

ВЛИЯНИЕ СУБСТРАТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ АДАПТАЦИИ МИКРОРАСТЕНИЙ ВИШНИ

М.В. Селиванова, к.с.-х.н., Т.С. Айсанов, к.с.-х.н.,
Н.А. Есаулко, к.с.-х.н., Е.С. Романенко, к.с.-х.н., Ю.В. Горяников, к.с.-х.н.,
ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»
355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12, e-mail: selivanowa86@mail.ru

Работа выполнена по государственному заданию № 082-03-2025-216

Представлены результаты исследований по изучению особенностей роста и развития растений вишни сорта Облачинская в зависимости от субстрата и ростостимулирующих веществ в период адаптации в технологии микроклонального размножения. Установлено, что наиболее благоприятными субстратами для формирования корешков, высоты растений и при оценке приживаемости оказались смеси компонентов торф : перлит : цеолит : рисовая шелуха и торф : цеолит : вермикулит. Полученные данные различались незначительно, что позволяет рекомендовать указанные комбинации компонентов для использования при адаптации растений вишни. Максимальная приживаемость растений-регенерантов выявлена при сочетании торфа, перлита, цеолита, рисовой шелухи – 98,0 % в среднем по опыту. Фолиарные обработки растений вишни ростостимулирующими веществами, используемыми в форме органических соединений, стимулировали протекание ростовых процессов и обеспечили статистически значимое преимущество по всем изученным показателям корневой системы, зеленой массы и приживаемости.

Ключевые слова: вишня, микроклональное размножение, *ex vitro*, субстрат, сорт, приживаемость, теплица.

Для цитирования: Селиванова М.В., Айсанов Т.С., Есаулко Н.А., Романенко Е.С., Горяников Ю.В. Влияние субстрата на эффективность адаптации микрорастений вишни // Плодородие. – 2025. – № 1. – С. 50-53. DOI: 10.25680/S19948603.2026.148.10.

Развитие биотехнологий в области выращивания сельскохозяйственных культур способствовало успешному внедрению метода микроклонального размножения растений в системе питомниководства плодовых и ягодных культур, что обеспечивает получение высококачественного здорового посадочного материала. Метод *in vitro* основан на способности соматических клеток растений в полной мере реализовывать потенциальные возможности роста и развития, заложенные в генетической информации каждой клетки [1].

Микроклональное размножение растений состоит из двух ключевых этапов: *in vitro* и *ex vitro*. На первом этапе, в условиях лаборатории поддерживают высокую влажность воздуха (около 100 %) и растения характеризуются гетеротрофным типом питания. Второй этап – период адаптации (*ex vitro*) – является стрессовым для микрорастений, которые не приспособлены к естественным условиям среды. В этот период параметры развития надземной части и корневой системы играют важную роль в успешной приживаемости растений [2].

Этап адаптации растений-регенерантов плодовых и ягодных культур считается ответственным и трудоемким процессом в технологии микроклонального размножения, что сопряжено с высокой степенью гибели растений. *Ex vitro* – это завершающая фаза микроразмножения растений. Основной целью адаптации растений-регенерантов является создание таких факторов, при которых они будут способны перейти на автотрофный тип питания и смогут продолжить свой рост и развитие в естественных условиях окружающей среды.

Несмотря на имеющийся научный материал относительно данных по различным аспектам изучения выживаемости растений-регенерантов в период адаптации, на практике многие вопросы остаются нерешенными. Важным элементом на этапе *ex vitro* является выбор субстрата [3].

Для успешного прохождения растениями периода адаптации необходимо использовать субстраты, способствующие эффективной приживаемости посадочного материала в короткие сроки. В практике часто применяют различные смеси субстратов из 2-4 компонентов, которые в комплексе оптимальны для развития растений [4]. Субстраты для культивирования должны быть достаточно рыхлыми, легкими, влаго- и воздухопроницаемыми, обеспечивая высокую приживаемость микрорастений, интенсивный рост и развитие после пересадки [5].

При выращивании растений, в том числе при производстве посадочного материала, эффективно применение ростостимулирующих веществ, воздействующих на гормональную систему растительного организма. Вещества со свойствами ростостимуляторов не только активизируют рост растений, но и участвуют в преодолении критических периодов и стрессовых воздействий в процессе воспроизводства высококачественного посадочного материала для повышения приживаемости растений [6].

Цель исследований – изучить особенности роста и развития растений вишни на различных субстратах при выращивании в период адаптации.

Методика. Эксперимент проводился в Научно-производственном центре питомниководства плодовых и ягодных культур Ставропольского государственного аграрного университета.

Объект исследований – растения-регенеранты вишни сорта Облачинская. Для адаптации растений отбирали однородные микрорастения с высотой розетки в среднем 5,0 см. Растения-регенеранты после этапа *in vitro* высаживали в кассеты с ячейками объемом по 50 мл, заполненные субстратом. Адаптация микрорастений осуществлялась в условиях теплиц, на стеллажах, накрытых полиэтиленовой пленкой.

Условия адаптации растений в теплицах: температурный режим – 23 ± 2 °С, влажность воздуха 60–70 %. Высаженные растения регулярно поливали. Продолжительность периода адаптации растений вишни 30 дней.

Опыт включал три повторности и изучение двух факторов: фактор А – субстрат, фактор В – опрыскивание растений биологически активными веществами. Для укоренения микрорастений вишни использовали сочетания органических и минеральных субстратов в различном соотношении: 1 – торф (контроль); 2 – торф : перлит : цеолит : рисовая шелуха (5 : 2 : 1 : 2); 3 – торф : диатомит : рисовая шелуха (6 : 2,5 : 1,5); 4 – торф : перлит : вермикулит : лузга подсолнечника (4 : 2 : 3 : 1); 5 – торф : цеолит : вермикулит (7 : 2 : 1); 6 – торф : лузга подсолнечника (5 : 5).

В факторе В исследовано два варианта опыта – с опрыскиванием растений биологически активными веществами (БАВ) и без обработки (контроль). В качестве БАВ использовали аминокислоты (триптофан, аспарагиновая и глутаминовая кислоты) и 2-диэтиламиноэтил гексаноат, обладающие ростостимулирующими свойствами. Испытуемые вещества применяли в концентрации 0,1 %-ного раствора.

Эффективность изучаемых факторов и их влияние на укореняемость микрорастений вишни оценивали через 30 дней после посадки, для чего растения извлекали из субстрата и проводили учеты морфометрических показателей корневой системы и надземной части. Оценивали качество посадочного материала по ГОСТу Р 53135-2008.

Опыт проводился поочередно в два цикла в течение 2024 г., каждый цикл включал три повторности. Статистическую обработку результатов исследований осуществляли с использованием Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение. При пересадке микрорастений плодовых и ягодных культур после лабораторного этапа в нестерильные условия защищенного грунта отмечаются замедление роста и возможное опадение листовой массы, что сопряженно с процессом приживаемости. Существенную роль при этом играют субстрат и комплекс его агрофизических, агрохимических свойств, оказывающих влияние на рост корневой системы [2].

Формирование корневой системы является результатом комплекса биохимических, физиологических и гистологических процессов. Рост и развитие корневой системы зависят от генетических особенностей растений и условий укоренения.

Самым популярным субстратом для выращивания посадочного материала в питомниководстве и овощеводстве является торф, который в опыте взят за основу при испытании с органическими и минеральными субстратами в различном сочетании. Для анализа эффективности субстратов в адаптивности растений-регенерантов вишни были изучены биометрические показатели прироста надземной части и корневой системы растений. Влияние субстратов на рост растений вишни неоднозначно.

При учете прироста корневой системы растений вишни изучены среднее количество корешков и их длина. Наиболее благоприятным компонентом в субстрате для формирования корневой системы растений-регенерантов оказался цеолит.

Цеолит находит широкое применение при выращивании саженцев земляники и зелёном черенковании подвоев яблони и вишни. Применение цеолита оказывало ростостимулирующее влияние на рост корневой

системы [7, 8]. В состав цеолита входит кремний, который положительно влияет на ростовые процессы растений [9, 10].

Наибольшее количество корешков с одного растения получено при применении торфа в сочетании с вермикулитом и цеолитом (табл. 1). Вермикулит относится к микералам из категории гидрослюды, может удерживать положительно заряженные ионы калия, магния и других питательных элементов за счет высокой ионообменной способности. Свойства вермикулита как адсорбента способствуют снабжению растений необходимыми элементами, обеспечивая минеральное питание [11, 12].

1. Влияние состава субстрата и биологически активных веществ на ризогенез микрорастений вишни на этапе *ex vitro* (при учете с 1 растения)

БАВ (фактор В)	Субстрат (фактор А)	Среднее число корешков	Средняя длина корешков, мм
Контроль (без обработки)	Торф (контроль)	29,6	45,2
	Торф : перлит : цеолит : рисовая шелуха (5 : 2 : 1 : 2)	32,4	72,4
	Торф : диатомит : рисовая шелуха (6 : 2,5 : 1,5)	28,4	48,6
	Торф : перлит : вермикулит : лузга подсолнечника (4 : 2 : 3 : 1)	28,4	48,6
	Торф : цеолит : вермикулит (7 : 2 : 1)	33,8	53,2
	Торф : лузга подсолнечника (5 : 5).	21,2	36,6
Биологически активные вещества	Торф (контроль)	30,8	52,5
	Торф : перлит : цеолит : рисовая шелуха (5 : 2 : 1 : 2)	34,1	83,2
	Торф : диатомит : рисовая шелуха (6 : 2,5 : 1,5)	30,1	57,7
	Торф : перлит : вермикулит : лузга подсолнечника (4 : 2 : 3:1)	30,0	56,9
	Торф : цеолит : вермикулит (7 : 2 : 1)	35,4	73,5
	Торф : лузга подсолнечника (5 : 5).	24,8	48,9
НСР₀₅: А		2,31	3,94
В		1,31	2,27
АВ		3,28	5,56

Максимальное число корешков растений вишни было на субстрате, состоящем из торфа, цеолита и вермикулита, разница относительно других смесей субстрата была 1,3-11,6, при сравнении со смесью торф : перлит : цеолит : рисовая шелуха не выявлено статистических различий. Следовательно, оптимальными для формирования корней вишни оказались субстраты, содержащие цеолит и перлит, которые имеют благоприятные физические свойства и обеспечивают лучшую аэрацию и влагоудерживающую способность.

Перлит получают из горной породы вулканического происхождения, основными компонентами являются диоксид кремния и оксид алюминия. Для этого субстрата характерны биологическая стойкость и высокая впитывающая способность. Рисовая шелуха обеспечивает высокий воздухообмен корешков, формирование благоприятного микробиологического баланса, в опыте она снижала переувлажнение. В итоге при комплексном сочетании торфа, перлита, цеолита и рисовой шелухи создавались благоприятные условия формирования корешков вишни и получения максимальной их длины в опыте [11].

Статистически незначимые различия выявлены между вариантами с субстратами при применении только торфа (контроль) и смесей торф : диатомит : рисовая шелуха и торф : перлит : вермикулит : лузга подсолнечника, где показатели находились в пределах НСР₀₅.

Корневая система вишни различалась по длине. Компоненты субстрата и их агрофизические свойства оказывали прямое влияние на рост корня. Выраженное влияние на вытяжение корневой системы отмечено при использовании комплекса торф : перлит : цеолит : рисовая шелуха, разница относительно других сочетаний субстратов составила 14,4-35,0 мм, при этом различия между вариантами торф : диатомит : рисовая шелуха и торф : перлит : вермикулит : лузга подсолнечника были в пределах НСР₀₅ (3,94 мм).

Применение ростостимулирующих веществ в растениеводстве является эффективным методом управления ростом и развитием растений. Опрыскивание растений вишни комплексом биологически активных веществ оказало ростостимулирующее влияние – число корешков на одно растение в среднем по опыту превышало контроль на 1,9, средняя длина корешков – на 11,3 мм.

Согласно визуальной оценке, корневая система вишни характеризовалась наличием множества корней второго порядка, что в дальнейшем способствовало повышению приживаемости растений при выращивании в открытом грунте.

В исследованиях растения вишни через 30 дней адаптации характеризовались хорошо сформированной розеткой листьев и интенсивным развитием побегов, в некоторых вариантах субстратов отмечено явное преимущество. При анализе формирования биометрических показателей надземной части растений вишни выявлен наиболее выраженный рост при выращивании на субстрате торф : перлит : цеолит : рисовая шелуха (5 : 2 : 1:2), что обеспечило получение наиболее высоких растений. Их средняя высота на 4–50 мм превышала показатели других вариантов с различными сочетаниями субстратов, при этом разница с комбинацией торфа, цеолита и вермикулита была статистически несущественной. Согласно полученным данным, влияние субстрата только на основе торфа и смеси торф : диатомит : рисовая шелуха было на одном уровне – полученная разница в 1 мм была в пределах НСР₀₅ (табл. 2).

Максимальный диаметр стебля был при применении сочетания торфа, перлита, цеолита и рисовой шелухи. Преимущество по приросту вегетативной массы закономерно, как и при анализе диаметра стебля, получено при применении в комплексе компонентов торф : перлит : цеолит : рисовая шелуха (5 : 2 : 1 : 2), разница относительно других вариантов субстратов была 0,01-0,22 г. По результатам статистического анализа, при сравнении влияния применения только торфа (контроль) и варианта торф : диатомит : рисовая шелуха в отношении диаметра стебля и прироста вегетативной массы полученные данные были на уровне лидирующего варианта при сочетании компонентов (торф : перлит : цеолит : рисовая шелуха) – разница была несущественная.

Обработка растений вишни биологически активными веществами способствовала увеличению высоты растений вишни в сравнении с контролем в среднем по субстратам на 18 мм, диаметра стебля – на 0,13 мм, прироста вегетативной массы – на 0,16 г, что статистически значимо.

2. Влияние субстрата и биологически активных веществ на морфометрические показатели микрорастений вишни на этапе *ex vitro* (при учете с 1 растения)

БАВ (фактор В)	Субстрат (фактор А)	Высота растений	Диаметр стебля	Прирост вегетативной массы, г
		мм		
Контроль (без обработки)	Торф (контроль)	142	2,06	1,45
	Торф : перлит : цеолит : рисовая шелуха (5 : 2 : 1 : 2)	157	2,1	1,45
	Торф : диатомит : рисовая шелуха (6 : 2,5 : 1,5)	143	1,96	1,42
	Торф : перлит : вермикулит : лузга подсолнечника (4 : 2 : 3 : 1)	131	1,98	1,29
	Торф : цеолит : вермикулит (7 : 2 : 1)	154	1,86	1,34
	Торф : лузга подсолнечника (5 : 5)	104	1,82	0,992
Биологически активные вещества	Торф (контроль)	163	2,19	1,64
	Торф : перлит : цеолит : рисовая шелуха (5 : 2 : 1 : 2)	172	2,23	1,66
	Торф : диатомит : рисовая шелуха (6 : 2,5 : 1,5)	161	2,11	1,57
	Торф : перлит : вермикулит : лузга подсолнечника (4 : 2 : 3 : 1)	154	2,06	1,39
	Торф : цеолит : вермикулит (7 : 2 : 1)	167	1,98	1,47
	Торф : лузга подсолнечника (5 : 5)	126	1,94	1,14
НСР ₀₅ : А		9,2	0,132	0,087
В		5,7	0,076	0,05
АВ		14,8	0,198	0,123

Основная задача субстрата на этапе адаптации состоит в эффективном укоренении растений, создании условий для их интенсивного роста в период тепличного выращивания и повышении приживаемости.

Через 4 нед после адаптации растений вишни в теплицах была проанализирована приживаемость растений. Создание наилучших условий для формирования корневой системы вишни в субстратах обеспечило высокую приживаемость растений (табл. 3).

3. Влияние субстрата и биологически активных веществ на приживаемость микрорастений вишни на этапе *ex vitro*, %

Субстрат (фактор А)	БАВ (фактор В)		А, НСР ₀₅ = 9,91
	Контроль (без обработки)	Биологически активные вещества	
Торф (контроль)	66,1	70,5	68,3
Торф : перлит : цеолит : рисовая шелуха (5 : 2 : 1 : 2)	97,4	98,6	98,0
Торф : диатомит : рисовая шелуха (6 : 2,5 : 1,5)	78,5	81,3	79,9
Торф : перлит : вермикулит : лузга подсолнечника (4 : 2 : 3 : 1)	54,8	57,4	56,1
Торф : цеолит : вермикулит (7:2:1)	92,3	95,2	93,8
Торф : лузга подсолнечника (5:5)	35,7	40,3	38,0
НСР ₀₅ (В)= 2,84	70,8	73,9	НСР ₀₅ = 15,14

Максимальная приживаемость растений-регенерантов вишни была достигнута при совместном применении органических (торф, рисовая шелуха) и неорганических (перлит, цеолит) компонентов – 98,0 % в среднем по опыту, разница 4,2 % относительно комплексного применения торфа, цеолита и вермикулита была в пределах НСР₀₅ (9,91 %), по сравнению с применением только торфа (контроль), или различного сочетания торфа с диатомитом, рисовой шелухой, перлитом, вермикулитом и лузгой подсолнечника (18,1-60,0 %). На субстратах, где была низкая приживаемость растений, наблюдалось ухудшение их свойств – уплотнение, снижение влагоемкости, порозности, что создавало неблагоприятные условия для роста корневой системы растений вишни.

Применение биологически активных веществ способствовало повышению приживаемости растений вишни, увеличив показатель относительно контроля в среднем по опыту на 3,1 %. Это доказывает положительное влияние стимуляторов на процессы роста и развития растений в период адаптации при микроклональном размножении посадочного материала.

Выводы. Субстрат оказывал существенное влияние на рост и приживаемость растений вишни на этапе адаптации. Наиболее благоприятными субстратами для формирования наибольшего количества корешков, высоты растений и при оценке приживаемости оказались смеси компонентов торф : перлит : цеолит : рисовая шелуха и торф : цеолит : вермикулит – полученные данные имели несущественные различия. Максимальная приживаемость растений-регенерантов вишни была при сочетании компонентов торф : перлит : цеолит : рисовая шелуха – 98,0 % в среднем по опыту. При учете морфометрических показателей микрорастений вишни высокие показатели по диаметру стебля и приросту вегетативной массы были выявлены при применении в качестве субстрата только торфа (контроль), комплексных смесей торф : перлит : цеолит : рисовая шелуха и торф : диатомит : рисовая шелуха – разница между субстратами была в пределах НСР₀₅. Состав субстрата торф : перлит : цеолит : рисовая шелуха способствовал формированию наибольших значений диаметра стебля и прироста вегетативной массы – 2,17 и 165 мм соответственно. Согласно полученным данным по приживаемости и формированию корневой системы, при адаптации растений вишни в качестве субстрата рекомендуется применять комплексные смеси торф : перлит : цеолит : рисовая шелуха или торф : цеолит : вермикулит. Фолиарные

обработки растений вишни биологически активными веществами стимулировали протекание ростовых процессов и обеспечили существенное преимущество по всем изучаемым показателям корневой системы, зеленой массы и приживаемости.

Литература

1. Поляков А.В., Линник Т.А. Производство оздоровленного посадочного материала сортов земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) с низкой усообразующей способностью методом клонального микроразмножения *in vitro* // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. – 2014. – № 3. – С. 35-41.
2. Ambros E.V., Toluzakova S.Y., Gorodova R.A., Shapolova E.G., Novikova T.I. Действие кремнесодержащего механокомпозита на основе рисовой шелухи и зеленого чая на рост и развитие растений-регенерантов *Fragaria × ananassa* Duch. при их адаптации к условиям *ex vitro* // Turczaninowia. – 2015. – Т. 18, № 3. – С. 96–102.
3. Бородулина И.Д., Плаксина Т.В. Адаптация растений-регенерантов земляники садовой сорта Московский деликатес к условиям *ex vitro* // Acta Biologica Sibirica. – 2015. – Т. 1, № 1-2. – С. 74-84.
4. Павлова И.А., Гавриленко И.В., Матяш Ю.С. [и др.] Факторы эффективной адаптации растений винограда *in vitro* к условиям *ex vitro* // Магарач. Виноградарство и виноделие. – 2021. – Т. 23, № 3(117). – С. 226-232. – DOI 10.35547/IM.2021.30.22.003.
5. Иванова-Ханина Л.В. Влияние состава субстрата на приживаемость микрорастений *Vitis vinifera* L. *in vivo* // Экосистемы. – 2018. – № 13(43). – С. 84-88.
6. Селиванова М.В., Айсанов Т.С., Романенко Е.С., Есаулко Н.А. Новак М.С. Использование биологически активных веществ в размножении земляники садовой в культуре *in vitro* // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 203. – С. 377-388.
7. Вехов Ю.К. Головина Р.И. Экономическая эффективность выращивания клоновых подвоев яблони и вишни зелеными черенками с использованием цеолита Хотынецкого месторождения и биогуруса // Селекция и сортовая агротехника плодовых культур : Сборник. – Орел : Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, 2002. – С. 119-127.
8. Куприна М.Н. Использование торфо-цеолитных удобрений в ягодном питомнике // Вестник КрасГАУ. – 2007. – № 1. – С. 153-159.
9. Солдатов В.С., Езубец А.П., Сапрыкин В.В. [и др.] Питательный субстрат для растений на основе цеолитов // Почвоведение и агрохимия. – 2021. – № 1(66). – С. 149-161.
10. Леконцева Т.Г., Федоров А.В. Влияние оксида кремния (SiO₂) на адаптацию и микрорастений роз (*Rose* L.) сорта Reine Sammut // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2022. – Т. 23, № 6. – С. 814-821. – DOI 10.30766/2072-9081.2022.23.6.814-821.
11. Ханова С.А. Агротехнические приемы культивирования земляники садовой в фермерском хозяйстве «Бурмасово» Ярославской области // Плодоводство и ягодоводство России. – 2012. – Т. 32, № 1. – С. 19-25.
12. Ярычева М.А., Хвостова А.Б., Иванова Л.А., Служковская М.В. Рост и развитие регенерантов земляники ананасной (*fragaria x ananassa* (Weston) Duchesne *ex Rozier*) на различных вермикулитовых субстратах при переводе из *in vitro* в *ex vitro* // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. – 2024. – № 7. – С. 91-101. – DOI 10.17076/eb1915.

INFLUENCE OF SUBSTRATE ON THE ADAPTATION EFFICIENCY OF CHERRY MICROPLANTS

M.V. Selivanova, T.S. Aysanov, N.A. Esaulko, E.S. Romanenko, Goryanikov Yu.V
Stavropol state agrarian university, 355017, Stavropol, Zootekhnicheskij lane, 12
e-mail: selivanowa86@mail.ru

The results of research on the characteristics of growth and development of cherry plants of the Cloud variety depending on the substrate and growth-stimulating substances during the period of adaptation to the technology of microclonal reproduction are presented. It is shown that the substrate consisting of peat, rice husk, perlite, and zeolite (components in a ratio of 5:2:1:2) turned out to be the most favorable, providing optimal conditions for shaping the biometric parameters of plants and obtaining maximum values: on average, the experimental length of the roots was 77.8 mm, the height of the plants was 165 mm, The diameter of the stem was 2.2 mm, the increase in vegetative mass was 1.56 g, the difference in the observed data when compared with other combinations of substrates ranged from 14.4-35.0 mm, 4-50 mm, 0.04-0.29 mm and 0.01-0.22 g, respectively. According to the analysis of the patterns of the studied indicators, the highest survival rate of cherry regenerative plants (98.0% on average) was also achieved when using the substrate "peat : perlite : zeolite : rice husk (5:2:1:2)". Foliar treatments of cherry plants with growth-stimulating substances used in the form of organic compounds stimulated the course of growth processes and provided a statistically significant advantage in all studied indicators of the root system, green mass and survival rate.

Keywords: cherry, microclonal reproduction, *ex vitro*, substrate, variety, survival, greenhouse.