 лк.

При статистической обработке данных (морфометрических параметров развития) рассчитывали доверительные интервалы с 95 % степенью вероятности ($\alpha=0,05$) при помощи статистического пакета программ, входящих в Excel 2010. Доверительный интервал по проценту сохранивших жизнеспособность растений определяли методом Уилсона [25].

Обсуждение результатов. Полученные данные по развитию растений в опыте представлены в таблицах 1 и 2. На основе полученных данных учетов и наблюдений можно отметить следующие закономерности. Для участвующих в опыте сортов отмечена разная реакция как на пониженные, так и на повышенные концентрации сахарозы, хотя были в целом и одинаковые тенденции. Так, на 30-е сутки после высадки растений у сорта Красностоп Карпи по показателям высоты и числа листьев лучшим был вариант 5 г/л, а по показателям, связанным с развитием корневой системы (число и длина корней), были лучшими варианты 30 и 40 г/л. У сорта Сибирьковский на 32 день в целом показатели развития были несколько выше и более выравнены по вариантам, чем у сорта Красностоп Карпи. При этом можно отметить, что лучшим вариантом по высоте побега был вариант с сахарозой – 5 г/л, по числу листьев – 20 г/л, числу корней – 10 г/л, а по длине корней – 40 г/л. На 62-й день опыта показатели развития по вариантам заметно возросли и несколько изменились. У сорта Красностоп Карпи большинство вариантов по основным показателям развития несколько выровнялись, при этом лучшим вариантом по развитию побега был вариант 5 г/л, по показателю числа листьев – 20 г/л, а вариант с 40 г/л заметно отставал по этим показателям в данный период. Развитие корневой системы заметно активнее было в варианте с 30 г/л сахарозы, как и на 32 день. Сорт Сибирьковский

на 60 день в среднем по показателям высоты побега и числа листьев в два раза превосходил сорт Красностоп Карпи. При этом лучшие параметры были в варианте без сахарозы. Лучшие параметры по показателям числа корней были в варианте с 5 и 10 г/л, а длина корней в варианте с 30 г/л.

Таблица 1 - Влияние различных концентраций сахарозы на морфогенез и сохранность сорта Красностоп Карпи, 2020-2022 гг.

Концентрация сахарозы, г/л	Развитие и сохранность микроклонов, %	Высота растения, см	Число листьев, шт.	Число корней, шт.	Длина корня, см	Длина корней, см
через 30 суток						
0	88,1	2,21 ±0,42	1,71 ±0,31	2,0 ±0,4	1,0 ±0,1	2,5 ±0,5
5	79,4	2,35 ±0,32	2,00 ±0,15	2,0 ±0,3	1,0 ±0,2	1,9 ±0,6
10	73,5	2,05 ±0,35	2,00 ±0,24	2,3 ±0,3	1,3 ±0,3	2,8 ±0,8
20	64,7	1,58 ±0,32	1,62 ±0,22	2,4 ±0,5	1,2 ±0,3	2,9 ±1,5
30	67,6	2,39 ±0,40	1,69 ±0,21	2,7 ±0,7	1,6 ±0,4	5,8 ±2,7
40	73,5	1,29 ±0,37	1,39 ±0,20	2,4 ±0,5	1,2 ±0,2	3,2 ±0,9
через 62 суток						
0	97,1	4,7 ±0,4	3,3 ±0,2	2,9 ±0,4	2,1 ±0,2	5,8 ±0,7
5	91,2	5,0 ±0,5	3,8 ±0,4	2,5 ±0,4	2,3 ±0,4	5,5 ±1,1
10	97,1	4,3 ±0,6	3,8 ±0,5	2,5 ±0,4	2,7 ±0,8	6,3 ±1,6
20	79,4	4,7 ±0,6	4,3 ±0,4	2,8 ±0,6	2,7 ±0,6	9,1 ±2,5
30	79,4	4,0 ±0,6	3,6 ±0,6	3,0 ±0,5	4,0 ±1,0	14,4 ±6,1
40	88,2	3,6 ±0,5	3,8 ±0,6	3,0 ±0,6	3,2 ±0,7	10,3 ±3,6
через 95 суток						
0	97,1	6,1 ±0,5	5,5 ±0,7	3,3 ±0,4	2,8 ±0,3	8,6 ±1,2
5	73,5	7,0 ±0,9	5,7 ±0,9	3,0 ±0,5	3,7 ±0,7	9,8 ±1,4
10	85,3	6,4 ±0,8	6,0 ±0,8	2,9 ±0,3	4,0 ±1,0	10,2 ±2,0
20	67,7	6,6 ±1,0	6,4 ±1,0	2,9 ±0,4	3,4 ±0,8	11,6 ±5,9
30	82,4	6,2 ±0,8	6,4 ±1,0	3,5 ±0,5	4,5 ±1,1	16,8 ±5,8
40	82,4	6,5 ±0,6	7,1 ±0,8	3,4 ±0,6	4,5 ±0,9	14,0 ±3,4
через 200 суток						
0	97,1	10,7 ±0,8	12,5 ±1,0	3,6 ±0,5	3,1 ±0,3	10,7 ±1,6
5	73,5	12,2 ±0,9	13,0 ±1,1	3,5 ±0,5	4,2 ±0,7	13,1 ±1,8
10	85,3	12,0 ±0,7	12,7 ±1,1	3,3 ±0,4	4,3 ±1,0	12,6 ±2,2
20	67,7	11,8 ±0,6	12,8 ±0,9	4,1 ±0,6	3,6 ±0,8	15,2 ±3,1
30	79,4	10,9 ±0,6	11,2 ±1,0	4,3 ±0,6	4,8 ±1,2	20,2 ±5,4
40	79,4	10,4 ±0,6	10,8 ±0,8	4,1 ±0,6	4,3 ±0,9	15,1 ±2,4

На 95 день опыта развитие растений в вариантах происходило уже несколько иным образом. У Сорта Красностоп Карпи лучшие показатели развития были по длине побега в варианте 5 г/л; по числу листьев – 40 г/л, по развитию корней (число и длина) – в вариантах с 30 и 40 г/л сахарозы. Наиболее низкие показатели в этот период были в варианте без сахарозы. Особенности развития сорта Сибирьковый в этот период были следующие: по высоте побегов лучшими были варианты с концентрациями сахарозы от 5 до 20 г/л включительно; по числу листьев – варианты 10 и 20 г/л; по показателю «число корней» – от 5 до 20 г/л; длина корней, как и ранее, лучшей была в вариантах 30 и 40 г/л. При этом в указанных вариантах отмечали наименьшие показатели длины побега и числа листьев, с тенденцией уменьшения при возрастании концентрации сахарозы.

На 200 сутки опыта отмечали следующие закономерности: разница по развитию между сортами почти полностью нивелировалась, небольшие различия оставались только по длине побега и числу листьев в пользу сорта Сибирьковый. У сорта Красностоп Карпи при этом лучшие показатели по развитию побега и листьев были в вариантах 5 и 10 г/л, а корневой системы, как и прежде, в варианте с 30 г/л. Наименьшие показатели развития побега и листьев были в вариантах 30 и 40 г/л, а также в варианте без сахарозы. При этом отмечали четкую тенденцию снижения показателей развития корневой системы со снижением концентрации сахарозы по вариантам опыта. У сорта Сибирьковый лучшие показатели были: по длине побега при использовании 5 и 20 г/л сахарозы, по числу листьев - 10 и 20 г/л, по числу корней лучшие варианты содержали - 5 и 10 г/л. Наименьшие показатели развития: по длине побега – в вариантах с 30 и 40 г/л; по числу корней – 40 г/л и в варианте без сахарозы, по длине корней наименьшие показатели также были в варианте без сахарозы.

Таблица 2 - Влияние различных концентраций сахарозы на морфогенез и сохранность сорта Сибирьковский, 2020-2022 гг.

Концентрация сахарозы, г/л	Развитие и сохранность микрорастений, %	Высота растения, см	Число листьев, шт.	Число корней, шт.	Длина корня, см	Длина корней, см
30 суток						
0	100,0	3,89 ±0,3	2,9 ±0,2	4,6 ±0,8	1,0 ±0,2	3,9 ±0,6
5	100,0	4,03 ±0,6	2,8 ±0,3	5,2 ±0,7	0,9 ±0,1	4,3 ±0,7
10	97,1	3,82 ±0,4	2,7 ±0,3	5,6 ±0,6	0,9 ±0,2	4,8 ±0,7
20	97,1	3,87 ±0,5	3,4 ±0,3	4,1 ±0,8	1,3 ±0,3	5,0 ±1,1
30	88,2	3,10 ±0,4	3,0 ±0,3	3,5 ±0,6	1,5 ±0,3	4,5 ±0,8
40	94,1	3,03 ±0,4	2,9 ±0,3	4,1 ±0,6	1,9 ±0,5	7,7 ±2,1
62 суток						
0	97,1	10,9 ±1,1	8,4 ±1,0	5,0 ±0,7	2,1 ±0,2	9,5 ±1,3
5	97,1	9,43 ±0,9	5,7 ±0,4	6,3 ±0,6	1,7 ±0,3	10,0 ±1,3
10	91,2	9,55 ±0,6	6,1 ±0,2	6,1 ±0,5	1,8 ±0,2	10,6 ±0,8
20	88,2	9,29 ±0,9	6,2 ±0,5	5,4 ±0,8	2,5 ±0,4	11,7 ±1,9
30	76,5	7,08 ±1,0	4,9 ±0,6	5,0 ±0,6	2,8 ±0,3	13,5 ±1,9
40	97,1	6,18 ±1,1	5,7 ±0,7	4,7 ±0,7	2,9 ±0,5	12,4 ±3,0
95 суток						
0	97,1	11,3 ±0,8	8,8 ±0,4	5,5 ±0,8	2,4 ±0,5	11,8 ±2,3
5	97,1	13,7 ±1,2	8,8 ±0,5	7,1 ±0,7	1,8 ±0,2	12,2 ±1,2
10	91,2	14,4 ±0,4	9,3 ±0,2	6,9 ±0,6	1,9 ±0,2	12,2 ±0,9
20	88,2	13,7 ±0,9	9,3 ±0,6	6,4 ±0,8	2,8 ±0,5	15,8 ±2,4
30	76,5	10,6 ±1,4	7,1 ±0,7	5,6 ±0,6	3,1 ±0,4	16,5 ±2,2
40	97,1	8,1 ±1,5	7,0 ±0,9	4,9 ±0,8	3,3 ±0,6	15,7 ±3,3
200 суток						
0	97,1	14,3 ±0,8	11,7 ±0,4	5,4 ±0,8	2,21 ±0,2	11,1 ±1,2
5	97,1	14,6 ±1,1	10,9 ±0,6	7,5 ±0,7	1,82 ±0,1	13,1 ±1,3
10	91,2	15,9 ±0,2	11,4 ±0,3	7,4 ±0,7	1,94 ±0,1	13,8 ±1,2
20	88,2	15,2 ±0,6	12,0 ±0,5	6,9 ±0,8	2,94 ±0,5	18,0 ±2,1
30	76,5	12,8 ±1,6	12,0 ±1,4	6,1 ±0,7	3,22 ±0,5	18,1 ±3,0
40	97,1	11,1 ±1,7	11,5 ±1,3	5,7 ±0,8	4,93 ±0,6	23,4 ±4,4

Так, по показателю развившихся и сохранившихся растений через год наблюдения за опытом установлено, что для обоих сортов лучшим был вариант, где совсем не применялась сахароза (рис. 1). Наихудшие же показатели у обоих сортов были в четвертом варианте при использовании концентрации сахарозы 20 г/л. При этом для сорта Красностоп Карпи эти тенденции были менее выражены, и в целом по вариантам, у данного сор-

та процент развившихся и сохранившихся микрочеренков через год культивирования был выше, чем у сорта Сибирьковый. При этом если анализировать данные на 200 день опыта, то в общем, по вариантам не было значительных отличий. Это можно объяснить тем, что сорт Сибирьковый обладает более быстрыми темпами развития в культуре *in vitro*, в связи с чем у него раньше начинаются и процессы старения. Это отчасти объясняет лучшие показатели сохранности растений у обоих сортов варианте без сахарозы. Однако развитие микрорастений в варианте без сахарозы несколько отличалось от роста и развития в вариантах с сахарозой. Основное отличие в развитии выражалось в более тонких побегах, мелких листьях, коротких и тонких корешках. Визуальное состояние сохранившихся растений через год культивирования представлено на рисунках 2 и 3.

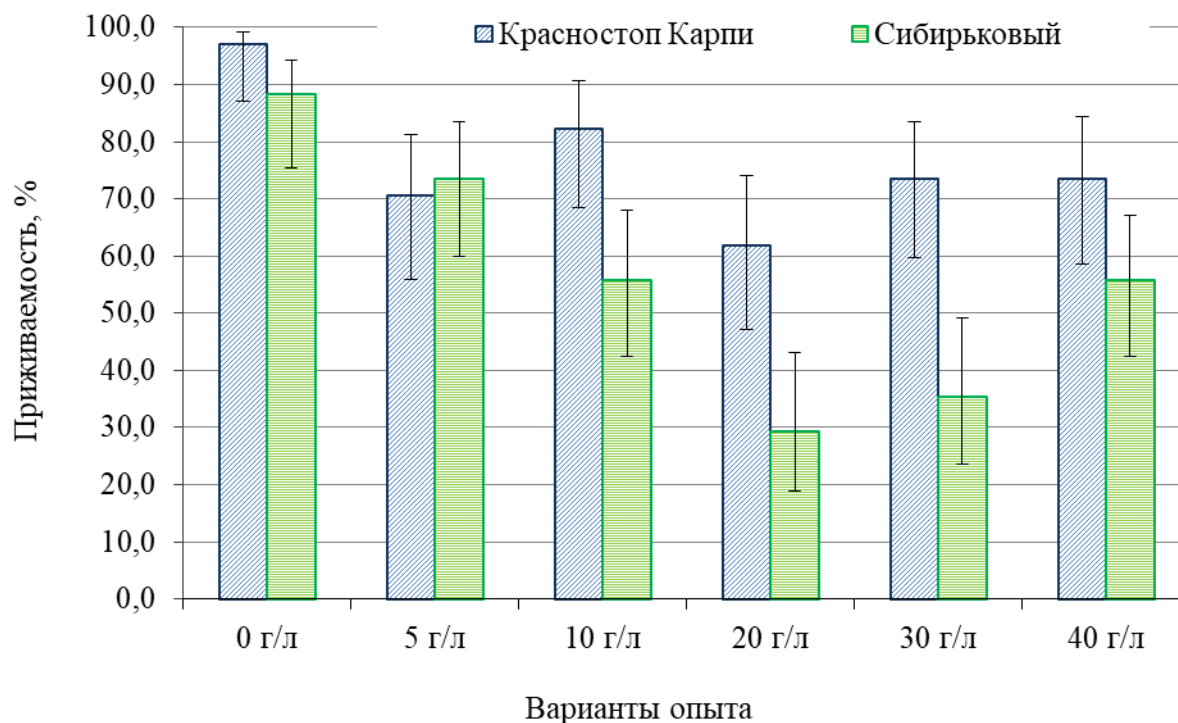


Рис. 1. Сохранение жизнеспособности микрорастений после 365 дней культивирования, на различных вариантах опыта, 2020 г.

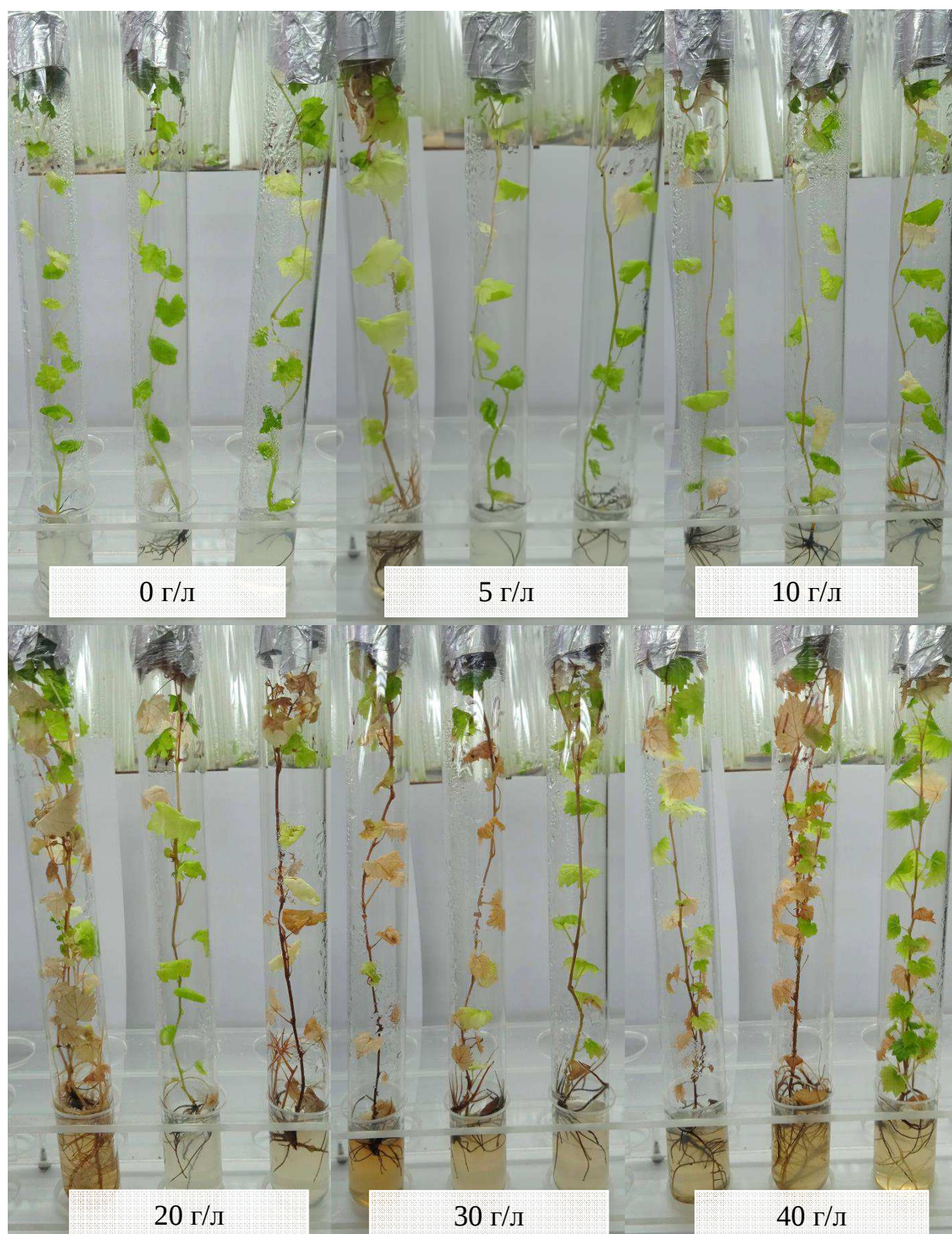


Рис. 2. Состояние растений сорта Сибирьковский в вариантах с различными концентрациями сахарозы, на 365 день депонирования.

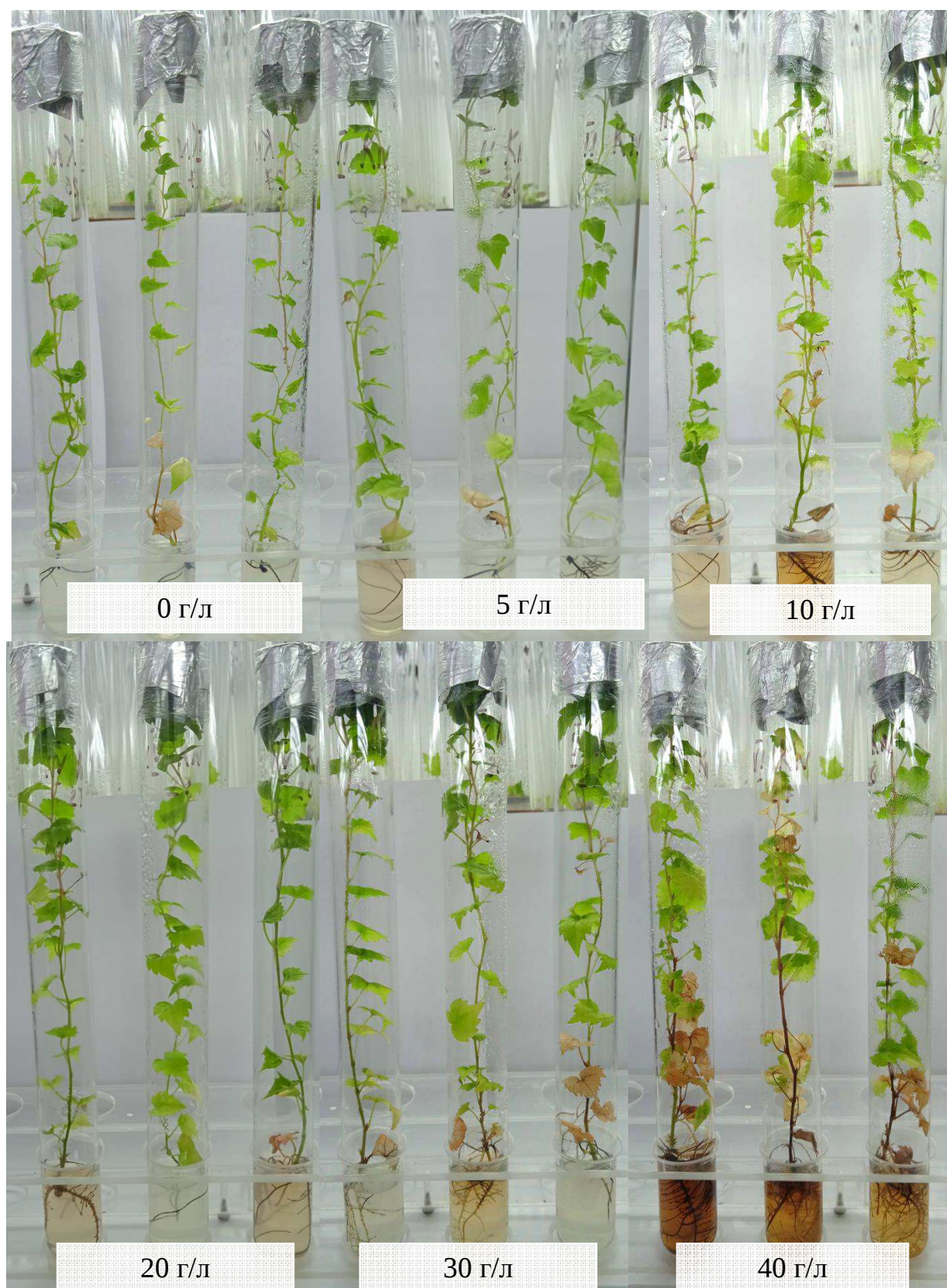


Рис. 3. Состояние растений сорта Красностоп Карпи, в вариантах с различными концентрациями сахарозы, на 365 день депонирования.

Представленные фото свидетельствуют, что наибольшие процессы старения через год после высадки проявляются у сорта Сибирьковый, особенно они заметны при использовании концентраций сахарозы от 20 до 40 г/л. У сорта Красностоп Карпи процессы старения во всех вариантах были менее выражены, и в наибольшей степени проявились при использовании концентраций 30 и 40 г/л. При этом необходимо отметить происшедшие процессы вызревания побегов, наблюдаемые у некоторых растений в вариантах с высокими концентрациями сахарозы.

Таким образом, можно утверждать, что процессы развития и сохранения жизнеспособного состояния у растений *in vitro* находятся в определенной взаимосвязи. Чем быстрее растут растения в культуре *in vitro*, тем раньше у них запускаются и процессы старения. При этом замедление ростовых процессов повышенными концентрациями сахарозы не всегда может быть целесообразно, так как при этом стрессовое влияние, например, такое как нарушение процессов фотосинтеза [26], способствует более раннему угнетению жизнеспособности пробирочных растений и меньшему числу полноценно развитых и сохранившихся микрорастений винограда.

Выводы. Сортовая реакция модельных сортов в опыте с различными концентрациями сахарозы в питательной среде проявила как общие закономерности, так и незначительные отличия. Для сорта Сибирьковый оптимальные концентрации для развития большинства показателей микрорастений были в диапазоне от 5 до 20 г/л, а для сорта Красностоп Карпи – 5-10 г/л. У обоих сортов отмечали четкую тенденцию – при снижении концентрации сахарозы ниже и увеличении выше 30,0 г/л происходило уменьшение показателя длины корня.

Наилучшие показатели развития и сохранности растений через год отмечали в варианте, где совсем не использовалась сахароза, незначительно

уступал ему вариант с наименьшей концентрацией сахарозы – 5,0 г/л. При этом на высоких концентрациях, несмотря на худшую сохранность, отмечали замедление ростовых процессов побега и его вызревание у некоторых растений.

Литература

1. Кокшарова М.К., Лепп Ф.Р., Келик Л.А. Влияние сахарозы и регулятора роста на индукцию образования микроклубней картофеля в культуре *in vitro* // Вестник биотехнологии. 2017. № 1 (11). С. 12.
2. Чернышева Н.Н., Гусева К.Ю. Сортовая реакция растений картофеля (*Solanum tuberosum* L.) На культуральную среду при клубнеобразовании *in vitro* // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 11 (157). С. 26-29.
3. Мякишева Е.П., Таварткиладзе О.К. Индукция микроклубнеобразования растений картофеля *Solanum tuberosum* L. в культуре *in vitro* // Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и образования: сборник научных статей международной конференции (Барнаул, 20-24 октября 2015 г.). Барнаул: Алтайский государственный университет. 2015. С. 1632-1636.
4. Дауров Д.Л., Даурова А.К., Абай Ж.С., Жапар К.К., Жамбакин К.Ж., Шамекова М.Х. Волков Д.В., Получение микроклубней картофеля в жидкой питательной среде // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. 2020. Т. 58. № 4. С. 432-442.
5. Islam M.S., Roni M.Z.K, Jamal Uddin A.F.M., Shimasaki K. Tracing the role of sucrose in potato microtuber formation *in vitro* // Plant Omics, 2017. P. 15-19
6. Udomdee W., Pei Jung, W., Lee., Chin S., Chen F. Effect of sucrose concentration and seed maturity on *in vitro* germination of *Dendrobium nobile* hybrids // Plant Growth Regulation, 2013. 72.
7. Freitas, C.P., Carvalho V., Nievola C.C. Effect of sucrose concentrations on *in vitro* growth and subsequent acclimatization of the native bromeliad // Biotemas, 2015. 28 (3): P. 37-42
8. Santos E., Martins J., Rodrigues L., Gontijo A., Barcelos P., Falqueto A. Morphophysiological responses of *Billbergia zebrina* Lindl. (*Bromeliaceae*) in function of types and concentrations of carbohydrates during conventional *in vitro* culture // Ornamental Horticulture. (2020). 26. P. 18-34.
9. Martins, J.P., Pasqual, M., Martins, A.D., Ribeira S.F. Effects of salts and sucrose concentrations on *in vitro* propagation of *Billbergia zebrina* (Herbert) Lindley (*Bromeliaceae*) // AJCS 2015. 9(1) P. 85-91
10. Дитченко Т.И., Синкевич Н.М., Юрин В.М. Зависимость показателей роста каллусной культуры *Echinacea purpurea* от содержания фитогормонов и сахарозы в питательной среде // Перспективы и проблемы развития биотехнологии в рамках единого экономического пространства стран Содружества: материалы Межд. науч.-практ. конф. (Минск-Нарочь, 25-28 мая 2005 г.). Мн.: РИВШ, 2005. С. 61-62.

11. Загоскина Н.В., Нечаева Т.Л., Николаева Т.Н., Лапшин П.В., Гончарук Е.А. Углеводы питательной среды и их влияние на рост и накопление фенольных соединений в каллусной культуре чайного растения (*Camellia sinensis* L.) // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2016. № 25 (246). С. 45-55.
12. Шульгина А.А., Калашникова Е.А., Тараканов И.Г. Зависимость морфогенеза *stevia rebaudiana in vitro* от факторов различной природы // Известия Уфимского научного центра РАН. 2018. № 3-5. С. 105-109.
13. Smeekens S., Ma J., Hanson J., Rolland F. Sugar signals and molecular networks controlling plant growth // Current Opinion in Plant Biology. 2010. Vol. 3. P. 273-278.
14. Fotopoulos V. Plant invertases: structure, function and regulation of a diverse enzyme family // J. Biol. Res. 2005. Vol. 4. P. 127-137.
15. Vargas W.A., Salerno G.L. The Cinderella story of sucrose hydrolysis: alkaline/neutral invertases, from cyanobacteria to unforeseen roles in plant cytosol and organelles // Plant Science. 2010. Vol. 178, № 1. P. 1-8.
16. Gupta A.K., Kaur N. Sugar signaling and gene expression in relation to carbohydrate metabolism under abiotic stresses in plants // J. BioSci. 2005. Vol. 30. P. 761-776.
17. Дорошенко Н.П., Куприкова А.С., Пузырнова В.Г. Влияние сахарозы на замедление роста и сохранение растений винограда в коллекции *in vitro* [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2017. № 46 (4). С. 33-48.
18. Егорова Н.А., Ставцева И.В., Якимова О.В., Каменек Л.И., Кривоухатко А.Г. Некоторые аспекты клонального микроразмножения и сохранения *in vitro* эфиромасличных растений // Таврический вестник аграрной науки. 2015. № 1 (3). С. 18-24.
19. Молканова О.И., Коновалова Т.Ю., Ширнина И.В., Крахмалева И.Л., Ахметова Л.Р., Королева О.В., Раева-Богословская Е.Н. Методологические основы сохранения растений в генетическом банке *in vitro* // Плодоводство и ягодоводство России. 2019. Т. 58. С. 253-258.
20. Князева И.В., Сорокопудов В.Н., Сорокопудова О.А. Элементы оптимизации технологии сохранения смородины черной *in vitro*. // Вестник КрасГАУ. 2020. № 6 (159). С. 48-55.
21. Бутенко Р.Г. Культура изолированных тканей и физиология морфогенеза растений. – М.: Наука, 1964. – 272 с.
22. Голодрига, П.Я. Методические рекомендации по клональному микроразмножению винограда / ВНИИВиПП «Магараж» (П.Я. Голодрига, В.А. Зленко, Л.А. Чекмарев) ИФР АН СССР (Р.Г. Бутенко), ИФР АН УССР (Б.А. Левенко) [и др.]. Ялта: Издательская группа ВНИИ ВиПП «Магараж», 1986. 56 с.
23. Дорошенко Н.П. Клональное микроразмножение и оздоровление посадочного материала винограда для создания из него сортовых маточников интенсивного типа (методические рекомендации). Москва, 1992. 24 с.
24. Питательная среда для укоренения побегов винограда в культуре *in vitro*: патент РФ № 2676127 / Ребров А.Н.; заявл. 2017.03.13 опубл. 2018.12.26, Бюл. № 36. 6 с.
25. Гржибовский, А.М. Доверительные интервалы для частот и долей / А.М. Гржибовский // Экология человека. 2008. № 5. С. 57-60.

26. Sundyrev M.A., Rebrov A.N., Mishko A.E. Influence of sucrose concentration in the culture medium on the condition of the photosynthetic apparatus of grapes cultured *in vitro* // BIO Web of Conferences. Federal State Budgetary Scientific Institution North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture. 2020. C. 04003.

References

1. Koksharova M.K., Lepp F.R., Kelik L.A. Vliyanie saharozy i regulatora rosta na indukciyu obrazovaniya mikroklubnej kartofelya v kul'ture *in vitro* // Vestnik biotekhnologii. 2017. № 1 (11). S. 12.
2. Chernysheva N.N., Guseva K.Yu. Sortovaya reakciya rastenij kartofelya (*Solanum tuberosum* L.) Na kul'tural'nyu sredu pri klubneobrazovanii *in vitro* // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 11 (157). S. 26-29.
3. Myakisheva E.P., Tavartkiladze O.K. Indukciya mikroklubneobrazovaniya rastenij kartofelya *Solanum tuberosum* L. v kul'ture *in vitro* // Lomonosovskie chteniya na Altae: fundamental'nye problemy nauki i obrazovaniya: sbornik nauchnyh statej mezhdunarodnoj konferencii (Barnaul, 20-24 oktyabrya 2015 g.). Barnaul: Altajskij gosudarstvennyj universitet. 2015. S. 1632-1636.
4. Daurov D.L., Daurova A.K., Abaj Zh.S., Zhapar K.K., Zhambakin K.Zh., Shamekova M.H. Volkov D.V., Poluchenie mikroklubnej kartofelya v zhidkoj pitatel'noj srede // Vesci Nacyyanal'naj akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnyh navuk. 2020. T. 58. № 4. S. 432-442.
5. Islam M.S., Roni M.Z.K, Jamal Uddin A.F.M., Shimasaki K. Tracing the role of sucrose in potato microtuber formation *in vitro* // Plant Omics, 2017. R. 15-19
6. Udomdee W., Pei Jung, W., Lee., Chin S., Chen F. Effect of sucrose concentration and seed maturity on *in vitro* germination of *Dendrobium nobile* hybrids // Plant Growth Regulation, 2013. 72.
7. Freitas, C.P., Carvalho V., Nievola C.C. Effect of sucrose concentrations on *in vitro* growth and subsequent acclimatization of the native bromeliad // Biotemas, 2015. 28 (3): R. 37-42
8. Santos E., Martins J., Rodrigues L., Gontijo A., Barcelos P., Falqueto A. Morphophysiological responses of *Billbergia zebrina* Lindl. (*Bromeliaceae*) in function of types and concentrations of carbohydrates during conventional *in vitro* culture // Ornamental Horticulture. (2020). 26. P. 18-34.
9. Martins, J.P., Pasqual, M., Martins, A.D., Ribeira S.F. Effects of salts and sucrose concentrations on *in vitro* propagation of *Billbergia zebrina* (Herbert) Lindley (*Bromeliaceae*) // AJCS 2015. 9(1) R. 85-91
10. Ditchenko T.I., Sinkevich N.M., Yurin V.M. Zavisimost' pokazatelej rosta kallusnoj kul'tury *Echinacea purpurea* ot soderzhaniya fitogormonov i saharozy v pitatel'noj srede // Perspektivy i problemy razvitiya biotekhnologii v ramkah edinogo ekonomicheskogo prostranstva stran Sodruzhestva: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (Minsk-Naroch', 25-28 maya 2005 g.). Mn.: RIVSh, 2005. S. 61-62.
11. Zagorskina N.V., Nechaeva T.L., Nikolaeva T.N., Lapshin P.V., Goncharuk E.A. Uglevody pitatel'noj sredy i ih vliyanie na rost i nakoplenie fenol'nyh soedinenij v kallusnoj kul'ture chajnogo rasteniya (*Samellia sinensis* L.) // Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki. 2016. № 25 (246). S. 45-55.

12. Shul'gina A.A., Kalashnikova E.A., Tarakanov I.G. Zavisimost' morfogeneza stevia rebaudiana *in vitro* ot faktorov razlichnoj prirody // Izvestiya Ufimskogo nauchnogo centra RAN. 2018. № 3-5. S. 105-109.
13. Smeekens S., Ma J., Hanson J., Rolland F. Sugar signals and molecular networks controlling plant growth // Current Opinion in Plant Biology. 2010. Vol. 3. P. 273-278.
14. Fotopoulos V. Plant invertases: structure, function and regulation of a diverse enzyme family // J. Biol. Res. 2005. Vol. 4. P. 127-137.
15. Vargas W.A., Salerno G.L. The Cinderella story of sucrose hydrolysis: alkaline/neutral invertases, from cyanobacteria to unforeseen roles in plant cytosol and organelles // Plant Science. 2010. Vol. 178, № 1. P. 1-8.
16. Gupta A.K., Kaur N. Sugar signaling and gene expression in relation to carbohydrate metabolism under abiotic stresses in plants // J. BioSci. 2005. Vol. 30. P. 761-776.
17. Doroshenko N.P., Kuprikova A.S., Puzyrnova V.G. Vliyanie saharozy na zamedlenie rosta i sohraneniye rasteniy vinograda v kolleksii *in vitro* [Elektronnyy resurs] // Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii. 2017. № 46 (4). S. 33-48.
18. Egorova N.A., Stavceva I.V., Yakimova O.V., Kamenek L.I., Krivohatko A.G. Nekotorye aspekty klonal'nogo mikrorazmnozheniya i sohraneniya *in vitro* efiromaslichnykh rasteniy // Tavricheskij vestnik agrarnoy nauki. 2015. № 1 (3). S. 18-24.
19. Molkanova O.I., Konovalova T.Yu., Shirnina I.V., Krahmaleva I.L., Ahmetova L.R., Koroleva O.V., Raeva-Bogoslovskaya E.N. Metodologicheskie osnovy sohraneniya rasteniy v geneticheskom banke *in vitro* // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. 2019. T. 58. S. 253-258.
20. Knyazeva I.V., Sorokopudov V.N., Sorokopudova O.A. Elementy optimizatsii tekhnologii sohraneniya smorodiny chernoy *in vitro*. // Vestnik KrasGAU. 2020. № 6 (159). S. 48-55.
21. Butenko R.G. Kul'tura izolirovannykh tkanej i fiziologiya morfogeneza rasteniy. – M.: Nauka, 1964. – 272 s.
22. Golodriga, P.Ya. Metodicheskie rekomendatsii po klonal'nomu mikrorazmnozheniyu vinograda / VNIIViPP «Magarach» (P.Ya. Golodriga, V.A. Zlenko, L.A. Chekmarev) IFR AN SSSR (R.G. Butenko), IFR AN USSR (B.A. Levenko) [i dr.]. Yalta: Izdatel'skaya gruppa VNII ViPP «Magarach», 1986. 56 s.
23. Doroshenko N.P. Klonal'noe mikrorazmnozhenie i ozdorovlenie posadochnogo materiala vinograda dlya sozdaniya iz nego sortovykh matochnikov intensivnogo tipa (metodicheskie rekomendatsii). Moskva, 1992. 24 s.
24. Pitatel'naya sreda dlya ukoreneniya pobegov vinograda v kul'ture *in vitro*: patent RF № 2676127 / Rebrov A.N.; zayavl. 2017.03.13 opubl. 2018.12.26, Byul. № 36. 6 s.
25. Grzhibovskij, A.M. Doveritel'nye intervaly dlya chastot i dolej / A.M. Grzhibovskij // Ekologiya cheloveka. 2008. № 5. S. 57-60.
26. Sundyreva M.A., Rebrov A.N., Mishko A.E. Influence of sucrose concentration in the culture medium on the condition of the photosynthetic apparatus of grapes cultured *in vitro* // BIO Web of Conferences. Federal State Budgetary Scientific Institution North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture. 2020. S. 04003.