

УДК 634.8.037:581.143.6

UDC 634.8.037:581.143.6

DOI 10.30679/2219-5335-2023-5-83-81-93

DOI 10.30679/2219-5335-2023-5-83-81-93

**ВЛИЯНИЕ
РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ
ГЛЮКОЗЫ В ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ
НА МОРФОГЕНЕЗ РАСТЕНИЙ
ВИНОГРАДА *IN VITRO***

**INFLUENCE
OF VARIOUS CONCENTRATIONS
OF GLUCOSE IN THE NUTRIENT
MEDIUM ON THE MORPHOGENESIS
OF GRAPEVINE PLANTS *IN VITRO***

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

*Всероссийский научно-исследовательский
институт виноградарства и виноделия
имени Я.И. Потанина – 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 изучения органического питания виноградных растений в культуре *in vitro*, нами были проведены исследования по влиянию глюкозы, вводимой в питательную среду, на морфогенез пробирочных растений винограда. Опыты осуществляли на двух модельных сортах (Сибирьковский и Красностоп Карпи), отобранных нами из лабораторной коллекции оздоровленных растений винограда *in vitro*. Данные сорта, кроме различий в генотипах, наиболее заметно отличаются особенностями развития в культуре *in vitro*, отмеченными нами ранее при их культивировании и депонировании в коллекции. Сорт Сибирьковский – один из самых быстроразвивающихся, а Красностоп Карпи –наиболее медленно развивается в культуре *in vitro*. В опыте использовали концентрации глюкозы от 0,0 (контроль сахара 10,0 г/л) до 40,0 г/л. Сортная реакция модельных сортов в опыте с различными концентрациями глюкозы

To study the organic nutrition of grape plants in *in vitro* culture, we conducted research on the effect of glucose introduced into the nutrient medium on the morphogenesis of test-tube grape plants. The experiments were carried out on two model varieties (Sibirkovyi and Krasnostop Karpi) selected by us from the laboratory collection of *in vitro* healthy grape plants. These varieties, in addition to differences in genotypes, most noticeably differ in the features of development in *in vitro* culture, which we noted earlier when they were cultivated and deposited in the collection. The Sibirkovyi variety is one of the fastest growing, and Krasnostop Karpi is one of the slowest developing varieties in *in vitro* culture. In the experiment, glucose concentrations from 0.0 (sucrose control 10.0 g/l) to 40.0 g/l were used. The varietal response of the model varieties in the experiment with different concentrations of glucose in the nutrient medium was

в питательной среде была несколько различна. Сорт Сибирьковский уже в первые сроки учета в полтора раза опережал по развитию сорт Красностоп Карпи. При этом для сорта Сибирьковский оптимальным диапазоном концентраций для развития и сохранения микрорастений по большинству показателей был диапазон от 5 до 20 г/л, а для сорта Красностоп Карпи оптимальный диапазон был несколько уже – 10-20 г/л. На высоких концентрациях глюкозы 30,0-40,0 г/л растения обоих сортов испытывали стресс, что проявлялось в интенсивном выделении фенолов в питательную среду (наиболее явно это проявлялось у сорта Сибирьковский), и часто растения не достигали в процессе онтогенеза верха культивационного сосуда, кроме того, у них раньше проявлялись процессы старения. При этом на высоких концентрациях глюкозы было отмечено замедление ростовых процессов и вызревание побегов у отдельных микрорастений.

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

different. The variety Sibirkovyi was already one and a half times ahead of the variety Krasnostop Karpi in development in the first terms of accounting. At the same time, for the Sibirkovyi variety, the optimal range of concentrations for the development and preservation of microplants according to most indicators was the range from 5 to 20 g/l, and for the Krasnostop Karpi variety, the optimal range was narrower – 0-20 g/l. At high glucose concentrations of 30,0-40,0 g/l, the plants of both varieties experienced stress, which was manifested in the intensive release of phenols into the nutrient medium (this was most clearly manifested in the Sibirkovyi variety), and often the plants did not reach the top of the cultivation vessel during ontogenesis. besides, they showed earlier aging processes. At the same time, at high concentrations of glucose, a slowdown in growth processes and its ripening of shoots in individual microplants was noted.

Key words: *IN VITRO* GRAPE PLANTS, CONCENTRATION OF GLUCOSE IN THE NUTRITIONAL MEDIUM, *IN VITRO* PLANT MORPHOGENESIS

Введение. Оптимизация углеродного питания растений в культуре *in vitro* является важным фактором, определяющим эффективность микроклонального размножения в замкнутой искусственной системе. При этом в качестве источника углерода для растений *in vitro* чаще всего используют сахарозу [1-10]. Реже встречаются работы по использованию других углеводов в питательной среде. По нашему предположению, одним из перспективных углеводов при культивировании растений винограда в культуре *in vitro* может стать глюкоза. В последнее время из научных сообщений по использованию глюкозы при микроклональном размножении растений известно, что чаще всего исследователи ее применяют как самостоятельный источник питания в концентрации 20,0 или 30,0 г/л [11-20] или в сочетании

с сахарозой, в концентрации 2,0 % сахарозы и 1,0 % глюкозы [20-23]. В видовом разрезе растений глюкозу успешно применяют при культивировании *in vitro* таких культур как ирис [11], актинидия [12], роза [13, 16], жимолость [14], картофель [15], малина душистая [19], пеперомия [20], крыжовник [21], чай [22] и гмелина древовидная [24]. При этом нами не выявлено в научной литературе сообщений о применении глюкозы в качестве источника углерода для виноградных растений. В связи с вышесказанным считаем, что изучение влияния добавления различных концентраций глюкозы в питательную среду поможет установить ее влияние на развитие пробирочных растений винограда в разрезе сортовой специфики и будет способствовать оптимизации технологии микрклонального размножения этой культуры.

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

При работе со стерильными объектами руководствовались общепринятыми при микрклональном размножении методиками, в том числе разработанными для винограда [25]. Исследования проводили на этапе микрочеренкования микропобегов в культуре *in vitro*. Экспланты – микрочеренки пробирочных растений высаживали на питательную среду, разработанную нами ранее [26]. На каждый вариант опыта высаживали по 50 эксплантатов. Испытывали влияние различных концентраций глюкозы в питательной среде: 5, 10, 20, 30 и 40 г/л. Культивирование растений осуществляли при температуре воздуха 23-24 °С и освещенности 2100-2200 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 микрорастений рассчитывали методом Уилсона [27].

Обсуждение результатов. Для изучения особенностей применения глюкозы виноградного растения в культуре *in vitro*, были взяты два сорта с противоположными характеристиками развития в данных условиях. Сорт Сибирьковский выбран как один из самых быстроразвивающихся (*in vitro*) сортов, а сорт Красностоп Карпи – как один из наиболее медленно развивающихся в культуре *in vitro*. Эти сорта отличаются еще и генетически. Сорт Сибирьковский – аборигенный донской сорт, который относят к эколого-географической группе балканских сортов Черного моря, а сорт Красностоп Карпи – перспективный сложный межвидовой гибрид, с комплексной устойчивостью и высоким качеством продукции, получен в результате скрещивания аборигенного донского сорта Красностоп золотовский и промежуточной гибридной формы. Развитие растений в вариантах с различными концентрациями глюкозы представлено в таблицах 1 и 2. По развитию микрорастений к концу первого месяца оптимальными концентрациями в питательной среде были варианты с содержанием глюкозы в диапазоне 5-20 г/л. На втором месяце развития нами отмечены высокие темпы развития даже при использовании высоких концентраций глюкозы, однако при использовании таких концентраций количество развившихся микрорастений из высаженных эксплантов на данном этапе было заметно ниже. На третий и четвертый месяц развитие растений в вариантах с высоким содержанием глюкозы замедлилось относительно других вариантов и контроля по таким показателям, как высота побега и число листьев. Однако при этом отмечали увеличение числа развившихся растений, которое вероятно тормозится на начальных этапах при повышении концентрации глюкозы в питательной среде до 30 и 40 г\л.

В то же время, как и ранее нами отмечалось при использовании высоких концентраций сахарозы [28], при повышении уровня глюкозы в пи-

тательной среде происходило заметное увеличение параметров развития корневой системы пробирочных растений.

Вероятно, это связано с адаптивной реакцией растительных организмов на повышение осмотического давления в питательной среде при увеличении концентрации сахаров, а также с накоплением запасных питательных веществ в корнях при их высокой экзогенной доступности.

Таблица 1 - Влияние разных концентраций глюкозы на развитие винограда сорта Сибирьковский

Концентрация глюкозы, г/л	Развилось микро-растений, %	Высота растения, см	Число листьев, шт.	Число корней, шт.	Длина корня, см	Длина корней, см
Учет через 30 суток						
Контроль	29,4	1,7 ±0,3	1,5 ±0,3	3,5 ±0,4	1,0 ±0,1	3,5 ±0,6
5,0	47,1	1,9 ±0,3	1,8 ±0,3	2,9 ±0,4	0,9 ±0,1	2,7 ±0,6
10,0	47,1	1,6 ±0,2	1,8 ±0,2	3,2 ±0,4	1,1 ±0,1	3,3 ±0,5
20,0	50,0	1,6 ±0,2	1,9 ±0,2	2,8 ±0,4	0,7 ±0,1	2,1 ±0,4
30,0	33,5	1,7 ±0,1	2,1 ±0,1	3,0 ±0,5	0,7 ±0,2	2,2 ±0,5
40,0	37,1	1,4 ±0,2	1,7 ±0,3	3,7 ±0,5	0,9 ±0,3	3,2 ±0,7
Учет через 62 суток						
Контроль	76,5	4,2 ±1,1	4,3 ±0,7	3,3 ±0,3	2,1 ±0,2	6,9 ±0,9
5,0	73,5	4,7 ±0,9	4,9 ±0,6	3,0 ±0,4	2,0 ±0,3	5,5 ±0,8
10,0	85,3	4,9 ±0,9	4,2 ±0,8	3,4 ±0,3	2,0 ±0,2	6,3 ±0,8
20,0	82,3	4,9 ±0,7	4,9 ±0,7	3,5 ±0,4	2,0 ±0,2	6,6 ±0,9
30,0	58,8	4,0 ±1,0	4,8 ±0,9	3,1 ±0,4	2,0 ±0,2	6,0 ±1,0
40,0	47,1	4,0 ±0,9	5,4 ±0,7	3,4 ±0,3	2,8 ±0,5	9,4 ±1,9
Учет через 95 суток						
Контроль	76,5	6,7 ±1,7	6,6 ±1,0	4,0 ±0,4	2,4 ±0,2	9,5 ±1,1
5,0	77,6	7,0 ±1,5	6,9 ±0,9	3,7 ±0,5	2,3 ±0,3	7,5 ±0,95
10,0	97,1	5,8 ±0,7	5,6 ±1,1	4,0 ±0,4	2,2 ±0,3	8,3 ±1,1
20,0	79,4	6,6 ±1,2	7,4 ±1,0	4,1 ±0,4	2,1 ±0,3	8,5 ±1,1
30,0	73,5	5,2 ±1,7	6,0 ±1,4	4,1 ±0,4	2,5 ±0,5	9,0 ±1,2
40,0	73,5	5,6 ±1,3	6,7 ±1,2	4,6 ±0,2	3,7 ±0,8	17,1 ±3,9
Учет через 120 суток						
Контроль	76,5	9,1 ±2,1	8,6 ±1,3	4,1 ±0,3	2,5 ±0,2	10,2 ±1,1
5,0	77,6	9,2 ±1,9	8,8 ±1,2	3,7 ±0,5	2,5 ±0,4	8,4 ±1,2
10,0	97,1	8,7 ±2,2	9,2 ±1,5	3,3 ±0,4	2,4 ±0,3	9,3 ±1,2
20,0	79,4	9,2 ±1,7	9,7 ±1,3	4,0 ±0,4	2,4 ±0,3	10,3 ±1,4
30,0	73,5	7,7 ±2,0	7,3 ±1,8	4,2 ±0,4	2,9 ±0,7	11,0 ±1,6
40,0	82,3	6,6 ±1,8	7,0 ±1,7	4,6 ±0,3	4,6 ±1,1	20,7 ±5,6

Таблица 2 - Влияние разных концентраций глюкозы на развитие винограда сорта Красностоп Карпи

Концентрация глюкозы, г/л	Развитие эксплантов, %	Высота растения, см	Число листьев, шт.	Число корней, шт.	Длина корня, см	Длина корней, см
Учет через 31 день						
Контроль	29,4	1,2 ±0,2	1,4 ±0,2	1,6 ±0,2	2,1 ±0,6	2,8 ±0,7
5,0	20,6	1,0 ±0,1	1,6 ±0,2	1,2 ±0,1	1,4 ±0,4	1,8 ±0,6
10,0	38,2	0,8 ±0,2	1,4 ±0,2	1,3 ±0,2	1,5 ±0,3	1,9 ±0,5
20,0	11,8	0,9 ±0,2	1,3 ±0,2	1,5 ±0,2	1,3 ±0,2	2,0 ±0,5
30,0	14,7	0,7 ±0,1	1,0 ±0,1	1,7 ±0,2	0,7 ±0,1	1,2 ±0,4
40,0	5,9	0,7 ±0,1	1,5 ±0,2	2,0 ±0,4	1,1 ±0,3	1,6 ±0,6
Учет через 62 дня						
Контроль	88,2	3,2 ±0,4	3,6 ±0,5	1,6 ±0,2	3,7 ±0,7	5,2 ±0,7
5,0	76,5	3,0 ±0,2	3,4 ±0,4	1,3 ±0,2	3,1 ±0,4	3,9 ±0,6
10,0	85,3	3,2 ±0,2	3,9 ±0,4	1,7 ±0,3	2,9 ±0,4	4,6 ±0,8
20,0	88,2	3,1 ±0,3	3,3 ±0,4	1,9 ±0,2	2,5 ±0,4	4,4 ±0,6
30,0	79,4	2,6 ±0,5	3,0 ±0,4	3,0 ±0,5	2,3 ±0,3	7,1 ±1,3
40,0	61,8	2,2 ±0,5	2,6 ±0,5	2,4 ±0,4	1,9 ±0,4	5,1 ±1,8
Учет через 95 дней						
Контроль	91,2	5,4 ±0,6	6,4 ±0,6	1,5 ±0,2	4,5 ±0,8	6,1 ±0,8
5,0	85,3	4,9 ±0,3	5,8 ±0,5	1,4 ±0,2	4,2 ±0,6	5,5 ±0,7
10,0	85,3	6,5 ±0,4	6,9 ±0,4	1,8 ±0,3	3,7 ±0,4	6,2 ±0,9
20,0	94,1	6,6 ±0,5	6,0 ±0,6	2,1 ±0,3	3,2 ±0,5	6,2 ±0,8
30,0	85,3	5,6 ±0,6	5,6 ±0,5	3,0 ±0,4	3,4 ±0,5	10,0 ±1,9
40,0	85,3	5,1 ±0,7	5,1 ±0,6	3,2 ±0,3	3,1 ±0,5	10,2 ±2,1
Учет через 120 дней						
Контроль	91,2	8,0 ±0,7	9,7 ±0,7	1,6 ±0,2	5,4 ±1,1	7,2 ±1,1
5,0	82,3	6,8 ±0,3	9,1 ±0,5	1,5 ±0,2	4,5 ±0,6	6,2 ±0,7
10,0	85,3	8,7 ±0,5	10,0 ±0,5	1,8 ±0,3	4,0 ±0,5	6,7 ±1,1
20,0	94,1	8,1 ±0,7	9,2 ±0,8	2,1 ±0,3	3,6 ±0,5	7,1 ±1,1
30,0	85,3	8,3 ±0,7	9,3 ±0,6	3,2 ±0,4	3,6 ±0,5	12,7 ±2,2
40,0	82,3	7,2 ±0,6	7,8 ±0,5	3,7 ±0,3	3,8 ±0,6	14,3 ±2,3

В разрезе сортовых особенностей оптимальные концентрации глюкозы для сорта Сибирьковый были в диапазоне от 5 до 20 г/л. Для сорта Красностоп Карпи от 10 до 20 г/л. При этом стоит отметить более мягкое влияние повышенных концентраций глюкозы на развитие растений, чем ранее нами отмечалось при использовании сахарозы, но лучшими концентрациями для сохранения жизнеспособности при продолжительном культивировании были концентрации до 20 г/л (рис.1).

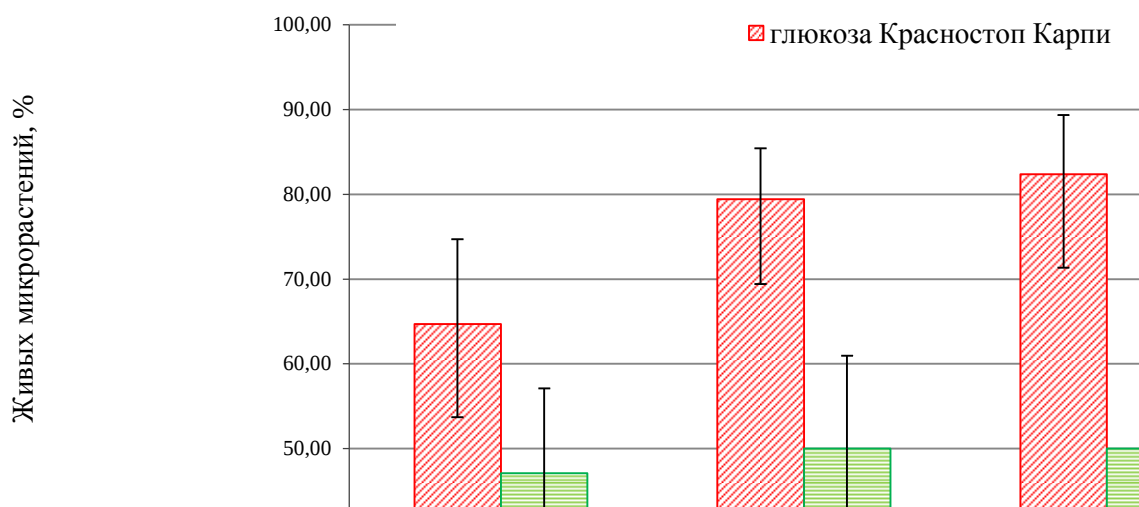


Рис. 1. Влияние различных концентраций глюкозы на количество жизнеспособных пробирочных растений в опыте через 365 дней культивирования

Однако при этом развитие микрорастений в вариантах с глюкозой несколько отличалось, в зависимости от применяемой концентрации. Визуальное состояние растений через год культивирования представлено на рисунках 2 и 3.

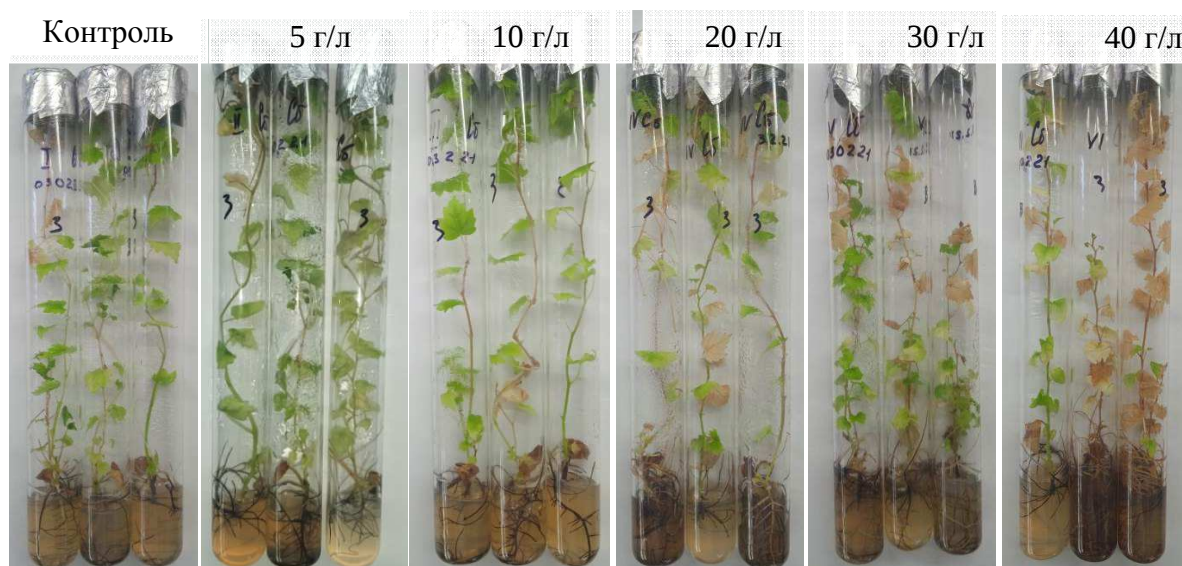


Рис. 2. Состояние растений сорта Сибирьковский в вариантах с различными концентрациями глюкозы на 365 день культивирования

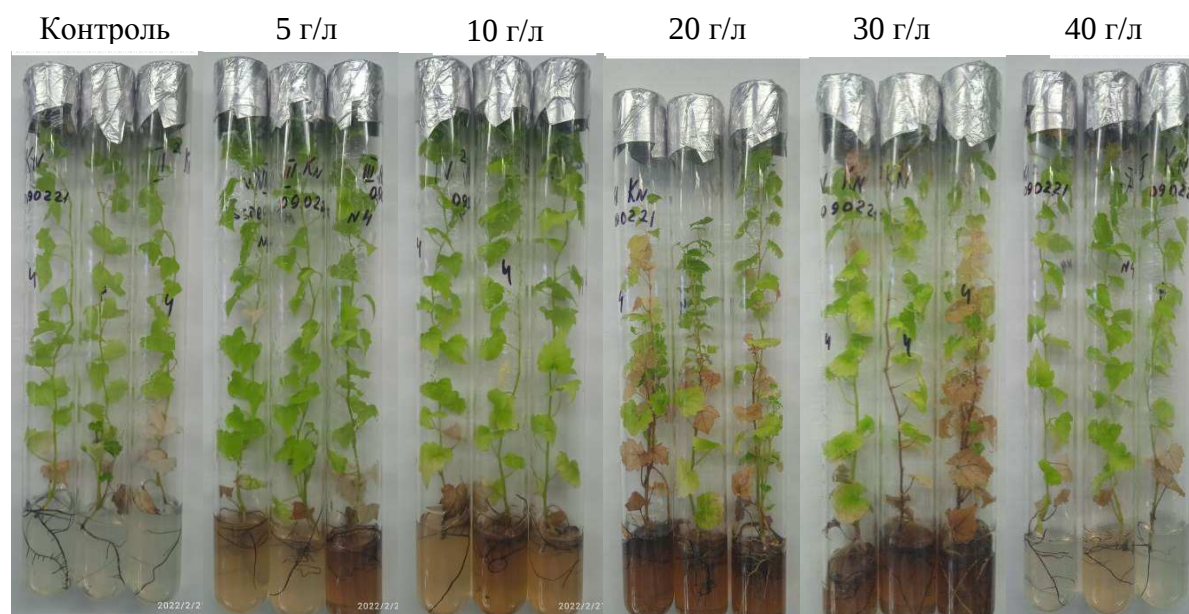


Рис. 3. Состояние растений сорта Красностоп Карпи в вариантах с различными концентрациями глюкозы на 365 день культивирования

Основное отличие между вариантами при длительном депонировании в коллекции *in vitro* выразалось в том, что растения на высоких концентрациях выделяли фенолы в питательную среду (наиболее явно это проявлялось у сорта Сибирьковый), не дорастали в процессе онтогенеза до верха культивационного сосуда и у них раньше проявлялись процессы старения. При этом у некоторых растений (на высоких концентрациях) отмечали вызревание побегов.

Выводы. Сортовая реакция модельных сортов в опыте с различными концентрациями глюкозы в питательной среде проявила как общие закономерности, так и незначительные отличия. Для обоих сортов оптимальные концентрации для развития микрорастений по большинству основных показателей были в диапазоне от 5 до 20 г/л. При этом применение глюкозы в данном диапазоне концентраций на этапе микрочеренкования и укоренения микропобегов является вполне целесообразным и эффективным

для микроклонального размножения растений винограда *in vitro* в сравнении с контролем (сахароза).

Для сорта Сибирьковый на первом этапе развития (30 дней) оптимальными концентрациями в питательной среде были варианты с содержанием глюкозы от 5 до 20 г/л. После двух месяцев нами отмечены высокие темпы развития даже при использовании высоких концентраций. При учетах на третий и четвертый месяц, развитие растений в вариантах с высоким содержанием глюкозы заметно замедлилось по таким показателям, как высота побега и число листьев, однако, как и при использовании высоких концентраций сахарозы ранее, в данных вариантах отмечали заметное увеличение параметров развития корневой системы пробирочных растений.

У сорта Красностоп Карпи в первый месяц отличительной была тенденция сдерживания развития микрорастений в вариантах с применением глюкозы. В наибольшей степени это проявлялось при повышении концентрации в среде до 30,0-40,0 г/л. В дальнейшем данная тенденция сглаживалась по всем показателям. При этом стоит отметить более мягкое влияние повышенных концентраций глюкозы на развитие растений, чем ранее нами отмечалось у сахарозы [10].

Литература

1. 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. Vol. 10(1). P. 15-19. DOI: 10.21475/poj.10.01.17.282.
2. Effect of sucrose concentration and seed maturity on *in vitro* germination of *Dendrobium nobile* hybrids / W. Udomdee, et al. // Plant Growth Regul. 2014. Vol. 72. P. 249-255. <https://doi.org/10.1007/s10725-013-9856-x>
3. 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. Vol. 28 (3). P. 37-42. DOI: 10.5007/2175-7925.2015v28n3p37
4. Morphophysiological responses of *Billbergia zebrina* Lindl. (Bromeliaceae) in function of types and concentrations of carbohydrates during conventional *in vitro* culture / E. Santos, et al. // Ornamental Horticulture. 2020. Vol. 26. P. 18-34. DOI:10.1590/2447-536x.v26i1.2092

5. Anatomical and physiological changes of *in vitro*-propagated *Vriesea imperialis* (Bromeliaceae) in the function of sucrose and ventilated containers / J.P.R. Martins, et al. // Plant Biosystems – An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology. 2020. Vol. 154. P. 87-99. DOI: 10.1080/11263504.2019.1635223
6. Gurel S., Gurel E. *In vitro* regeneration of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) // Bulbous Plants: Biotechnology. 2016. P. 113-151. EDN: YDCZJZ.
7. Goji berry (*Lycium barbarum* L.) *in vitro* multiplication improved by light-emitting diodes (LEDs) and 6-benzylaminopurine / D. De Oliveira Prudente, et al. // *In Vitro Cellular and Developmental Biology. Plant.* 2019. Vol. 55. P. 258-264. DOI: 10.1007/s11627-019-09970-w. EDN: TYKHJV.
8. Orlova N.D., Molkanova O.I., Koroleva O.V. Improvement of clonal micropropagation technique of promising *Lonicera caerulea* L. cultivars // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 941. 012030. DOI 10.1088/1755-1315/941/1/012030. EDN: PSWRDW.
9. Tevfik A. Sh. Peculiarities of *Canna* × *Hybrida* Hort. ex Backer Micropropagation *In Vitro* // *In Vitro Cellular and Developmental Biology. Animal.* 2020. Vol. 56, № S1. 63. DOI: 10.1007/s11626-020-00455-4. EDN: RPRRTL.
10. 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. 2020. Vol. 25. 04003. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202504003>
11. Солдатов С.А., Карпова Г.А. Способы преодоления покоя семян и особенности культивирования растений рода *Iris* в условиях *in vitro* // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2020. № 4 (32). P. 24-31. DOI: 10.21685/2307-9150-2020-4-3.
12. Янковская М.Б. Создание коллекции видовых и сортовых форм актинидии *in vitro* // Материалы всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 165-летию со дня рождения И.В. Мичурина. Санкт-Петербург, 2020. С. 305-313. EDN: USTIKV
13. Заидан О.Х., Егорова Д.А., Бумбеева Л.И., Молканова О.И. Некоторые аспекты клонального микроразмножения различных сортов роз // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. 2017. Т. 145. С. 162-167. EDN: ZKBCLF.
14. Совершенствование технологии клонального микроразмножения ценных плодовых и ягодных культур для производственных условий / О.И. Молканова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 9. С. 66-69. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10915. EDN: VKMRDG.
15. Способ микроразмножения картофеля *in vitro* сорта Хозяюшка: патент на изобретение 2789460 С1 / Киргизова И.В., Иордан Ю.В., Турпанова Р.М., Гаджимурадова А.М.; заявка № 2022109154 от 07.04.2022, опубл. 02.03.2023 EDN: SRHBTM.
16. Егорова Н.А., Ставцева И.В. Микроразмножение сортов эфиромасличной розы в культуре *in vitro* // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2016. Т. 26. № 2. С. 45-52. EDN: WDOFHX.
17. Соловых Н.В. Клональное размножение *in vitro* малины душистой // Наукосфера. 2022. № 12-1. С. 1-5. DOI: 10.5281/zenodo.7484004. EDN: DNNKYH.
18. Способ размножения пеперомии *in vitro*: патент на изобретение RU 2564123 С1 / Мокшин Е.В., Лукаткин А.С., Дудкин Е.А.; заявка № 2014142458/10 от 21.10.2014, опубл. 27.09.2015. EDN: ZFKQJV.

19. Колбанова Е.В. Подбор минерального и гормонального состава питательной среды для культивирования сортов крыжовника в культуре *in vitro* // Плодоводство. Сборник научных трудов. Самохваловичи, Беларусь, 2013. С. 284-294. EDN: ХРКQUH.
20. Способ сохранения растений *in vitro*: патент на изобретение 2785761 С1 / Высоцкая О.Н.; заявка № 2021125951 от 02.09.2021, опубл. 12.12.2022. EDN: RDPZLT.
21. Загриценко И.П., Мустафин К.Г. Трофическая регуляция процессов роста пробирочных растений картофеля *in vitro* // Механизмы регуляции продукционного процесса растений: от молекул до экосистем: материалы Международной научной конференции. V чтения, посвященные памяти профессора Ефремова Степана Ивановича. Орёл, 2022. С. 20-26. EDN: OAJUTZ.
22. Изменения в образовании первичных и вторичных метаболитов при действии различных углеводов на *in vitro* культуры *Camellia sinensis* L / Н.В. Загоскина [и др.] // Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты. Сборник научных трудов; под общей редакцией Зеленкова В.Н., Москва, 2016. С. 112-117. EDN: XSSWIZ.
23. Васильева О.Ю., Амброс Е.В., Козлова М.В. Адаптивный потенциал подвоя *Rosa canina* L., полученного *in vitro*, в условиях юга Западной Сибири // Сельскохозяйственная биология. 2022. Т. 57. № 3. С. 579-590. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.3.579rus
24. Madke Sh.S., Cherian K.J., Badere R.S. A modified Murashige and Skoog media for efficient multipleshoot induction in *G. arborea* Roxb // Journal of Forestry Research. 2014. Vol. 25(3). P. 557-564. DOI: 10.1007/s11676-014-0449-y. EDN: SENFMC.
25. Методические рекомендации по клональному микроразмножению винограда / ВНИИВиВ «Магарач» (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 «Магарач», 1986. 56 с. EDN: ZUWAEX.
26. 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. EDN: AZILCZ.
27. Гржибовский А.М. Доверительные интервалы для частот и долей // Экология человека. 2008. № 5. С. 57-60. EDN: IJTRKV.
28. Ребров А.Н., Бондарева О.Н., Семенова Л.Н. Влияние концентрации сахарозы в питательной среде на морфогенез растений *in vitro* [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2022. № 77(5). С. 121-136. Режим доступа: <http://journalkubansad.ru/pdf/22/05/10.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2022-5-77-121-136 (дата обращения: 27.04.2023).

References

1. 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. Vol. 10(1). P. 15-19. DOI: 10.21475/poj.10.01.17.282.
2. Effect of sucrose concentration and seed maturity on *in vitro* germination of *Dendrobium nobile* hybrids / W. Udomdee, et al. // Plant Growth Regul. 2014. Vol. 72. P. 249-255. <https://doi.org/10.1007/s10725-013-9856-x>
3. 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. Vol. 28 (3). P. 37-42. DOI: 10.5007/2175-7925.2015v28n3p37
4. Morphophysiological responses of *Billbergia zebrina* Lindl. (Bromeliaceae) in function of types and concentrations of carbohydrates during conventional *in vitro* culture / E. Santos, et al. // Ornamental Horticulture. 2020. Vol. 26. P. 18-34. DOI:10.1590/2447-536x.v26i1.2092

5. Anatomical and physiological changes of *in vitro*-propagated *Vriesea imperialis* (Bromeliaceae) in the function of sucrose and ventilated containers / J.P.R. Martins, et al. // Plant Biosystems – An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology. 2020. Vol. 154. P. 87-99. DOI: 10.1080/11263504.2019.1635223
6. Gurel S., Gurel E. *In vitro* regeneration of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) // Bulbous Plants: Biotechnology. 2016. P. 113-151. EDN: YDCZJZ.
7. Goji berry (*Lycium barbarum* L.) *in vitro* multiplication improved by light-emitting diodes (LEDs) and 6-benzylaminopurine / D. De Oliveira Prudente, et al. // *In Vitro Cellular and Developmental Biology. Plant.* 2019. Vol. 55. P. 258-264. DOI: 10.1007/s11627-019-09970-w. EDN: TYKHJV.
8. Orlova N.D., Molkanova O.I., Koroleva O.V. Improvement of clonal micropropagation technique of promising *Lonicera caerulea* L. cultivars // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 941. 012030. DOI 10.1088/1755-1315/941/1/012030. EDN: PSWRDW.
9. Tevfik A. Sh. Peculiarities of *Canna* × *Hybrida* Hort. ex Backer Micropropagation *In Vitro* // *In Vitro Cellular and Developmental Biology. Animal.* 2020. Vol. 56, № S1. 63. DOI: 10.1007/s11626-020-00455-4. EDN: RPRRTL.
10. Sundyрева 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. 2020. Vol. 25. 04003. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202504003>
11. Soldatov S.A., Karpova G.A. Methods for overcoming seed dormancy and features of Iris cultivation in *in vitro* conditions // University proceedings. Volga region. Natural Sciences. 2020. № 4 (32). P. 24-31. DOI: 10.21685/2307-9150-2020-4-3. ([in Russian](#))
12. Yankovskaya M.B. Collection creation species and varieties of actinidia *in vitro* // Proceedings of the All-Russian scientific conference with international participation, dedicated to the 165th anniversary of the birth of I.V. Michurin. St. Petersburg, 2020. P. 305-313. EDN: USTIKV. ([in Russian](#))
13. Zaidan O.Kh., Egorova D.A., Bumbeeva L.I., Molkanova O.I. Some aspects of clonal micropropagation of various rose varieties // Collection of scientific works of the State Nikitsky Botanical Garden. 2017. Vol. 145. P. 162-167. EDN: ZKBCLF. ([in Russian](#))
14. Improvement of clonal micropropagation technology of valuable fruit and berry crops for commercial conditions / O.I. Molkanova, et al. // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2018. Vol. 32. № 9. P. 66-69. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10915. EDN: VKMRDG. ([in Russian](#))
15. The method of microclonal propagation of potatoes *in vitro* variety Khozyayushka / patent for invention 2789460 C1 / Kirgizova I.V., Jordan Yu.V., Turpanova R.M., Gdzhimuradova A.M.; Application No. 2022109154, dated 07.04.2022; published 02.03.2023. EDN: SRHBTM. ([in Russian](#))
16. Egorova N.A., Stavtseva I.V. Micropropagation of varieties of essential oil roses in *in vitro* culture // Bulletin of the Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences. 2016. Vol. 26. № 2. P. 45-52. EDN: WDOFHX. ([in Russian](#))
17. Solovykh N.V. Clonal propagation *in vitro* of flowering raspberry // Naukosphere. 2022. № 12-1. P. 1-5. DOI: 10.5281/zenodo.7484004. EDN: DNNKYH. ([in Russian](#))
18. The method of propagation of peperomia *in vitro*: patent for invention RU 2564123 C1. / Mokshin E.V., Lukatkin A.S., Dudkin E.A.; Application No. 2014142458/10 dated: 10/21/2014. Published 27.09.2015. EDN: ZFKQJV. ([in Russian](#))

19. Kolbanova E.V. Mineral and hormonal composition of nutritional medium for gooseberry cultivating in *in vitro* culture // Plodovodstvo. Collection of scientific papers. Samokhvalovich, Belarus, 2013. P. 284-294. EDN: XPKQUH. ([in Russian](#))

20. A method of preserving plants *in vitro*: patent for invention 2785761 C1 / Vysotskaya O.N.; Application No. 2021125951 dated: 09/02/2021. Published: 12.12.2022. EDN: RDPZLT. ([in Russian](#))

21. Zagritsenko I.P., Mustafin K.G. Trophic regulation of growth processes of test tube potato plants *in vitro* // Mechanisms of regulation of the production process of plants: from molecules to ecosystems: materials of the International scientific conference. V readings dedicated to the memory of Professor Efremov Stepan Ivanovich. Orel, 2022. P. 20-26. EDN: OAJUTZ. ([in Russian](#))

22. Changes in the formation of primary and secondary metabolites under the action of various carbohydrates on *in vitro* cultures of camellia sinensis l / Zagorskina N.V., et al // Non-traditional natural resources, innovative technologies and products. Collection of scientific papers; under the general editorship of Zelenkov V.N., Moscow, 2016. P. 112-117. EDN: XSSWIZ. ([in Russian](#))

23. Vasilyeva O.Yu., Ambros E.V., Kozlova M.V. The adaptive potential of *Rosa canina* L. rootstock obtained *in vitro* in the conditions of the south of Western Siberia // Agricultural biology. 2022. Vol. 57(3). P. 579-590. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.3.579eng

24. Madke Sh.S., Cherian K.J., Badere R.S. A modified Murashige and Skoog media for efficient multipleshoot induction in *G. arborea* Roxb // Journal of Forestry Research. 2014. Vol. 25(3). P. 557-564. DOI: 10.1007/s11676-014-0449-y. EDN: SENFMC.

25. Guidelines for clonal micropropagation of grapes. Yalta: Publishing group VNII ViPP 'Magarach', 1986. 56 p. EDN: ZUWAEX. ([in Russian](#))

26. Nutrient medium for rooting grape shoots in culture *in vitro*: RF patent No. 2676127 / Rebrov A.N.; dec. 2017.03.13 publ. 2018.12.26, Bull. No. 36. 6 p. EDN: AZILCZ. ([in Russian](#))

27. Grzhibovsky A.M. Confidence intervals for proportions // Human Ecology. 2008. № 5. P. 57-60. EDN: IJTRKV. ([in Russian](#))

28. Rebrov A.N., Bondareva O.N., Semenova L.N. Influence of sucrose concentration in nutrient medium on *in vitro* plant morphogenesis [Electronic resource] // Fruit growing and viticulture of South Russia. 2022. № 77(5). P. 121-136. Available at: <http://journalkubansad.ru/pdf/22/05/10.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2022-5-77-121-136 (date of access: 27.04.2023). ([in Russian](#))