

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СУБСТРАТОВ НА РИЗОГЕНЕЗ ЧЕРЕНКОВ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ (*RIBES NIGRUM* L.)

В.Л. Бопп, Н.Л. Кураченко

Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

E-mail: vl_kolesnikova@mail.ru

Для цитирования: Бопп В.Л., Кураченко Н.Л. Влияние физических свойств субстратов на ризогенез черенков смородины черной (*Ribes nigrum* L.) // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 4 (77). – С. 16–23. – DOI: 10.31677/2072-6724-2025-77-4-16-23.

Ключевые слова: смородина черная, зеленое черенкование, ризогенез, плотность твердой фазы, плотность сложения, общая пористость.

Реферат. Целью исследований явилась оценка влияния физических свойств субстратов на ризогенез черенков смородины черной. Эксперименты проведены в Красноярской лесостепи в ООО «Садовый центр Аграрного университета» в 2017–2019 гг. Размножение смородины черной сорта Минусинская степная проводили зелеными черенками по общепринятой методике М.Т. Тарасенко. Однолетние побеги срезали с маточных растений в первой декаде июля, нарезали на черенки с двумя междоузлиями, выдерживали в течение 12 ч в растворе индолил-3-уксусной кислоты и высаживали в защищенный грунт, выдерживая схему размещения 7×7 см. Основа для формирования субстратов – торфопесчаная смесь, использовали верховой кислый торф ($pH_{H_2O} = 3,1$) и песок в объемном соотношении 1 : 1 (контроль). Для нейтрализации кислотности торфа и обогащения субстрата элементами питания применяли сапропель ($pH_{H_2O} = 7,4$) из расчета 10, 15 и 20 т/га. В ряде вариантов дополнительно вносили аммиачную селитру дозе 30 кг д.в./га. Заложенные субстраты использовали беспрерывно в течение трех лет. Показано, что добавление сапропеля в дозе 20 т/га и аммиачной селитры в дозе N30 к смеси торфа и песка способствует повышению окореняемости черенков до 86 %, снижению величины плотности твердой фазы субстрата до $2,57 \text{ г/см}^3$, плотности сложения до $0,66 \text{ г/см}^3$ и повышению общей пористости до 74 %. Доказана сильная прямая связь между физическим состоянием субстратов и окореняемостью черенков смородины черной ($R = 0,85$), в которой достоверное влияние на ризогенез имела величина общей пористости ($p = 0,043$).

INFLUENCE OF PHYSICAL PROPERTIES OF SUBSTRATES ON RHIZOGENESIS OF BLACK CURRANT CUTTINGS (*RIBES NIGRUM* L.)

V.L. Bopp, N.L. Kurachenko

Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

E-mail: vl_kolesnikova@mail.ru

Keywords: black currant, green cuttings, rhizogenesis, solid phase density, bulk density, total porosity.

Abstract. The aim of the study was to assess the effect of the physical properties of substrates on the rhizogenesis of black currant cuttings. The experiments were conducted in the Krasnoyarsk forest-steppe at the Garden Center of the Agrarian University LLC in 2017–2019. The black currant variety Minusinskaya Stepnaya was propagated by green cuttings according to the generally accepted method of M.T. Tarasenko. One-year-old shoots were cut from mother plants in the first ten days of July, cut into cuttings with two internodes, kept for 12 hours in a solution of indole-3-acetic acid and planted in protected soil, maintaining a placement pattern of 7×7 cm. The basis for the formation of substrates is a peat-sand mixture, high-moor acidic peat ($pH_{H_2O} = 3,1$) and sand were used in a volume ratio of 1 : 1 (control). Sapropel ($pH_{H_2O} = 7,4$) was used at a rate of 10, 15 and 20 t/ha to neutralize peat acidity and enrich the substrate with nutrients. In some variants, ammonium nitrate was additionally added at a dose of 30 kg active ingredient/ha. The laid substrates were used continuously for three years. It was shown that the addition of sapropel at a dose of 20 t/ha and ammonium nitrate at a dose of N30 to a mixture of peat and sand promotes an increase in the rooting of cuttings to 86 %, a decrease in the density of the solid phase of the substrate to $2,57 \text{ g/cm}^3$, the bulk density to $0,66 \text{ g/cm}^3$ and an increase in the total porosity to 74 %. A strong direct relationship between the physical condition of the substrates and the rooting ability of black currant cuttings ($R = 0,85$) has been proven, in which the value of total porosity has a significant effect on rhizogenesis ($p = 0,043$).

Смородина черная (*Ribes nigrum* L.) – важная ягодная культура, она занимает наибольшие площади в садах России [1, 2]. Богатство биохимического состава, неприхотливость к условиям произрастания, зимостойкость, скороплодность и урожайность определяют ее ценность [3–6].

Размножение смородины черной зелеными черенками является высокоэффективным способом, позволяющим получить корнесобственные саженцы в промышленных масштабах за короткий период и снизить влияние метеорологических условий на регенерацию черенкового материала [7]. По мнению Н.А. Васильевой [8], при этом способе наблюдается высокий процент ризогенеза черенков, окореняемых в ранние сроки черенкования. Несмотря на то, что технология получения саженцев ягодных культур на основе зеленого черенкования достаточно хорошо изучена и широко применяется в питомниководстве, имеются значительные резервы повышения эффективности этого технологического процесса. Смородина черная хорошо отзывается на интенсификацию агротехнологических мероприятий [9]. Это свойство важно учитывать и при составлении субстратов для зеленого черенкования. Результативность окоренения черенкового материала в культивационных сооружениях определяется рядом факторов, в том числе характеристиками применяемых субстратов, вариации которых разнообразны: от однокомпонентных материалов до использования смесей органической и неорганической природы [10, 11]. Важно, чтобы субстраты, в которых происходит образование корней у черенков, были легкими, теплоемкими, имели оптимальное соотношение фаз, высокую общую пористость и пористость аэрации [12]. В связи с этим особую актуальность имеют исследования, связанные с подбором эффективных субстратов для зеленого черенкования смородины черной и оценкой их физического состояния.

Цель исследований – оценить влияние физических свойств субстратов на ризогенез черенков смородины черной.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены в ООО «Садовый центр Аграрного университета» в Красноярской лесостепи в период 2017–2019 гг. Зеленое черенкование смородины черной сорта Минусинская степная осуществляли по общепринятой методике М.Т. Тарасенко (*Тарасенко М.Т. Размножение*

растений зелеными черенками. М.: Колос, 1967. 184 с.). Черенковый материал заготавливали в первой декаде июля, перед посадкой их выдерживали в растворе стимулятора корнеобразования индолил-3-уксусной кислоте (ИУК) в течение 12 ч. Затем зеленые черенки высаживали в теплицу в субстрат в соответствии со схемой опыта. Площадь питания черенков 7 × 7 см. Выбор базового субстрата основан на доступности и дешевизне верхового торфа, который смешивали с песком в соотношении 1 : 1 по объему. Реакция среды верхового торфа кислая, $pH_{H_2O} = 3,1$. С целью нейтрализации кислотности торфа и обогащения субстрата элементами питания в торфопесчаную смесь вносили в различных дозах сапропель с $pH_{H_2O} = 7,4$. Минеральные удобрения применяли в виде аммиачной селитры в дозе 30 кг д.в. на 1 га. Эксперимент проводили на следующих версиях субстратов: 1 – торф + песок (контроль) (Т + П), 2 – торф + песок + сапропель 10 т/га (Т + П + С 10 т/га), 3 – торф + песок + сапропель 15 т/га (Т + П + С 15 т/га), 4 – торф + песок + сапропель 20 т/га (Т + П + С 20 т/га), 5 – торф + песок + N30 (Т + П + N30), 6 – торф + песок + сапропель 10 т/га + N30 (Т + П + С 10 т/га + N30), 7 – торф + песок + сапропель 15 т/га + N30 (Т + П + С 15 т/га + N30), 8 – торф + песок + сапропель 20 т/га + N30 (Т + П + С 20 т/га + N30). Субстраты использовали бесценно в течение трех циклов окоренения зеленых черенков смородины черной.

Размещение вариантов систематическое последовательное. Повторность опытов трехкратная, по 30 черенков в повторности. Отбор образцов субстратов на определение физических свойств проводили в трехкратной повторности в междурядьях окорененных черенков в третьей декаде сентября; затем определяли окореняемость черенков. В образцах определяли: влажность термовесовым методом, плотность твердой фазы пикнометрическим методом, плотность сложения по Н.А. Качинскому, общую пористость расчетным методом (*Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.*). Статистическую обработку полученного экспериментального материала проводили с использованием программ Excel и Statistica 10.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по оценке влияния физических свойств субстратов на ризогенез черенков смородины черной показали, что плотность твердой фазы контрольного субстрата как средней удель-

ной массы смеси торфа и песка в соотношении 1:1 за период наблюдений оценивалась величиной 2,61 г/см³ (табл. 1). Близкий уровень плотности твердой фазы (2,62 г/см³) выделялся на варианте субстрата, в котором к смеси торфа с песком добавлялась аммиачная селитра в дозе N30. Добавление сапропеля к субстрату в дозе 10, 15 и 20 т/га достоверно снижало плотность его твердой

фазы на 0,02–0,05 г/см³ на всех вариантах опыта, включая и дополнительное внесение аммиачной селитры ($p < 0,001$). Отмирание тонких корней в течение вегетации черенков и корневые остатки после выкопки черенков послужили фактором, определяющим закономерное снижение плотности твердой фазы субстратов на второй и третий год его использования ($C_v = 1–7 \%$).

Таблица 1

Плотность твердой фазы субстратов при окоренении черной смородины, г/см³, в среднем за 2017–2019 гг.
Density of the solid phase of substrates during black currant rooting, g/cm³, on average for 2017–2019

№ п/п	Вариант	$\bar{X} \pm Sx$	s	$X_{\min} - X_{\max}$	$C_v, \%$
1	Т + П (1:1)	2,61±0,10	0,04	2,55–2,65	2
2	Т + П + С 10 т/га	2,56±0,08	0,03	2,55–2,60	1
3	Т + П + С 15 т/га	2,59±0,14	0,06	2,57–2,68	2
4	Т + П + С 20 т/га	2,57±0,14	0,06	2,52–2,63	2
5	Т + П + N30	2,62±0,22	0,09	2,41–2,57	4
6	Т + П + С 10 т/га + N30	2,58±0,25	0,10	2,46–2,65	4
7	Т + П + С 15 т/га + N30	2,60±0,34	0,13	2,59–2,74	5
8	Т + П + С 20 т/га + N30	2,57±0,45	0,18	2,42–2,77	7
p_{05}		$p_{\text{вариант}} < 0,001; p_{\text{год}} < 0,001; p_{\text{взаимодействие}} < 0,001$			

Здесь и далее: \bar{X} – среднее арифметическое; Sx – ошибка среднего; s – стандартное отклонение; $X_{\min} - X_{\max}$ – минимальное и максимальное значение; C_v – коэффициент вариации.

Минимальные значения величины плотности твердой фазы субстрата (2,51–2,42 г/см³) установлены на второй и третий год использования на вариантах опыта с добавлением к торфу и песку сапропеля в дозе 15 и 20 т/га в сочетании с аммиачной селитрой ($C_v = 5–7 \%$). Это подтверждает роль органического вещества корневых остатков в формировании его физического состояния.

Плотность сложения контрольного варианта в первый год использования субстрата перед выкопкой черенков находилась на оптимальном уровне для ягодных культур: 0,95 г/см³ (табл. 2).

На вариантах опыта с сапропелем и при его совмещении с минеральной подкормкой плотность снижалась на 0,05–0,26 г/см³ по сравнению с контролем. Минимальная величина плотности субстрата первого года использования отмечена на вариантах опыта Т + П + С 20 т/га и Т + П + С 20 т/га + N30 (0,76–0,69 г/см³), что соответствовало рыхлому сложению. В субстратах второго и третьего года использования отмечалось снижение параметра на всех вариантах опыта до величины, не превышающей 0,75 г/см³ ($C_v = 6–25 \%$).

Таблица 2

Плотность сложения субстратов при окоренении черной смородины, г/см³, в среднем за 2017–2019 гг.
Substrate bulk density during blackcurrant rooting, g/cm³, average for 2017–2019

№ п/п	Вариант	$\bar{X} \pm Sx$	s	$X_{\min} - X_{\max}$	$C_v, \%$
1	2	3	4	5	6
1	Т + П (1:1)	0,75±0,47	0,19	0,60–0,95	25
2	Т + П + С 10 т/га	0,70±0,40	0,16	0,54–0,86	23
3	Т + П + С 15 т/га	0,71±0,32	0,13	0,63–0,86	18
4	Т + П + С 20 т/га	0,67±0,19	0,08	0,62–0,76	12

1	2	3	4	5	6
5	Т + П + N30	0,73±0,41	0,17	0,59–0,91	23
6	Т + П + С 10 т/га + N30	0,71±0,44	0,18	0,62–0,90	25
7	Т + П + С 15 т/га + N30	0,74±0,45	0,18	0,60–0,90	24
8	Т + П + С 20 т/га + N30	0,66±0,09	0,04	0,62–0,69	6
	p_{05}	$p_{\text{вариант}} < 0,001; p_{\text{год}} < 0,001; p_{\text{взаимодействие}} < 0,001$			

Результаты дисперсионного анализа подтвердили достоверную роль фактора «вариант» и «год использования» в формировании плотности сложения субстратов ($p < 0,001$). В среднем за три года использования субстрата для окоренения зеленых черенков смородины черной максимальная плотность была отмечена на контрольном варианте (0,75 г/см³). Наименьшие значения величины плотности сложения субстрата перед выкопкой черенков получены на вариантах с внесением

сапропеля в дозе 20 т/га и совмещении сапропеля в этой дозе с минеральной подкормкой (0,67–0,66 г/см³) при незначительном и небольшом варьировании признака ($C_v = 6–18\%$).

Величина общей пористости контрольного варианта и субстрата Т + П + N30 в среднем за период исследований оценивалась близкой величиной (71 %) и соответствовала отличному уровню (табл. 3).

Таблица 3

Общая пористость субстратов при окоренении черной смородины, г/см³, в среднем за 2017–2019 гг.
Total porosity of substrates during blackcurrant rooting, g/cm³, average for 2017–2019

№ п/п	Вариант	$\bar{X} \pm S_x$	s	$X_{\min} - X_{\max}$	$C_v, \%$
1	Т + П (1:1)	71,3±16,4	6,6	64,2–77,0	9
2	Т + П + С 10 т/га	72,2±15,2	6,1	66,8–78,8	8
3	Т + П + С 15 т/га	72,9±10,8	4,4	67,9–75,5	6
4	Т + П + С 20 т/га	73,9±8,8	3,6	69,8–76,4	5
5	Т + П + N30	71,3±15,5	6,2	64,6–77,0	9
6	Т + П + С 10 т/га + N30	72,5±15,4	6,2	64,9–76,3	9
7	Т + П + С 15 т/га + N30	71,5±14,7	5,9	65,0–76,8	8
8	Т + П + С 20 т/га + N30	74,1±4,7	1,9	71,9–75,3	3
	p_{05}	$p_{\text{вариант}} < 0,002; p_{\text{год}} < 0,001; p_{\text{взаимодействие}} < 0,001$			

Установлено, что дополнительные компоненты в виде сапропеля в разных дозах и аммиачной селитры существенно улучшали ризогенез черенков (рис. 1). Окореняемость черной смородины на контрольном субстрате с торфом и песком в среднем за годы исследований составляла 28 %. Добавление к торфу и песку аммиачной селитры в дозе N30 увеличивало окореняемость до 55 %. Лучшие условия для вегетативного размножения растений и развития корневой системы черенкового материала складывались при добавлении в субстрат сапропеля в дозе 15 и 20 т/га. На этих

вариантах опыта окореняемость растений черной смородины по сравнению с контролем увеличилась в 2,5–3,0 раза. Максимальный процент окорененных черенков смородины черной в среднем за период исследований выявлен на варианте опыта с добавлением к торфу и песку сапропеля в дозе 20 т/га и аммиачной селитры (86 %). Этот результат подтверждается достоверным влиянием величины общей пористости как физического параметра, функционально связанного с плотностью твердой фазы и плотностью сложения субстратов на окореняемость черенков ($p = 0,043$).

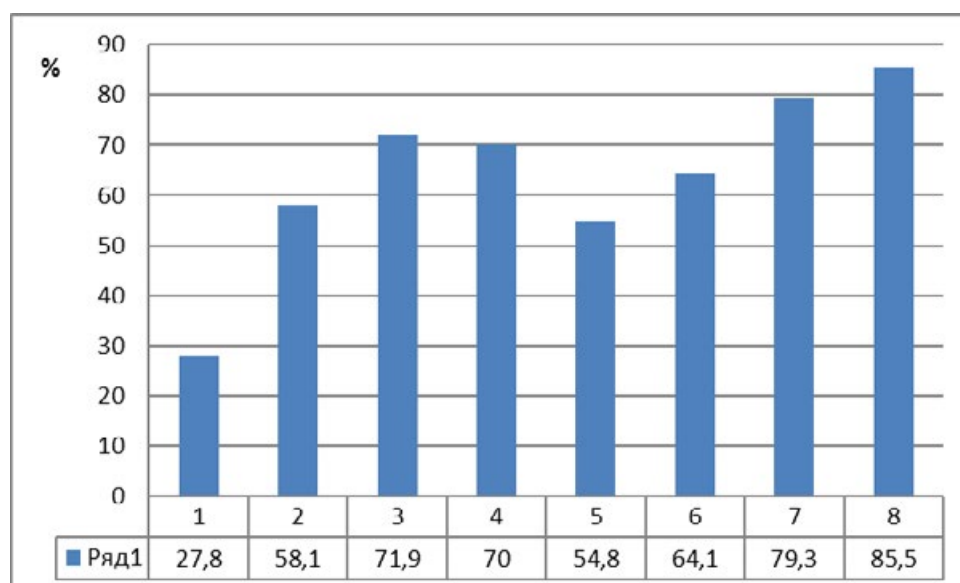


Рис. 1. Окореняемость черенков смородины черной (%) на вариантах опыта: 1 – Т + П (1:1); 2 – Т + П + С 10 т/га; 3 – Т + П + С 15 т/га; 4 – Т + П + С 20 т/га; 5 – Т + П + N30; 6 – Т + П + С 10 т/га + N30; 7 – Т + П + С 15 т/га + N30; 8 – Т + П + С 20 т/га + N30 ($p = 0,023$)

Rooting of blackcurrant cuttings (%) on the following experiments: 1 – P + S (1:1); 2 – P + S + S 10 t/ha; 3 – P + S + S 15 t/ha; 4 – P + S + S 20 t/ha; 5 – P + S + N30; 6 – P + S + S 10 t/ha + N30; 7 – P + S + S 15 t/ha + N30; 8 – P + S + S 20 t/ha + N30 ($p = 0,023$)

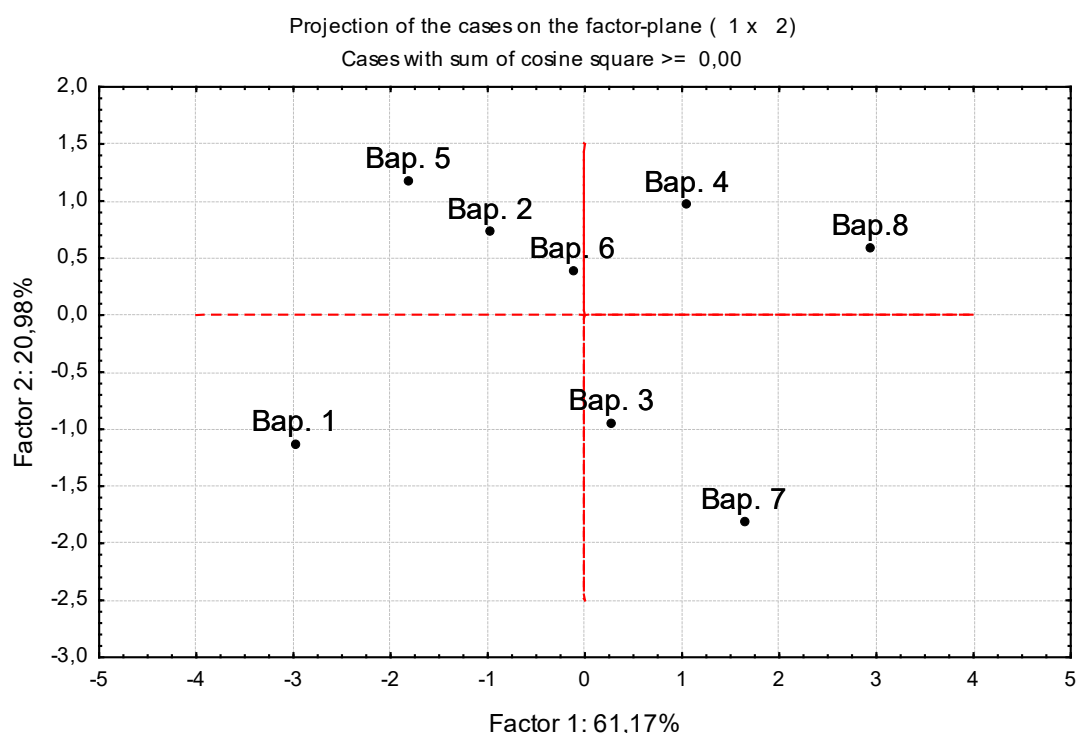


Рис. 2. Распределение вариантов опыта по методу главных компонент с использованием данных физических свойств субстрата для окоренения

Distribution of experimental variants by the principal component method using data on the physical properties of the rooting substrate

Интерпретация результатов по окореняемости черенков и физическому состоянию субстратов, проведенная методом главных компонент, показала, что совокупное распределение око-

реняемости черенков определялась качеством субстрата. Среди трех изученных физических показателей на Factor 1 и Factor 2 приходится 82 % дисперсии. Контрольный субстрат (вариант 1), состоящий из смеси торфа и песка, на плоскости характеризовался изолированным положением. Варианты опыта 2, 5 и 6 с добавлением к субстрату только аммиачной селитры или сапропеля в дозе 10 т/га имели близкую схожесть и находились на одной плоскости. Субстраты, состоящие из смеси компонентов Т + П + С 20 т/га и Т + П + С 20 т/га + N30 (вариант 4 и 8) также отличались сходством физических показателей. Такая же зависимость проявилась и на субстратах с сапропелем в дозе 15 т/га (вариант 3 и 7).

Таким образом, установленная взаимосвязь количественных и качественных показателей окореняемости черенкового материала черной смородины и физических свойств субстрата дает возможность направленного регулирования процессов регенерации на основе сочетания компонентов субстратов и применяемых доз сапропеля и аммиачной селитры.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Плотность упаковки компонентов субстрата в единице его объема, характер первичных минеральных и органических частиц, соотношение пустот и твердой фазы определяют такие физические показатели, как плотность твердой фазы, плотность сложения и общая пористость. Они определяют скорость проникновения воды и воздуха в субстрат, что влияет на доступность элементов питания для окореняемых растений и среду обитания для микроорганизмов [13, 14]. Нашими исследованиями установлено, что существенное снижение плотности твердой фазы при добавлении в субстрат сапропеля обусловлено генетической близостью этого компонента к торфам. Но сапропели отличаются от них тонкой структурой и более низкими значениями плотности твердой фазы их компонентов. По данным [15], средняя плотность макрофитогенного сапропеля оценивалась величиной $0,129 \pm 0,02$ г/см³, торфянистого сапропеля – $0,341 \pm 0,05$ г/см³, торфа – $0,271 \pm 0,04$ г/см³, что обусловлено различ-

ным содержанием органического вещества. Добавление к субстрату сапропеля и аммиачной селитры как дополнительного источника азота для питания растений определяет ускорение корнеообразования и стимулирует активный рост корней у черенков [16]. Резервом увеличения эффективности размножения ягодных культур черенкованием является подбор субстратов с оптимальным соотношением фаз, высокой общей пористостью и пористостью аэрации. Возрастание общей пористости на вариантах опыта с добавлением в субстрат сапропеля, совмещение сапропеля с подкормкой аммиачной селитрой обязано общему увеличению внутренней поверхности высокодисперсного вещества и числа пор. Физическое состояние субстратов оказало существенное влияние на ризогенез зеленых черенков черной смородины. Коэффициент множественной корреляции между величиной окореняемости черенков и физическим состоянием субстратов показал наличие прямой сильной связи между изучаемыми параметрами ($R = 0,85$).

ВЫВОДЫ

1. Физические свойства субстратов при окоренении зеленых черенков смородины черной определяются составом входящих компонентов и дозой сапропеля. Добавление к торфопесчаной смеси сапропеля в дозе 20 т/га, а также дополнительное применение аммиачной селитры в дозе N30 определяет снижение плотности твердой фазы субстрата до $2,57$ г/см³, плотности сложения до $0,66$ – $0,67$ г/см³ и повышение общей пористости до 74 %.

2. Максимальный процент окорененных черенков сформировался на варианте субстрата, состоящего из смеси торфа, песка, сапропеля в дозе 20 т/га и минеральной подкормки в дозе N30 и составил 86 %, что в три раза превышает значения контрольного варианта. Прямая сильная связь между величиной окоренения черенков и физическим состоянием субстратов ($R = 0,85$) в достоверной степени сопряжена с его общей пористостью ($p = 0,043$).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильев А.А., Гасымов Ф.М., Глаз Н.В. Сортимент черной смородины для Южного Урала // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2020. – Т. 181, № 4. – С. 200–204. – DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-200-204.

2. Бахотская А.Ю., Князев С.Д. Предварительная оценка нового гибридного материала смородины черной на устойчивость к биотическим факторам // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2021. – № 6. – С. 37–39. – DOI: 10.30850/vrsn/2021/6/37-39.
3. Изучение флавоноидов и антиоксидантной активности побегов и листьев смородины черной / О.В. Яборова, В.Д. Белоногова, И.В. Алексеева, С.А. Соснина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – № 5 (143). – DOI: 10.60797/IRJ.2024.143.105.
4. Влияние абиотических факторов на массу и химические показатели ягод смородины черной / Е.Г. Акуленко, С.М. Островская, Н.Н. Новикова, Г.Л. Яговенко // Садоводство и виноградарство. – 2024. – № 5. – С. 15–21. – DOI: 10.31676/0235-2591-2024-5-15-21.
5. Перспективы комплексной переработки ягод черной смородины / В.М. Коденцова, Д.В. Рисник, Е.М. Серба [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2024. – Т. 54, № 3. – С. 621–632. – DOI: 10.21603/2074-9414-2024-3-2525.
6. Шпатов Т.В., Штерншиш М.В., Козлова А.С. Биоконтроль грибных болезней черной смородины с использованием микроорганизмов в условиях Сибири // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1 (74). – С. 112–119. – DOI: 10.31677/2072-6724-2025-74-1-112-119.
7. Васильев А.А., Галимов В.Р. Получение саженцев вишни сорта Ашинская с помощью зеленого черенкования // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 7. – С. 4–7. – DOI: 10.28983/asj.y2022i7pp4-7.
8. Васильева Н.А. Оценка способов вегетативного размножения ягодных культур // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2021. – № 4 (65). – С. 14–20. – DOI: 10.34655/bgsha.2021.65.4.002.
9. Сазонов Ф.Ф. Оценка сортов смородины черной селекции ФГБНУ ФНЦ Садоводства по статистическим показателям адаптивности // Вестник КрасГАУ. – 2024. – № 11 (212). – С. 64–70. – DOI: 10.36718/1819-4036-2024-11-64-70.
10. Бопп В.Л. Обзор современных решений повышения ризогенеза зеленых черенков *Ribes nigrum* L. // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 4 (169). – С. 51–59. – DOI: 10.36718/1819-4036-2021-4-51-59.
11. Бопп В.Л. Сапропель как компонент субстрата при зеленом черенковании облепихи крушиновидной // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 12 (201). – С. 136–145. – DOI: 10.36718/1819-4036-2023-12-136-145.
12. Аладина О.Н. Оптимизация технологии зеленого черенкования садовых растений // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 4. – С. 5–22.
13. Kholodov V.A. The capacity of soil particles for spontaneous formation of macroaggregates after a wetting drying cycle // Eurasian Soil Sci. – 2013. – Vol. 46 (6). – P. 660–667.
14. Gehring C.A. Introduction: Mycorrhizas and Soil Structure, Moisture, and Salinity // Chapter 13: Mycorrhizal Mediation of Soil: Fertility, Structure, and Carbon Storage. – 2017. – P. 235–240. – DOI: 10.1016/B978-0-12-804312-7.00013-9.
15. Диагнетическое преобразование органо минеральных сапропелей озера Большие Тороки (Западная Сибирь) / А.Е. Мальцев, Г.А. Леонова, В.А. Бобров [и др.] // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2014. – № 3 (19). – С. 65–76.
16. Роль внекорневых обработок физиологически активными веществами в зеленом черенковании садовых растений / О.Н. Аладина, С.В. Акимова, Н.П. Карсункина, И.В. Скоробогатова // Известия ТСХА. – 2006. – Вып. 3. – С. 46–54.

REFERENCES

1. Vasil'ev A.A., Gasymov F.M., Glaz N.V., *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii*, 2020, T. 181, No. 4, pp. 200–204, DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-200-204.
2. Bahotskaya A.Yu., Knyazev S.D., *Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki*, 2021, No. 6, pp. 37–39, DOI: 10.30850/vrsn/2021/6/37-39.
3. Yaborova O.V., Belonogova V.D., Alekseeva I.V., Sosnina S.A., *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*, 2024, No. 5 (143), DOI: 10.60797/IRJ.2024.143.105.
4. Akulenko E.G., Ostrovskaya S.M., Novikova N.N., Yagovenko G.L., *Sadovodstvo i vinogradarstvo*, 2024, No. 5, pp. 15–21, DOI: 10.31676/0235-2591-2024-5-15-21.
5. Kodencova V.M., Risnik D.V., Serba E.M. [i dr.], *Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv*, 2024, T. 54, No. 3, pp. 621–632, DOI: 10.21603/2074-9414-2024-3-2525.
6. Shpatova T.V., Shternshis M.V., Kozlova A.S., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2025, No. 1 (74), pp. 112–119, DOI: 10.31677/2072-6724-2025-74-1-112-119.
7. Vasil'ev A.A., Galimov V.R., *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*, 2022, No. 7, pp. 4–7, DOI: 10.28983/asj.y2022i7pp4-7.
8. Vasil'eva N.A., *Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii im. V.R. Filippova*, 2021, No. 4 (65), pp. 14–20, DOI: 10.34655/bgsha.2021.65.4.002.

9. Sazonov F.F., *Vestnik KrasGAU*, 2024, No. 11 (212), pp. 64–70, DOI: 10.36718/1819-4036-2024-11-64-70.
10. Bopp V.L., *Vestnik KrasGAU*, 2021, No. 4 (169), pp. 51–59, DOI: 10.36718/1819-4036-2021-4-51-59.
11. Bopp V.L., *Vestnik KrasGAU*, 2023, No. 12 (201), pp. 136–145, DOI: 10.36718/1819-4036-2023-12-136-145.
12. Aladina O.N., *Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii*, 2013, No. 4, pp. 5–22.
13. Kholodov V.A., The capacity of soil particles for spontaneous formation of macroaggregates after a wetting drying cycle, *Eurasian Soil Sci.*, 2013, Vol. 46 (6), pp. 660–667.
14. Gehring C.A., Introduction: Mycorrhizas and Soil Structure, Moisture, and Salinity, *Chapter 13: Mycorrhizal Mediation of Soil: Fertility, Structure, and Carbon Storage*, 2017, pp. 235–240, DOI: 10.1016/B978-0-12-804312-7.00013-9.
15. Mal'cev A.E., Leonova G.A., Bobrov V.A., Melenevskij V.N., Lazareva E.V., Krivonogov S.K., *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri*, 2014, No. 3 (19), pp. 65–76.
16. Aladina O.N., Akimova S.V., Karsunkina N.P., Skorobogatova I.V., *Izvestiya TSHA*, 2006, Vyp. 3, pp. 46–54.

Информация об авторах:

В.Л. Бопп, кандидат биологических наук

Н.Л. Кураченко, доктор биологических наук

Contribution of the authors:

V.L. Bopp, candidate of biological sciences

N.L. Kurachenko, doctor of biology sciences

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.