

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ВЕСЕННИМ ЗАМОРОЗКАМ ЯБЛОНИ*

Зоя Евгеньевна Ожерельева, кандидат сельскохозяйственных наук

Павел Сергеевич Прудников, кандидат биологических наук

Анна Юрьевна Ступина, младший научный сотрудник

Ангелика Олеговна Болгова, аспирант, младший научный сотрудник

Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, д. Жилина, Орловская обл., Россия

E-mail: ozherelieva@orel.vniispk.ru

Аннотация. В статье представлены результаты испытания нового препарата ПРК «Белый Жемчуг Универсальный Антифриз» на яблоне. Цель работы — исследовать влияние органоминерального удобрения на физиолого-биохимические показатели устойчивости к весенним заморозкам яблони. Объект изучения — сорт из биоресурсной коллекции ВНИИСПК Синап орловский. Схема опыта: 1. контроль (без обработки); 2. некорневая обработка 1%-м раствором ПРК «Белый Жемчуг Универсальный Антифриз»; 3. некорневая обработка 3%-м раствором ПРК «Белый Жемчуг Универсальный Антифриз». Повторность трехкратная, по пять учетных деревьев. Трехкратная некорневая обработка способствовала повышению на 34,3% связанной воды. На фоне увеличения активности суммарной амилазы 1% и 3% растворы препарата, по сравнению с контролем, увеличили количество сахарозы на 23,1 и 55,6% в плодовых почках. Препарат ПРК «БЖУ Антифриз» ускорял белковый обмен в плодовых почках. Уровень пролина под влиянием 3%-го раствора препарата ПРК «БЖУ Антифриз» уменьшился в 8,0 и 9,2 раза в варианте с 1%-м раствором, в контроле — 7,8 раза. По результатам полевых и лабораторных наблюдений выявили положительное влияние препарата ПРК «БЖУ Антифриз» на устойчивость цветков и бутонов. Полученные данные позволяют сделать вывод, что применение препарата приводит к повышению устойчивости к низкотемпературному стрессу в весенний период из-за оптимизации водного режима, улучшения углеводно-белкового, энергетического и окислительно-восстановительного обмена.

Ключевые слова: яблоня, Синап орловский, некорневые обработки, ПРК «Белый Жемчуг Универсальный Антифриз», устойчивость к весенним заморозкам

STUDY OF THE INFLUENCE OF ORGANOMINERAL FERTILIZER ON THE RESISTANCE TO SPRING FROST OF APPLE TREE

Z.E. Ozherelieva, *PhD in Agricultural Sciences*

P.S. Prudnikov, *PhD in Biological Sciences*

A.Yu. Stupina, *Junior Researcher*

A.O. Bolgova, *PhD Student, Junior Researcher*

Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Zhilina, Orel region, Russia

E-mail: ozherelieva@orel.vniispk.ru

Abstract. This article presents the preliminary results of testing a new drug NPC “White Pearl Universal Antifreeze” on apple. The purpose of the research was to study the effect of organomineral fertilizer on the physiological and biochemical parameters of apple trees resistance to spring frosts. Sinap Orlovsky, an apple cultivar from the bioresource collection of VNIISP, served as an object of the study. The experiment was based on three variants. The experiment variants were: 1 — control (without treatments); 2 — foliar treatment with 1% solution of NPC “White Pearl Universal Antifreeze”; 3 — foliar treatment with 3% solution of NPC “White Pearl Universal Antifreeze”. There were 3 repetitions in each experiment with 5 accounting trees. Three-fold non-root treatment in the experimental versions contributed to a 34.3% increase in bound water. Against the background of an increase in the activity of total amylase, 1% and 3% solutions of the drug increased the amount of sugars in fruit buds by 23.1% and 55.6%, respectively, compared with the control. At the same time, the NPC “White Pearl Universal Antifreeze” contributed to the acceleration of protein metabolism in fruit buds. Thus, the level of proline under the influence of a 3% solution of the NPC “White Pearl Universal Antifreeze” decreased by 8.0 times and by 9.2 times in the variant with 1% solution, whereas in the control it decreased by 7.8 times. According to the results of field and laboratory observations, the positive effect of the drug NPC “White Pearl Universal Antifreeze” on the stability of flowers and buds was revealed. The preliminary data make it possible to conclude that the treatment with NPC “White Pearl Universal Antifreeze” can increase resistance to low-temperature stress in the spring period by optimizing the water regime, improving carbohydrate-protein, energy and redox metabolism.

Keywords: apple, Sinap Orlovsky, foliar treatments, NPC “White Pearl Universal Antifreeze”, resistance to spring frosts

Одна из причин снижения урожая плодовых культур, в частности яблони, — повреждение цветков и бутонов весенними заморозками. Наблюдается тенденция ухудшения в средней зоне плодоводства погодных условий при цветении садовых культур. В Орловской

области в период цветения яблони пониженные положительные температуры и утренние заморозки случаются почти ежегодно. В мае 1999 года был заморозок до минус 3°C, в 2000 и 2017 годах температура воздуха снизилась до минус 2°C. При этом отметили силь-

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-26-00041, <https://rscf.ru/project/24-26-00041/>. The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 24-26-00041, <https://rscf.ru/project/24-26-00041/>

ное повреждение цветков у большинства сортов. [10] Один из наиболее перспективных методов повышения устойчивости сельскохозяйственных растений к неблагоприятным факторам среды — использование биопрепаратов. [6, 14, 15] К ним относятся органические и неорганические соединения, которые в малых дозах стимулируют физиолого-биохимические процессы, улучшают доступность питательных веществ и их усвоение. [2, 7–9, 11, 13, 16] Приоритет заключается в применении адаптогенных препаратов, действие которых связано не только с увеличением урожая, но и с повышением устойчивости растений к абиотическим факторам. Поэтому начаты исследования повышения устойчивости к весенним заморозкам яблони с использованием нового адаптогенного препарата ПРК «БЖУ Антифриз».

Цель работы — изучить влияние органоминерального удобрения ПРК «Белый Жемчуг Универсальный Антифриз» на физиолого-биохимические показатели устойчивости яблони к весенним заморозкам.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На базе лаборатории физиологии устойчивости плодовых растений ФГБНУ ВНИИСПК проводят испытания Природного Растительного Комплекса (ПРК) «Белый Жемчуг Универсальный (БЖУ) Антифриз».

ПРК «БЖУ Антифриз» — адаптогенный препарат, который выполняет роль фитомодулятора, представляет собой суспензию минералов природного происхождения с концентратом экстрактов хвои ели, сосны, сибирской пихты. В составе: SiO_2 — 5,6%; N (общий) — 2...6% — 1,0%; CaO — 5000 ppm, MgO — 7000, K_2O B-130, Zn — 150, Mo — 200; Al_2O_3 — 1600 ppm; витамины — A (каротин, лютеин), D (фитостерины), E, K, B1, B2, B6, PP, H; эфирные масла, хлорофилл, флавоноиды, сахара, белки, аминокислоты.

Опыт был заложен в двух вариантах на участке с темно-серыми лесными почвами, содержание гумуса — 3...4%, мощность гумусового горизонта — 30...35 см. Объект изучения — сорт яблони селекции ВНИИСПК *Синап орловский*, растущий на полукарликовом подвое 54-118. Год посадки — 2013, схема — 6×3 м, повторность трехкратная, в каждой по пять учетных деревьев. Агротехника общепринятая.

Схема опыта: 1. контроль (без обработки); 2. некорневая обработка 1%-м раствором ПРК «БЖУ Антифриз»; 3. некорневая обработка 3%-м раствором ПРК «БЖУ Антифриз».

Фракционный состав воды в тканях однолетних побегов и плодовых почках яблони определяли методом Окунцова-Маринчик. [3] Концентрацию сахарозы в растворе устанавливали рефрактометрически (PAL-1), ее содержание — на основе резорцинового реактива при длине волны 520 нм. Содержание этого дисахарида рассчитали с помощью калибровочной кривой, построенной для чистой сахарозы. [5]

Количество пролина определили реакцией с реагентом нингидрина. [4] Содержание аминокислоты рассчитали с использованием калибровочной кривой, построенной для чистого пролина при длине волны 520 нм на спектрофотометре (BioRad SmartSpec Plus).

Устанавливали активность каталазы по методике. [4] Навеску растительного материала (100 мг) растирали в ступке со стекляннным порошком. Для умень-

шения кислотности к растертой пробе добавляли на кончике шпателя CaCO_3 , после еще 10 мл 3% перекиси водорода и 10 мл 3% раствора йодистого калия в 50% ацетоне. Смесь фильтровали, центрифугировали и спектрофотометрировали при 440 нм.

Активность пероксидазы определили методом Бояркина. [1] Субстрат — бензидин. Измеряли на ФЭКе при длине волны 670 нм.

Активность амилазы устанавливали колориметрическим методом учета количества негидролизованного амилазой крахмала. [1] Метод основан на расчете количества расщепленного амилазой крахмала при λ — 670 нм после обработки 0,3% раствором йода.

С учетом многолетних метеоданных весеннего периода были выбраны критические температуры для цветков и бутонов яблони. Моделировали весенние заморозки (минус 3,0 и минус 4,0°C) в климатической камере PSL-2КРН. Экспозиция промораживания — 3 ч. Скорость снижения температуры — 1°C/ч.

Экспериментальные данные обрабатывали дисперсионным методом (ANOVA) с использованием пакета MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате некорневой обработки в начале весны (спящая почка-серебряный конус) было повышение на 5,7 и 5,0% оводненности тканей однолетних побегов у обработанных деревьев 1%-м и 3%-м раствором ПРК «БЖУ Антифриз» соответственно, по сравнению с контролем. В обоих вариантах наблюдали повышение в 2,7...2,8 раза содержания свободной воды и понижение в 1,2 раза связанной (рис. 1 а). Предположительно адаптогенный препарат ПРК «БЖУ Антифриз» способствовал оптимизации водного режима сорта яблони *Синап орловский* и, как следствие этого, повысилась интенсивность обменных процессов. Данный вывод подтверждается полученными результатами биохимических исследований, которые представлены далее в статье.

После второй обработки 1%-м и 3%-м растворами препарата в фазе мышиное ушко содержание свободной воды значительно не изменилось, по сравнению с контролем. При этом доля связанной воды в тканях однолетних побегов опытных растений было меньше на 4,7 (1%-й раствор) и 6,8% (3%-й раствор). В плодовых почках опытного сорта после некорневой обработки 1%-м ПРК «БЖУ Антифриз» отметили понижение на 4,0% доли свободной воды и повышение на 2,6% связанной, по сравнению с контролем. В другом варианте (3%-й раствор) содержание свободной воды в плодовых почках было ниже контроля на 2,2%, а связанной выше на 1,1% (рис. 1 б). При этом в плодовых почках отметили более интенсивный переход свободной воды в связанную в варианте опыта с некорневой обработкой 1%-м раствором препарата.

В фазе закрытое соцветие выявили в плодовых почках повышение количества свободной воды во всех вариантах опыта (контроль — на 8,2%; 1%-й раствор — 6,1; 3%-й раствор — 1,8%), по сравнению с предыдущим сроком обработки (рис. 1 в). Для нормального функционирования растений при цветении им необходима свободная вода, которая определяет активность обменных процессов, поставляя питательные вещества в органы растений. Следует отметить, что некорневая обработка в обоих вариантах опыта способствовала

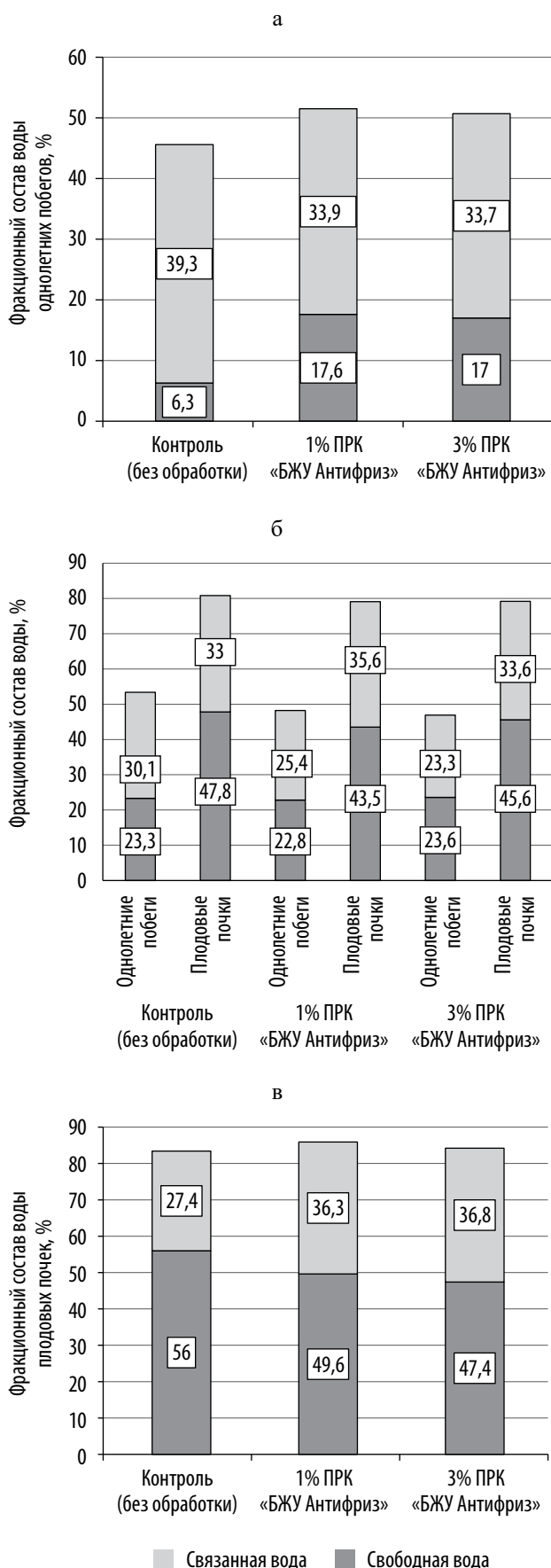


Рис. 1. Фракционный состав воды в однолетних побегах и плодовых почках сорта яблони *Синап орловский* в фазах: а — спящая почка-серебряный конус, б — мышиное ушко, в — закрытое соцветие, %.

повышению на 34,3% доли связанной воды в плодовых почках, что предположительно будет снижать риск повреждения цветков весенними заморозками, так как связанная имеет сниженную температуру замерзания, по сравнению со свободной.

В условиях отрицательной температуры свободный пролин и сахара играют ключевую роль в защите клетки от образования внутриклеточного льда за счет связывания воды и увеличивая концентрацию клеточного сока. Определение в коре однолетних побегов и плодовых почках сахарозы показало, что под действием некорневых обработок ПРК «БЖУ Антифриз» повышается углеводов. Обработка растворами ПРК «БЖУ Антифриз» способствовала увеличению этого дисахарида в тканях коры. После первой обработки уровень сахаров вырос на 16,9 и 25,3% соответственно для вариантов с 1%-й и 3%-й концентрацией раствора препарата, по сравнению с контролем (табл. 1). При этом активность суммарной амилазы, помогающей гидролизу крахмала до моносахаров, в этих вариантах была выше контроля на 39,0 и 80,5% (табл. 2). В плодовых почках повышенный уровень сахарозы отмечали в варианте с обработкой 1%-м раствором ПРК «БЖУ Антифриз» на фоне 30% увеличения активности суммарной амилазы. При обработке 3%-м раствором препарата в цветковых почках количество сахарозы на 20% было меньше контроля, что совпадает с падением на 29,5% активности

Таблица 1.
Влияние ПРК «БЖУ Антифриз» на содержание в тканях коры однолетних побегов и плодовых почках сахарозы, мг/г сухой массы

Вариант	Фаза плодовых почек		
	спящая почка – серебряный конус	мышиное ушко	закрытое соцветие
Однолетние побеги			
Контроль (без обработки)	0,83 ± 0,04	0,76 ± 0,04	0,68 ± 0,03
1%-й ПРК «БЖУ Антифриз»	0,97 ± 0,05	0,86 ± 0,04	0,67 ± 0,03
3%-й ПРК «БЖУ Антифриз»	1,04 ± 0,06	0,73 ± 0,04	0,87 ± 0,04
Плодовые почки			
Контроль (без обработки)	0,18 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,11 ± 0,01
1%-й ПРК «БЖУ Антифриз»	0,20 ± 0,01	0,13 ± 0,01	0,16 ± 0,01
3%-й ПРК «БЖУ Антифриз»	0,15 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,14 ± 0,01

Таблица 2.
Влияние ПРК «БЖУ Антифриз» на активность суммарной амилазы в тканях коры однолетних побегов и плодовых почках, мг крахмала/ч-г

Вариант	Фаза плодовых почек		
	спящая почка – серебряный конус	мышиное ушко	закрытое соцветие
Однолетние побеги			
Контроль (без обработки)	85,2 ± 4,2	333,9 ± 13,3	206,5 ± 10,3
1%-й ПРК «БЖУ Антифриз»	118,4 ± 4,7	301,3 ± 12,0	318,5 ± 12,7
3%-й ПРК «БЖУ Антифриз»	153,8 ± 6,1	292,9 ± 14,6	312,6 ± 12,5
Плодовые почки			
Контроль (без обработки)	10,1 ± 0,6	114,6 ± 6,8	197,1 ± 11,8
1%-й ПРК «БЖУ Антифриз»	13,1 ± 0,6	198,3 ± 9,9	378,3 ± 15,1
3%-й ПРК «БЖУ Антифриз»	7,8 ± 0,4	214,6 ± 8,5	357,1 ± 14,2

суммарной амилазы. После второй обработки (мышинное ушко) количество сахарозы в тканях коры достоверно уменьшилось на 42,5%, по сравнению с первой датой обработок только в варианте с 3%-м раствором препарата. Отмечено максимальное снижение уровня дисахарида и в тканях плодовых почках на 67,0% при увеличении активности амилазы в 27,5 раза, что может указывать на рост потребления сахаров в качестве субстрата для дыхания и биосинтеза пластических эквивалентов (белки), необходимых для ростовых процессов. С увеличением активности суммарной амилазы в коре и плодовых почках под действием третьей обработки (закрытое соцветие), 1%-й и 3%-й растворы препарата, по сравнению с контролем, повысили количество сахарозы в плодовых почках на 23,1 и 55,6% соответственно, в отличие от предыдущей фазы, что согласуется с результатами исследований водного режима. В этот период значительно повышается в плодовых почках связанная вода. Поэтому уровень сахарозы в цветковых почках в вариантах с обработкой 1%-м и 3%-м раствором препарата ПРК «БЖУ Антифриз» на 45,5 и 27,3% превосходили контроль, что очень важно при низкотемпературном стрессе.

Анализ активности антиоксидантного фермента на примере каталазы показал, что обработка препаратом ПРК «БЖУ Антифриз» после первой обработки 1%-м и 3%-м раствором увеличила активность фермента в 1,5 раза как в коре, так и плодовых почках (табл. 3). Однако после второй обработки активность работы каталазы увеличилась, по сравнению с данными после первой обработки в 1,9 и 2,9 раза, тогда как в контроле в 3,4 раза для тканей коры и в 4,5 и 2,3 раза против 4,8 раз — для плодовых почек. После третьей обработки (закрытое соцветие) активность антиоксидантного фермента каталазы как в коре, так и цветковых почках была ниже контроля на 9,0...66,8%. Низкая интенсификация антиоксидантного фермента каталазы может быть связана с протекторным действием проведенных обработок вследствие предотвращения развития окислительного стресса в результате понижения температуры воздуха.

Определение другого антиоксидантного фермента (пероксидазы) показало, что после первой обработки (спящая почка-серебряный конус) в коре активность разложения перекиси водорода ферментом увеличилась на 15,8...26,3%, но было на уровне контроля в плодовых почках. После второй обработки (мышинное ушко), по сравнению с первой, активность фермен-

та в коре в большей степени уменьшилось при обработке 1%-м раствором препарата — на 20% (табл. 4). В плодовых почках под действием вторых обработок активность пероксидазы уменьшилась в 2,0...2,8 раза, в контроле — 3,3 раза. В фазе закрытое соцветие участие пероксидазы в процессе дыхания и образования пластических и энергетических эквивалентов в коре и плодовых почках во всех вариантах опыта существенно снижается и остается ее антиоксидантная роль, которая имеет конкурентные взаимоотношения с каталазой за субстрат (перекись водорода). Активность пероксидазы под действием обработок достоверно не отличается от контроля по всем вариантам опыта.

Для оценки эффективности испытуемого препарата на устойчивость яблони к весенним заморозкам провели искусственное промораживание цветков и бутонов сорта *Синап орловский*. При температуре минус 3°C у обработанных деревьев 1%-м и 3%-м растворами препарата отметили меньше на 19,7 и 27,0% погибших цветков и 13,9...15,1% бутонов соответственно, по сравнению с контролем (рис. 2 а). При температуре минус 4°C доля погибших цветков и бутонов была меньше на 9,8 и 9,0% и 9,1 и 10,5% соответственно после обработок 1%-м и 3%-м растворами препарата (рис. 2 б). Таким образом, в контролируемых условиях органоминеральные удобрения ПРК «БЖУ Антифриз» положительно повлияли на устойчивость цветков и бутонов яблони к весенним заморозкам на фоне повышения связанной воды и интенсивности углеводно-белкового обмена.

Важно отметить, что весной 2024 года сложились экстремальные погодные условия для плодовых культур. В мае (массовое цветение яблони) наблюдали продолжительное похолодание с периодически повторяющимися заморозками. Минимальная температура воздуха впервые за последние 50 лет понизилась до отметки минус 6°C (данные метеопоста ВНИИСПК). Потеря урожая у большинства сортов яблони составила 70...80%. При этом выявили положительное влияние препарата ПРК «БЖУ Антифриз» на устойчивость цветков и бутонов яблони, что подтверждает результаты искусственного промораживания. В контроле доля погибших цветков — 78,2%. Действие 1%-м и 3%-м растворами препарата снизило количество подмерзших цветков на 15,1 и 11,4% соответственно, по сравнению с контролем. Полученные экспериментальные данные согласуются с результатами проведенных ранее исследований. [2, 12]

Таблица 3.
Влияние ПРК «БЖУ Антифриз» на активность каталазы в коре побегов и плодовых почках, мл O₂/мин.

Вариант	Фаза плодовых почек		
	спящая почка – серебряный конус	мышинное ушко	закрытое соцветие
Однолетние побеги			
Контроль (без обработки)	2,2 ± 0,1	7,5 ± 0,3	36,2 ± 1,8
1%-й ПРК «БЖУ Антифриз»	3,4 ± 0,2	6,6 ± 0,2	30,0 ± 1,8
3%-й ПРК «БЖУ Антифриз»	3,2 ± 0,1	9,4 ± 0,3	21,7 ± 1,3
Плодовые почки			
Контроль (без обработки)	12,8 ± 0,6	22,2 ± 1,1	82,0 ± 4,1
1%-й ПРК «БЖУ Антифриз»	18,5 ± 0,9	23,4 ± 0,9	72,4 ± 3,6
3%-й ПРК «БЖУ Антифриз»	19,0 ± 0,7	23,6 ± 1,1	75,2 ± 3,0

Таблица 4.
Влияние ПРК «БЖУ Антифриз» на активность пероксидазы в тканях коры однолетних побегов и плодовых почках, усл. ед.

Вариант	Фаза плодовых почек		
	спящая почка – серебряный конус	мышинное ушко	закрытое соцветие
Однолетние побеги			
Контроль (без обработки)	0,19 ± 0,011	0,18 ± 0,010	0,08 ± 0,005
1%-й ПРК «БЖУ Антифриз»	0,24 ± 0,014	0,20 ± 0,012	0,09 ± 0,005
3%-й ПРК «БЖУ Антифриз»	0,22 ± 0,013	0,21 ± 0,012	0,09 ± 0,005
Плодовые почки			
Контроль (без обработки)	0,10 ± 0,006	0,03 ± 0,001	0,04 ± 0,002
1%-й ПРК «БЖУ Антифриз»	0,10 ± 0,006	0,05 ± 0,002	0,03 ± 0,001
3%-й ПРК «БЖУ Антифриз»	0,11 ± 0,006	0,04 ± 0,002	0,03 ± 0,001

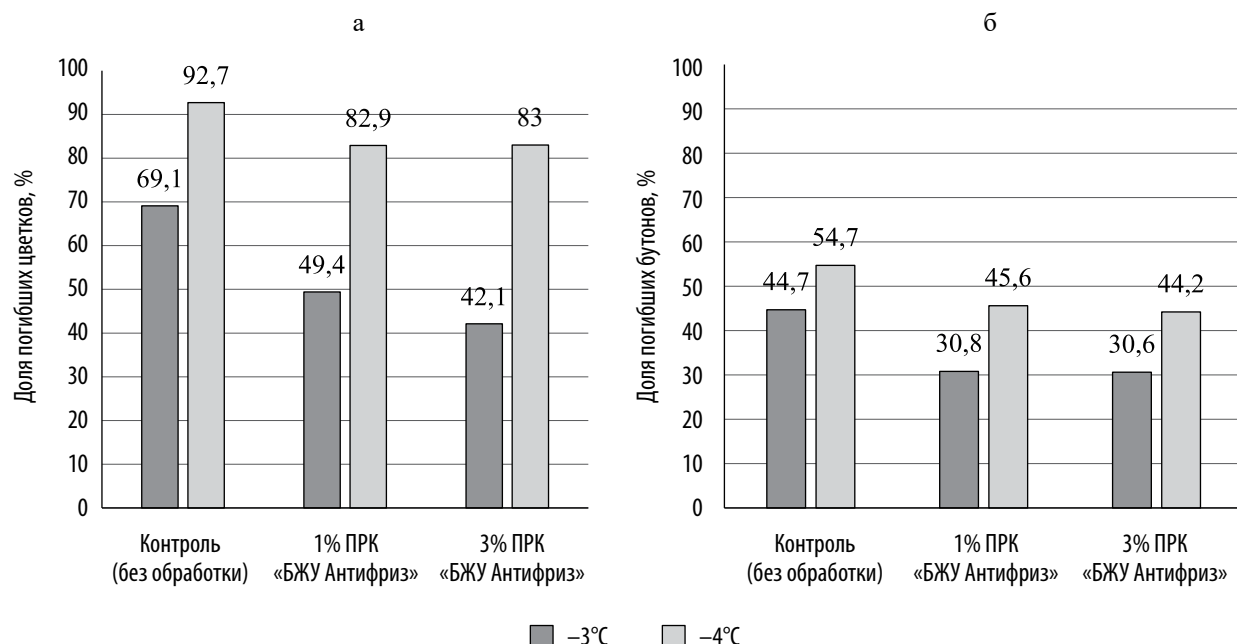


Рис. 2. Доля погибших цветков (а) и бутонов (б) сорта *Синап орловский* в контролируемых условиях, %.

Таким образом, адаптогенный препарат ПРК «БЖУ Антифриз» способен повысить устойчивость генеративных почек яблони сорта *Синап орловский* к весенним заморозкам из-за улучшения водного, углеводно-белкового, энергетического и окислительно-восстановительного обмена.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Ермаков А.И. Методы биохимических исследований растений. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.
- Ожерельева З.Е., Прудников П.С. Влияние биопрепаратов ПРК «Белый Жемчуг» линии В-PLUS на устойчивость к весенним заморозкам, урожайность и качество плодов яблони // Садоводство и виноградарство. 2022. № 6. С. 24–32. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2022-6-24-32>
- Ожерельева З.Е., Прудников П.С., Зубкова М.И. и др. Определение морозостойкости земляники садовой в контролируемых условиях. Орел, 2019. 25 с.
- Прудников П.С., Ожерельева З.Е. Физиолого-биохимические методы диагностики устойчивости плодовых культур к засухе и гипертермии. Орел: ВНИИСПК, 2019. 46 с.
- Туркина М.В., Соколова С.В. Изучение мембранного транспорта сахарозы в растительной ткани // Физиология растений. 1972. Т. 19. № 5. С. 912–919.
- Ali O., Ramsubhag A., Jayaraman J. Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: implications towards sustainable crop production // Plants. 2021. № 10. <https://doi.org/10.3390/plants10030531>
- Bulgari R., Franzoni G., Ferrante A. Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions // Agronomy. 2017. V. 9. № 6. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060306>.
- Franzoni G., Bulgari R., Ferrante A. Maceration time affects the efficacy of borage extracts as potential biostimulant on rocket salad // Agronomy. 2021. № 11. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112182>
- Franzoni G., Cocetta G., Prinsi B. et al. Biostimulants on crops: Their impact under abiotic stress conditions // Horticulturae. 2022. V. 8. № 3. 189. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8030189>

- Krasova N., Ozherelieva Z., Galasheva A. et al. Gene pool assessment in terms of apple tree generative organs resistance of different ploidy to spring frost // E3S Web of Conferences. 2020. V. 176. 03017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017603017>
- Lau S.E., Teo W.F.A., Teoh E.Y., Tan B.C. Microbiome engineering and plant biostimulants for sustainable crop improvement and mitigation of biotic and abiotic stresses // Discover Food. 2022. № 2. <https://doi.org/10.1007/s44187-022-00009-5>
- Ozherelieva Z., Prudnikov P., Nikitin A. et al. Adaptogenic Preparations Enhance the Tolerance to Spring Frosts, Yield and Quality of Apple Fruits // Horticulturae. 2023. V. 9. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9050591>
- Rouphael Y., De Micco V., Raimondi G. et al. Effect of Ecklonia maxima seaweed extract on yield, mineral composition, gas exchange and leaf anatomy of zucchini squash grown under saline conditions // Journal of Applied Phycology. 2017. V. 29. P. 459–470. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0937-x>
- Rouphael Y., Colla G. Editorial: Biostimulants in agriculture // Frontiers in Plant Science. 2020. V. 11. № 40. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>
- Sangiorgio D., Cellini A., Donati I. et al. Facing climate change: Application of microbial biostimulants to mitigate stress in horticultural crops // Agronomy. 2020. V. 10. № 6. P. 794. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060794>
- Zulficar F., Casadesús A., Brockman H., Munné-Bosch S. An overview of plant-based natural biostimulants for sustainable horticulture with a particular focus on moringa leaf extracts // Plant Science. 2020. V. 295. 110194. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110194>

REFERENCES

- Ermakov A.I. Metody biokhimicheskikh issledovaniy rastenij. L.: Agropromizdat, 1987. 430 s.
- Ozherel'eva Z.E., Prudnikov P.S. Vliyanie biopreparatov PRK «Belyj Zhemchug» linii B-PLUS na ustojchivost' k vesennim zamorozkam, urozhajnost' i kachestvo plodov yabloni // Sa-dovodstvo i vinogradarstvo. 2022. № 6. 24–32. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2022-6-24-32>

3. Ozherel'eva Z.E., Prudnikov P.S., Zubkova M.I. i dr. Opre-
delenie morozostojkosti zemlyaniki sadovoj v kontroliruemyh
usloviyah. Orel, 2019. 25 s.
4. Prudnikov P.S., Ozherel'eva Z.E. Fiziologo-biohimicheskie
metody diagnostiki ustojchivosti plodovyh kul'tur k zasuhe i
gipertermii. Orel: VNIISPK, 2019. 46 s.
5. Turkina M.V., Sokolova C.B. Izuchenie membrannogo trans-
porta saharozy v rastitel'noj tkani // Fiziologiya rastenij. 1972.
T. 19. № 5. S. 912–919.
6. Ali O., Ramsuhag A., Jayaraman J. Biostimulant properties
of seaweed extracts in plants: implications towards sustainable
crop production // Plants. 2021. № 10.
<https://doi.org/10.3390/plants10030531>
7. Bulgari R., Franzoni G., Ferrante A. Biostimulants applica-
tion in horticultural crops under abiotic stress conditions // *Agronomy*. 2017. V. 9. № 6.
<https://doi.org/10.3390/agronomy9060306>
8. Franzoni G., Bulgari R., Ferrante A. Maceration time affects
the efficacy of borage extracts as potential biostimulant on
rocket salad // *Agronomy*. 2021. № 11.
<https://doi.org/10.3390/agronomy1111218>.
9. Franzoni G., Cocetta G., Prinsi B. et al. Biostimulants on
crops: Their impact under abiotic stress conditions // *Horti-
culturae*. 2022. V. 8. № 3. 189.
<https://doi.org/10.3390/horticulturae8030189>
10. Krasova N., Ozherelieva Z., Galasheva A. et al. Gene pool as-
sessment in terms of apple tree generative organs resistance of
different ploidy to spring frost // *E3S Web of Conferences*. 2020.
V. 176. 03017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017603017>
11. Lau S.E., Teo W.F.A., Teoh E.Y., Tan B.C. Microbiome engi-
neering and plant biostimulants for sustainable crop improve-
ment and mitigation of biotic and abiotic stresses // *Discover
Food*. 2022. № 2. <https://doi.org/10.1007/s44187-022-00009-5>
12. Ozherelieva Z., Prudnikov P., Nikitin A. et al. Adaptogenic
Preparations Enhance the Tolerance to Spring Frosts, Yield
and Quality of Apple Fruits // *Horticulturae*. 2023. V. 9.
<https://doi.org/10.3390/horticulturae9050591>
13. Rouphael Y., De Micco V., Raimondi G. et al. Effect of Eck-
lonia maxima seaweed extract on yield, mineral composition,
gas exchange and leaf anatomy of zucchini squash grown under
saline conditions // *Journal of Applied Phycology*. 2017. V. 29.
P. 459–470. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0937-x>
14. Rouphael Y., Colla G. Editorial: Biostimulants in agricul-
ture // *Frontiers in Plant Science*. 2020. V. 11. № 40.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>
15. Sangiorgio D., Cellini A., Donati I. et al. Facing climate change:
Application of microbial biostimulants to mitigate stress in hor-
ticultural crops // *Agronomy*. 2020. V. 10. № 6. 794.
<https://doi.org/10.3390/agronomy10060794>
16. Zulfiqar F., Casadesús A., Brockman H., Munné-Bosch S.
An overview of plant-based natural biostimulants for sustain-
able horticulture with a particular focus on moringa leaf ex-
tracts // *Plant Science*. 2020. V. 295. 110194.
<https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110194>

Поступила в редакцию 25.07.2024
Принята к публикации 08.08.2024

УДК 634.72:581.143.6

DOI: 10.31857/S2500208225010057, EDN: CTZWCM

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДИКИ КЛОНАЛЬНОГО МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ СМОРОДИНЫ КРАСНОЙ (*RIBES RUBRUM* L.) С УЧЕТОМ ГЕНОТИПИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ

Нелли Васильевна Ряго, аспирант

Татьяна Михайловна Хромова, кандидат биологических наук

Лариса Владимировна Ташматова, кандидат сельскохозяйственных наук

Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур,

д. Жилина, Орловская обл., Россия

E-mail: ryago@orel.vniispk.ru

Аннотация. В статье рассмотрена эффективность микроклонального размножения смородины красной в зависимости от срока изоляции меристем, генотипических особенностей сортов и органического состава питательной среды на различных этапах культивирования. Исследования проводили в 2022–2023 годах на базе лаборатории биотехнологии ФГБНУ ВНИИСПК. Объект изучения – сорта селекции ВНИИСПК (Валентиновка, Вика, Газель). Изоляцию меристем осуществляли в два периода – апрель и июнь. Испытаны три среды на основе макро- и микросолей Murashige – Skoog с добавлением 0,2 мг/л 6-БАП, 10 мг/л аскорбиновой кислоты, тройного содержания хелата железа и разного содержания витаминов: 1) B_1 (0,5 мг/л), B_6 (0,5 мг/л), PP (0,5 мг/л) (контроль, MS); 2) B_1 (0,1 мг/л), B_6 (0,5 мг/л), PP (0,5 мг/л) (MS₁); 3) B_1 (10,0 мг/л), B_6 (10,0 мг/л), PP (5,0 мг/л) (MS₂). Наиболее существенное влияние на результат введения в культуру *in vitro* оказали сроки изоляции эксплантов и соответствующие им климатические условия, а также генотипические особенности сортов. Более высокую приживаемость при введении в апреле имели экспланты сортов Газель и Вика. Летний период введения для всех изучаемых сортов характеризовался ростом доли некроза и заражения эксплантов, вплоть до их гибели (Валентиновка). Изменение концентрации витаминов не существенно помогло приживаемости эксплантов на этапе инициации в культуре *in vitro*, культивированию микрорастений смородины красной на питательных средах, содержащих 6-БАП 0,8 мг/л (MS₃) и 6-БАП 0,5 мг/л, ИМК 0,1 мг/л, ГК 0,1 мг/л (MS₄) – на коэффициент размножения. Добавление в состав питательной среды низких концентраций цитокининов, ауксинов и гибберелловой кислоты способствовало увеличению высоты микропобегов смородины красной Газель.

Ключевые слова: витамины, приживаемость, контаминация, некроз, сроки введения, стимулятор роста