

Изучение влияния органоминерального удобрения на устойчивость яблони к весенним заморозкам

✉ Ожерельева З.Е., Прудников П.С., Ступина А.Ю., Болгова А.О.

Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур

Орловская область, д. Жилина, Россия

✉ e-mail: ozherelieva@orel.vniispk.ru

В статье представлены результаты испытания нового препарата – природный растительный комплекс (ПРК) «Белый Жемчуг Универсальный Антифриз» (БЖУ Антифриз). Цель исследований – изучить влияние органоминерального удобрения на физиолого-биохимические показатели устойчивости яблони к весенним заморозкам. Объектом исследований служат яблони сорта Синап орловский из биоресурсной коллекции Всероссийского научно-исследовательского института селекции плодовых культур. Опыт заложен в трех вариантах: 1 – контроль (без обработки); 2 – некорневая обработка 1%-м раствором ПРК «БЖУ Антифриз»; 3 – некорневая обработка 3%-м раствором ПРК «БЖУ Антифриз». В каждом варианте три повторности, по пять учетных деревьев. В результате двухлетних исследований выявили, что трехкратная обработка 1%-м и 3%-м растворами препарата ПРК «БЖУ Антифриз» повысила в плодовых почках уровень связанной воды на 9,8 и 3,8% на фоне увеличения сахарозы на 32,3% по сравнению с контролем, что, предположительно, будет предохранять растительные клетки от замерзания в период весенних заморозков. При этом показано, что обработка препаратом ПРК «БЖУ Антифриз», вероятно, способствовала ускорению биосинтеза и транспорта пролина в распускающиеся плодовые почки. После трехкратной обработки 1%-м и 3%-м растворами препарата уровень пролина уменьшился в 8,0 и 9,2 раза соответственно, в контроле – в 7,8 раза. Кроме того, отмечено положительное влияние препарата ПРК «БЖУ Антифриз» на устойчивость цветков и бутонов яблони как в лабораторных, так и в полевых условиях. Таким образом, применение препарата ПРК «БЖУ Антифриз» позволяет повысить устойчивость растений к низкотемпературному стрессу в весенний период за счет оптимизации водного режима и улучшения углеводно-белкового обмена.

Ключевые слова: яблоня, Синап орловский, некорневая обработка, ПРК «БЖУ Антифриз», устойчивость к весенним заморозкам

Study of the effect of organomineral fertilizer on the resistance of apple trees to spring frosts

✉ Ozherelieva Z.E., Prudnikov P.S., Stupina A.Yu., Bolgova A.O.

Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding

Zhilina village, Orel region, Russia

✉ e-mail: ozherelieva@orel.vniispk.ru

The article presents the results of a new preparation test – natural plant complex (NPC) "White Pearl Universal Antifreeze" (WPU Antifreeze). The purpose of the research was to study the effect of organomineral fertilizer on physiological and biochemical indicators of apple tree resistance to spring frosts. The object of research is apple trees of the Sinap Orlovsky variety from the bioresource collection of the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding. The experiment was laid in three variants: 1 – control (no treatment); 2 – foliar treatment with 1% solution of the NPC "WPU Antifreeze"; 3 – foliar treatment with 3% solution of the NPC "WPU Antifreeze". There are three replications, with five record trees in each variant. Two-year studies revealed that three-fold treatment with 1 and 3% solutions of the NPC "WPU Antifreeze" preparation increased the level of bound water in the fruit buds by 9.8 and 3.8% against the background of sucrose increase by 32.3% compared to the control, which presumably protects plant cells from freezing during spring frosts. At the same time, it is shown that treatment with the NPC "WPU Antifreeze" preparation probably promoted acceleration of proline biosynthesis and transport into the budding fruit buds. After threefold treatment with 1 and 3% solutions of the drug, the level of proline decreased 8.0 and 9.2 times, respectively, in the control

by 7.8 times. In addition, the positive effect of the preparation NPC "WPU Antifreeze" on the stability of flowers and buds of apple trees both in laboratory and field conditions was noted. Thus, the application of the preparation NPC "WPU Antifreeze" allows increasing plant resistance to low-temperature stress in spring due to optimization of the water regime and improvement of carbohydrate-protein metabolism.

Keywords: apple, 'Sinap Orlovsky', foliar treatment, NPC "WPU Antifreeze", resistance to spring frosts

Для цитирования: Ожерельева З.Е., Прудников П.С., Ступина А.Ю., Болгова А.О. Изучение влияния органоминерального удобрения на устойчивость яблони к весенним заморозкам // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 10. С. 58–68. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-10-6>

For citation: Ozherelieva Z.E., Prudnikov P.S., Stupina A.Yu., Bolgova A.O. Study of the effect of organomineral fertilizer on the resistance of apple trees to spring frosts. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2024, vol. 54, no. 10, pp. 58–68. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-10-6>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-26-00041 (<https://rscf.ru/project/24-26-00041/>).

Acknowledgements

The study was funded by the Russian Science Foundation grant No. 24-26-00041 (<https://rscf.ru/project/24-26-00041/>).

ВВЕДЕНИЕ

Одной из причин снижения урожая плодовых культур, в частности яблони, является повреждение цветков и бутонов весенними заморозками [1–3]. На территории России в средней зоне плодоводства наблюдается тенденция к ухудшению погодных условий в период цветения садовых культур. В Орловской области во время цветения яблони пониженные положительные температуры и утренние заморозки отмечаются почти ежегодно. Так, в мае 1999 г. был заморозок до -3°C , в 2000 и 2017 гг. температура воздуха опускалась до -2°C , что сильно повредило цветки у большинства сортов яблони.

Одним из наиболее перспективных методов повышения устойчивости сельскохозяйственных растений к неблагоприятным факторам среды служит использование препаратов различной природы [4–7]. К ним относятся органические и неорганические соединения, которые в малых дозах стимулируют физиолого-биохимические процессы и тем самым позволяют изменять обмен веществ в растительном организме за счет повышения доступности и усвояемости питательных веществ [8–14]. Приоритетным при этом является применение адаптогенных препаратов, действие которых связано не только

с увеличением урожая, но и с повышением устойчивости растений к абиотическим факторам. Поэтому возникла необходимость проведения исследований, направленных на повышение устойчивости яблони к весенним заморозкам благодаря использованию нового адаптогенного препарата «Белый Жемчуг Универсальный Антифриз».

Цель исследования – изучение влияния органоминерального удобрения «Белый Жемчуг Универсальный Антифриз» на физиолого-биохимические показатели устойчивости яблони к весенним заморозкам.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В 2023 и 2024 гг. проведены испытания природного растительного комплекса (ПРК) «Белый Жемчуг Универсальный Антифриз» (БЖУ Антифриз) (ООО «Группа Компаний АгроПлюс», Россия).

Данный препарат представляет собой суспензию группы минералов природного происхождения с добавлением концентрата экстрактов хвои ели, сосны и пихты сибирской. В состав комплекса входят: минеральные элементы (SiO_2 – 5,6%, $\text{N}_{\text{общ}}$ – 2,0–6,0, K_2O – 1,0, CaO – 0,5, MgO – 0,7, B – 0,013, Zn – 0,015, Mo – 0,02, Al_2O_3 – 0,16%), витамины А (каротин, лютеин), D (фитостерины), E, K, B_1 , B_2 ,

V_6 , РР, Н, эфирные масла, хлорофилл, флавоноиды, сахара, белки, аминокислоты.

Опыт заложен в трех вариантах на участке с темно-серыми лесными почвами. Объект изучения – яблони сорта Синап орловский¹. Год посадки 2013, схема посадки 6 × 3 м. В каждом варианте – три повторности, в каждой повторности – пять учетных деревьев. Агротехника общепринятая для яблони в средней зоне садоводства.

Варианты опыта:

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

В весенний период проводили трехкратную некорневую обработку растений 1%-м и 3%-м растворами ПРК «БЖУ Антифриз» в фенофазы «спящая почка – серебряный конус», «мышинное ушко» и «закрытое соцветие».

Для определения фракционного состава воды, содержания сахарозы и пролина в коре однолетних побегов и в плодовых почках брали пробы через 5 дней после каждой некорневой обработки препаратом. Определение фракционного состава воды проводили методом Окунцева–Маринчик. По разнице содержания общей воды и воды, перешедшей в раствор, рассчитывали количество связанной воды. Содержание сахарозы² устанавливали на основе резорцинового реактива при длине волны 520 нм. Значение показателя рассчитывали с помощью калибровочной кривой, построенной для чистой сахарозы на спектрофотометре (BioRad SmartSpec Plus, США). Содержание пролина³ определяли реакцией с нингидрином. Количество аминокислоты рассчитывали с использованием калибровочной кривой, построенной для чистого пролина при длине волны 520 нм на спектрофотометре.

После трехкратной некорневой обработки опытным препаратом брали ветки с соцвети-

ями для искусственного промораживания в трехкратной повторности. В каждой повторности по 100 цветков и бутонов. Моделировали весенние заморозки (–3,0 и –4,0 °C) в климатической камере PSL-2КРН (Espec, Япония). Экспозиция промораживания 3 ч. Скорость снижения температуры 1 °C/ч.

Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа (ANOVA) при помощи программного пакета MS Excel с привлечением критерия Фишера (*F*). Критический уровень значимости принимался равным 5%. Вычисляли средние арифметические значения (*M*) и стандартную ошибку среднего арифметического ($\pm SEM$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Некорневая обработка 1%-м и 3%-м растворами ПРК «БЖУ Антифриз» в начале весны 2023 г. повысила на 2,3 и 2,1% соответственно уровень оводненности тканей однолетних побегов относительно контроля. Важно отметить, что удобрение способствовало повышению доли свободной воды в побегах на 2,3% (1%-й раствор) и 1,7% (3%-й раствор), хотя статистически различия между вариантами не подтвердились (см. рис. 1, а).

Аналогичную картину наблюдали в 2024 г. (см. рис. 1, б): уровень оводненности тканей однолетних побегов в эту же фенофазу у деревьев, обработанных 1%-м и 3%-м растворами ПРК «БЖУ Антифриз», был выше соответственно на 5,7 и 5,0% по сравнению с контролем. В обоих вариантах опыта зафиксировано повышение в 2,7–2,8 раза доли свободной воды и снижение в 1,2 раза связанной (см. рис. 1, б). Предположительно, адаптogenный препарат ПРК «БЖУ Антифриз» способствовал оптимизации водного режима растений и, как следствие, повышению интенсивности обменных процессов. Данный вывод подтверждается результатами биохимических исследований.

¹<https://vniispk.ru/varieties/sinap-orlovskii>

²Туркина М.В., Соколова С.В. Изучение мембранного транспорта сахарозы в растительной ткани // Физиология растений. 1972. Т. 19. № 5. С. 912–919.

³Bates L.S., Waldren R.P., Teare I.D. Rapid determination of free proline for water-stress studies // Plant and Soil. 1973. Vol. 39. P. 205–207.

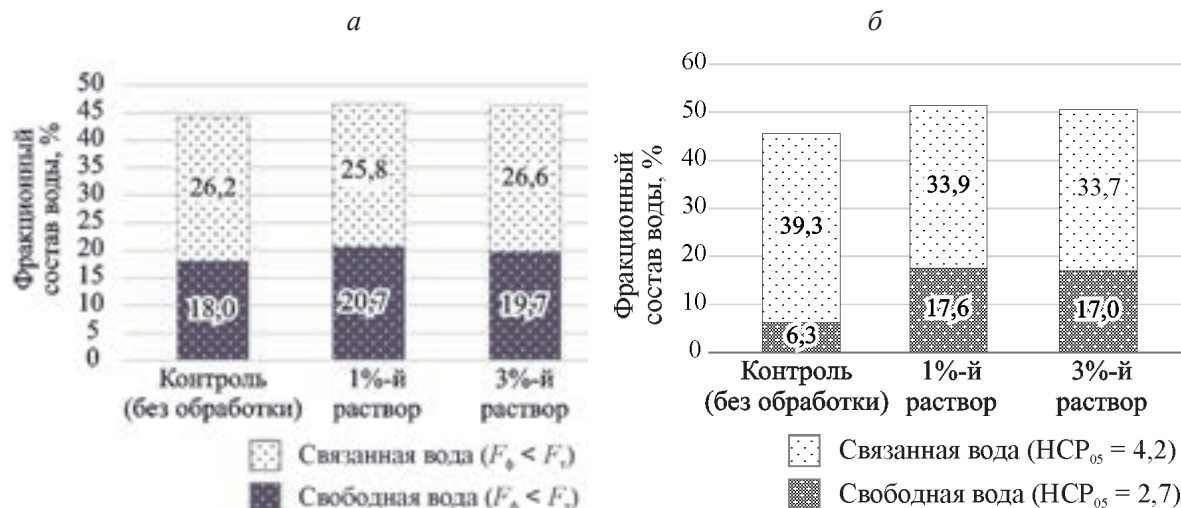


Рис. 1. Фракционный состав воды в тканях однолетних побегов в фенофазу «спящая почка – серебряный конус»: а – 2023 г.; б – 2024 г.

Fig. 1. Fractional composition of water in the tissues of annual shoots in the phenophase "dormant bud – silver cone": а – 2023; б – 2024

С повышением интенсивности метаболических процессов проведенная в конце апреля 2023 г. обработка 1%-м и 3%-м растворами препарата содействовала тому, что часть связанной воды перешла в более подвижную форму. В частности, у обработанных деревьев количество свободной воды в тканях однолетних побегов увеличилось на 4,7% по сравнению с контролем ($HCP_{05} = 5,9$), а уровень

связанной воды в плодовых почках повысился соответственно на 12,6 и 7,3% относительно контроля ($HCP_{05} = 5,4$) (см. рис. 2, а).

В 2024 г. после обработки 1%-м и 3%-м растворами препарата содержание свободной воды значительно не изменилось. Доля связанной воды в тканях однолетних побегов обработанных деревьев была больше на 4,7% (1%-й раствор) и 6,8% (3%-й раствор) отно-

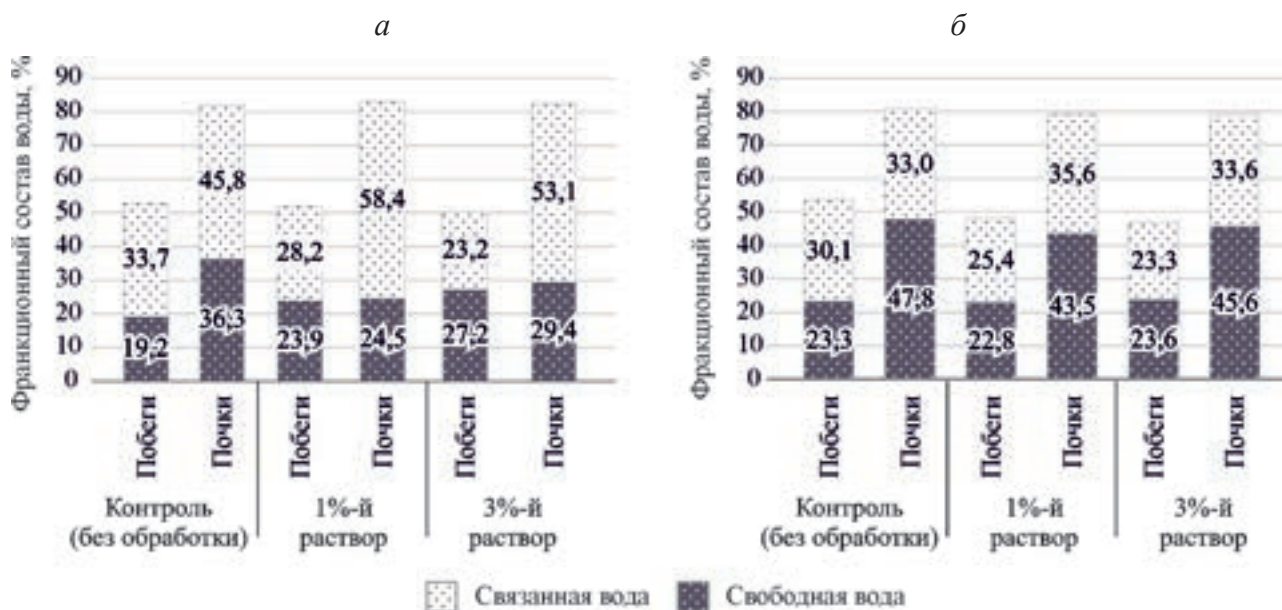


Рис. 2. Фракционный состав воды в тканях однолетних побегов и в плодовых почках в фенофазу «мышье око»: а – 2023 г.; б – 2024 г.

Fig. 2. Fractional composition of water in the tissues of annual shoots and in the fruit buds in the "Mouse's Eye" phenophase: а – 2023; б – 2024

сительно контроля, однако различия между вариантами статистически не подтвердились ($F_{\phi} < F_{\tau}$). В плодовых почках отмечена та же тенденция. После некорневой обработки 1%-м раствором ПРК «БЖУ Антифриз» в плодовых почках опытного сорта зафиксировано понижение на 4,0% доли свободной воды и повышение на 2,6% объема связанной воды по сравнению с контролем. В другом варианте опыта (3%-й раствор препарата) содержание свободной воды в плодовых почках снизилось на 2,2%, а количество связанной воды повысилось на 1,1% относительно контроля. При этом статистически различия между вариантами не подтвердились ($F_{\phi} < F_{\tau}$) (см. рис. 2, б).

Последующие обработки (май 2023 г.) 1%-м и 3%-м растворами ПРК «БЖУ Антифриз» в фенофазу «закрытое соцветие» увеличили соответственно в 1,6 и 1,5 раза содержание свободной воды в плодовых почках, а связанной, наоборот, уменьшили в 1,3 и 1,4 раза по сравнению с предыдущей фенофазой. Возможно, это связано с тем, что препарат повысил интенсивность обмена веществ, увеличивая в плодовых почках долю

свободной воды, которая играет важную роль в физиолого-биохимических процессах, проходящих в растениях весной перед началом цветения. В контроле содержание свободной и связанной воды сохранилось на том же уровне, что и в фенофазу «мышинное ушко» (см. рис. 3, а).

В 2024 г. в фенофазу «закрытое соцветие» в плодовых почках отметили повышение количества свободной воды во всех вариантах опыта по сравнению с предыдущей фенофазой (контроль – на 8,2%; 1%-й раствор препарата – на 6,1%, 3%-й раствор – на 1,8%). Объясняется это тем, что для растений в период цветения необходима свободная вода, которая определяет активность физиологических процессов в растительном организме, являясь универсальным растворителем и транспортером питательных веществ. При этом третья некорневая обработка 1%-м и 3%-м растворами препарата способствовала повышению содержания в плодовых почках связанной воды соответственно на 2,0 и 9,5% по сравнению со второй обработкой, что важно во время весенних заморозков, так как связанная вода имеет более низкую темпера-

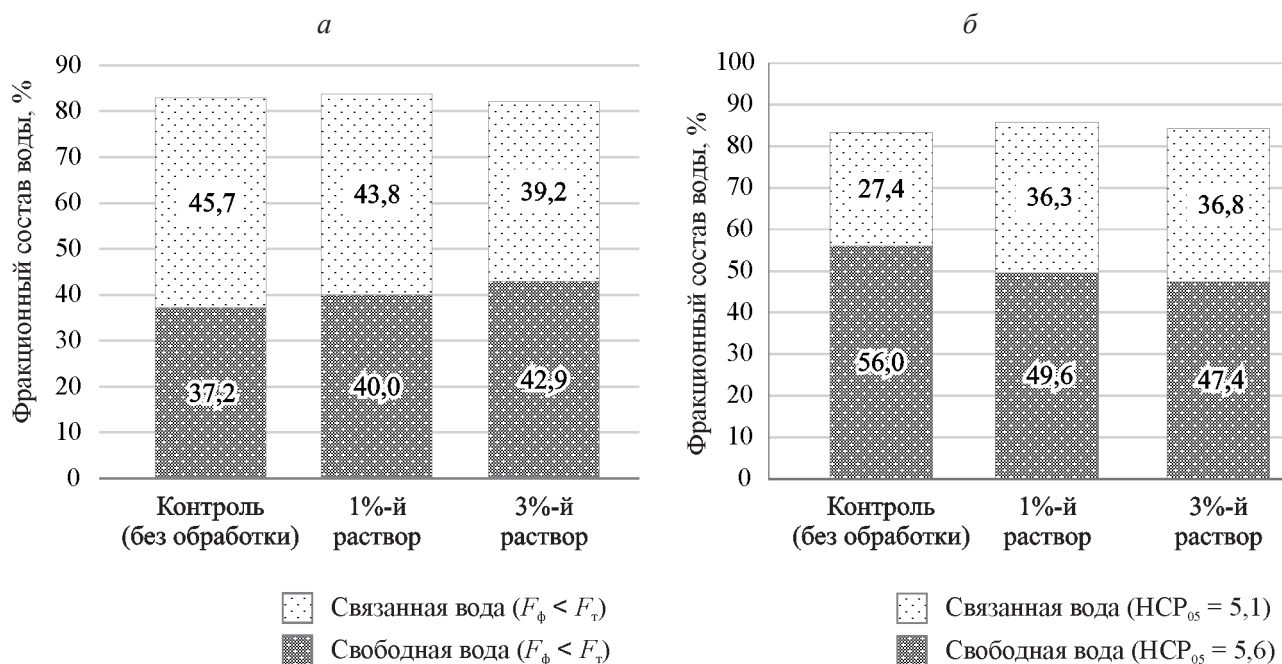


Рис. 3. Фракционный состав воды в плодовых почках в фенофазу «закрытое соцветие»: а – 2023 г.; б – 2024 г.

Fig. 3. Fractional composition of water in the fruit buds during the "closed inflorescence" phenophase: а – 2023; б – 2024

туру замерзания по сравнению со свободной (см. рис. 3, б). Таким образом, в среднем за два года отмечено повышение доли связанной воды в плодовых почках на 9,8 и 3,8% относительно контроля после применения 1%-го и 3%-го растворов ПРК «БЖУ Антифриз».

В 2023 г. наиболее эффективной концентрацией препарата, повышающей уровень сахарозы в фенофазу «спящая почка – серебряный конус», оказался 1%-й раствор (см. табл. 1). Так, в коре однолетних побегов уровень сахарозы под действием 1%-го раствора превысил показатели контроля на 15%, в плодовых почках – на 19%. Обработка 3%-м раствором не оказала достоверного влияния на уровень сахарозы в коре, а в почках он снизился в 2,4 раза относительно контроля. В фенофазу «мышинное ушко» наибольшее (в 3 раза) снижение содержания сахарозы по сравнению с предыдущей фенофазой отмечено в коре однолетних побегов в варианте с обработкой 1%-м раствором препарата. Это указывает на то, что в данном варианте в коре однолетних побегов начался более интенсивный транспорт веществ в почки. После обработки 3%-м раствором количество сахарозы снизилось в 1,5 раза. В фенофазу «закрытое соцветие» содержание сахарозы во всех тка-

нях продолжало уменьшаться. Снижение содержания углевода в 1,5 раза отмечено в плодовых почках после некорневых обработок 1%-м раствором препарата, что может быть свидетельством более интенсивной траты сахаров на ростовые процессы в данном опытном варианте.

В 2024 г. после первой обработки уровень сахарозы увеличился на 16,9 и 25,3% соответственно для вариантов с 1%-м и 3%-м растворами препарата по сравнению с контролем (см. табл. 1). После второй обработки, проведенной в фенофазу «мышинное ушко», количество сахарозы в тканях коры достоверно уменьшилось на 42,5% по сравнению с первой обработкой только в варианте с 3%-м раствором препарата. При этом отмечено максимальное (на 67%) снижение уровня сахарозы и в плодовых почках, что может указывать на увеличение потребления сахаров в качестве субстрата для дыхания и биосинтеза пластических эквивалентов, необходимых для ростовых процессов. Под действием третьей обработки (фенофаза «закрытое соцветие») 1%-м и 3%-м растворами препарата увеличилось содержание сахарозы в плодовых почках на 23,1 и 55,6% по сравнению с предыдущей датой обработки. При

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

Table 1. Effect of the NPC "WPU Antifreeze" on sucrose content in the bark of annual shoots and in the fruit buds, mg/g of dry weight

Вариант опыта	Фенофаза					
	спящая почка – серебряный конус		мышинное ушко		закрытое соцветие	
	2023 г.	2024 г.	2023 г.	2024 г.	2023 г.	2024 г.
Однолетние побеги						
Контроль (без обработки)	2,70 ± 0,10	0,83 ± 0,04	1,16 ± 0,05	0,76 ± 0,04	0,97 ± 0,04	0,68 ± 0,03
Раствор ПРК «БЖУ Антифриз»:						
1%-й	3,10 ± 0,12	0,97 ± 0,05	1,03 ± 0,05	0,86 ± 0,04	1,00 ± 0,05	0,67 ± 0,03
3%-й	2,80 ± 0,11	1,04 ± 0,06	1,30 ± 0,06	0,73 ± 0,04	1,04 ± 0,04	0,87 ± 0,04
Плодовые почки						
Контроль (без обработки)	0,78 ± 0,03	0,18 ± 0,01	0,21 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,16 ± 0,08	0,11 ± 0,01
Раствор ПРК «БЖУ Антифриз»:						
1%-й	0,93 ± 0,04	0,20 ± 0,01	0,28 ± 0,01	0,13 ± 0,01	0,19 ± 0,09	0,16 ± 0,01
3%-й	0,32 ± 0,01	0,15 ± 0,01	0,22 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,22 ± 0,08	0,14 ± 0,01

этом уровень сахарозы в цветковых почках в вариантах с обработкой на 45,5 и 27,3% превосходил контроль (см. табл. 1). Таким образом, под влиянием препарата ПРК «БЖУ Антифриз» в течение 2 лет в плодовых почках содержание сахарозы повысилось в среднем на 32,3%, что, предположительно, будет предохранять растительные клетки от подмерзания в период весенних заморозков.

Об интенсификации ростовых процессов свидетельствует и особенность накопления свободного пролина в тканях и органах растений. Так, в 2023 г. в фенофазу «спящая почка – серебряный конус» по содержанию пролина как в тканях коры, так и в плодовых почках опытные варианты не отличались от контроля. В фенофазу «мышинное ушко» в плодовых почках обработанных растений содержание пролина увеличилось в 9,4 раза (1%-й раствор) и 8,2 раза (3%-й раствор) по сравнению с фенофазой «спящая почка – серебряный конус», в контроле – в 7,8 раза. Рост количества пролина в плодовых почках связан именно с началом ростовых процессов и необходимостью в строительном материале для синтеза белковых молекул. К фенофазе «закрытое соцветие» отмечено наибольшее

снижение количества пролина в варианте с 3%-м раствором ПРК «БЖУ Антифриз» (в 8,3 раза), в варианте с 1%-м раствором – в 3,4 раза по сравнению с концом апреля, в то время как в контроле данный показатель снизился в 2,5 раза (см. табл. 2). Более интенсивное снижение содержания аминокислоты в опытных вариантах, по-видимому, связано с активным обменом веществ в ходе роста и развития, а следовательно, и с быстрым включением пролина в состав белковых молекул. Как показано выше, это согласуется и с более быстрой в опытных вариантах тратой сахаров, необходимых для дыхания растений.

В 2024 г. первая некорневая обработка 1%-м раствором препарата яблонь сорта Синап орловский способствовала увеличению содержания свободного пролина на 30,6% в коре однолетних побегов и на 46,3% в плодовых почках по сравнению с контролем (см. табл. 2). При этом обработка 3%-м раствором не оказала достоверного влияния на уровень аминокислоты в коре однолетних побегов и в почках. После второй обработки (фенофаза «мышинное ушко») наибольшее снижение аминокислоты отмечено в варианте с 1%-м раствором препарата (96,7% по

Табл. 2. Влияние ПРК «БЖУ Антифриз» на содержание свободного пролина в коре однолетних побегов и в плодовых почках, мг/кг сырой массы

Table 2. Effect of the NPC "WPU Antifreeze" on the free proline content in the bark of annual shoots and in the fruit buds, mg/kg of crude weight

Вариант опыта	Фенофаза					
	спящая почка – серебряный конус		мышинное ушко		закрытое соцветие	
	2023 г.	2024 г.	2023 г.	2024 г.	2023 г.	2024 г.
<i>Однолетние побеги</i>						
Контроль (без обработки)	24,2 ± 0,9	16,38 ± 0,73	13,4 ± 0,5	10,96 ± 0,44	9,47 ± 0,3	10,60 ± 0,53
Раствор ПРК «БЖУ Антифриз»:						
1%-й	23,5 ± 0,9	21,40 ± 0,85	12,7 ± 0,6	10,88 ± 0,51	9,20 ± 0,4	10,30 ± 0,51
3%-й	22,1 ± 1,1	16,86 ± 0,84	12,3 ± 0,6	11,84 ± 0,47	9,95 ± 0,4	10,72 ± 0,53
<i>Плодовые почки</i>						
Контроль (без обработки)	21,4 ± 1,0	12,32 ± 0,55	167,1 ± 8,3	124,46 ± 5,62	66,4 ± 2,6	15,91 ± 0,72
Раствор ПРК «БЖУ Антифриз»:						
1%-й	19,5 ± 0,9	18,03 ± 0,92	183,7 ± 7,3	122,13 ± 6,10	54,4 ± 2,1	13,22 ± 0,79
3%-й	21,9 ± 1,0	13,05 ± 0,63	179,2 ± 7,1	110,11 ± 5,50	21,6 ± 1,0	13,70 ± 0,19

сравнению с предыдущей фенофазой), тогда как в контроле количество пролина уменьшилось на 49,5%, при обработке 3%-м раствором препарата – на 42,4%. Важно отметить, что на фоне уменьшения уровня свободного пролина в тканях коры во всех вариантах зафиксирован рост его содержания в плодовых почках по сравнению с первой обработкой. При этом наибольшее увеличение количества аминокислоты (в 10,1 раза) отмечено в контроле. После обработки 1%-м раствором препарата содержание пролина увеличилось в 6,8 раза, после обработки 3%-м раствором – в 8,4 раза по сравнению с фенофазой «спящая почка – серебряный конус». По-видимому, обработка препаратом способствовала модификации не только водного и углеводного, но и белкового обмена, в частности биосинтеза и транспорта пролина. При этом содержание пролина в начале мая в тканях коры в варианте с 3%-й обработкой снизилось на 10,4%, в контроле и в варианте с 1%-й обработкой не изменилось по сравнению с фенофазой «мышинное ушко». В плодовых почках (фенофаза «закрытое соцветие»)

уровень пролина под влиянием 3%-го раствора препарата уменьшился в 8,0 раза, в варианте с 1%-м раствором – в 9,2 раза, в контроле – в 7,8 раза по сравнению с предыдущей фенофазой (см. табл. 2). Таким образом, за два года исследований показано, что обработка ПРК «БЖУ Антифриз» способствовала ускорению белкового обмена.

Для оценки влияния препарата на устойчивость к весенним заморозкам в начале цветения опытного сорта яблони Синап орловский провели искусственное промораживание цветков и бутонов. В результате двухгодичных исследований установлено, что при температуре -3°C обработка 1%-м и 3%-м растворами препарата уменьшила на 19,7 и 27,0% соответственно долю погибших цветков (см. рис. 4, а), а долю погибших бутонов – на 13,9 и 15,1% по сравнению с контролем (см. рис. 4, б). После воздействия температуры -4°C обработка 1%-м и 3%-м растворами препарата способствовала снижению на 9,8 и 9,0% подмерзания цветков, подмерзания бутонов – на 9,1 и 10,5% против контрольного варианта. Таким образом,

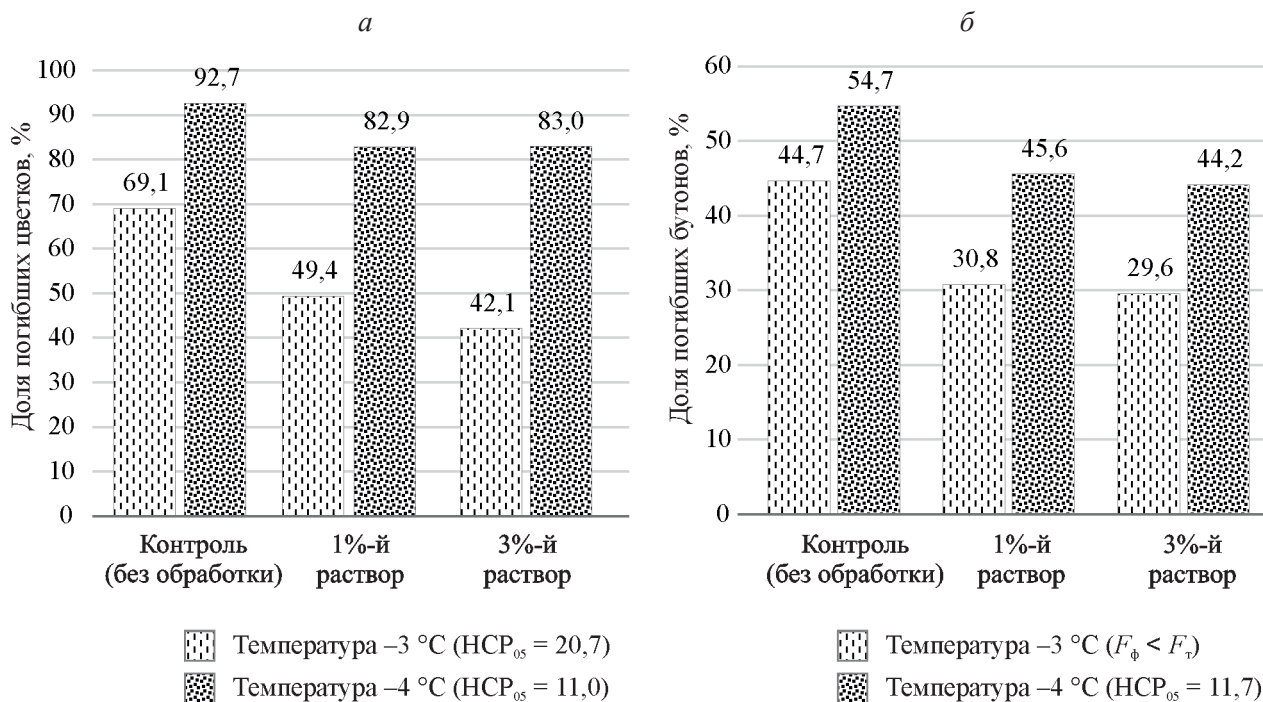


Рис. 4. Степень подмерзания цветков (а) и бутонов (б) яблони сорта Синап орловский в контролируемых условиях (среднее за 2023 и 2024 гг.)

Fig. 4. The degree of freezing of flowers (а) and buds (б) of the apple cultivar Sinap Orlovsky under controlled conditions (average for 2023 and 2024)

показано положительное влияние ПРК «БЖУ Антифриз» на устойчивость цветков и бутонов яблони к весенним заморозкам на фоне повышения объема связанной воды и интенсивности углеводно-белкового обмена.

Важно также отметить, что весной 2024 г. сложились экстремальные для плодовых культур погодные условия. Так, в мае в период массового цветения яблони наблюдали продолжительное похолодание с периодически повторяющимися заморозками. Минимальная температура воздуха впервые за последние 50 лет понизилась до отметки -6°C (данные метеопоста Всероссийского научно-исследовательского института селекции плодовых культур). Потеря урожая у большинства сортов составила 70–80%. При этом отмечено положительное влияние препарата ПРК «БЖУ Антифриз» (в полевых условиях) на устойчивость цветков и бутонов яблони сорта Синап орловский, что подтверждает результаты искусственного промораживания. Так, в контроле доля погибших цветков составила 78,2%. Действие 1%-го и 3%-го растворов препарата снизило количество подмерзших цветков на 15,1 и 11,4% соответственно по сравнению с контролем. Следует отметить, что полученные экспериментальные данные согласуются с результатами проведенных ранее исследований [12, 15].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В почвенно-климатических условиях Орловской области была проведена оценка влияния органоминерального удобрения «БЖУ Антифриз» на устойчивость яблони к весенним заморозкам. Согласно представленной производителем характеристике, препарат обладает адаптогенными свойствами. Приоритетом в применении адаптогенных препаратов является значительное повышение адаптивных свойств растений.

Проведенные исследования показали, что обработка препаратом ПРК «БЖУ Антифриз» способствует повышению содержания связанной воды, сахарозы и пролина в плодовых почках. Рост содержания низкомоле-

кулярных осмолитов и связанной воды имеет большое значение в условиях весенних заморозков, так как снижает риск обезвоживания и гибели растительной клетки. В частности, сахара наряду с пролином увеличивают концентрацию клеточного сока за счет повышения уровня связанной воды, что оказывает защитное действие при отрицательной температуре.

Отмечено положительное влияние препарата ПРК «БЖУ Антифриз» на устойчивость цветков и бутонов яблони сорта Синап орловский как в лабораторных, так и в полевых условиях. По данным искусственного промораживания, некорневые обработки 1%-м и 3%-м растворами ПРК «БЖУ Антифриз» содействовали снижению подмерзания цветков и бутонов по сравнению с контролем. В экстремальных условиях весны 2024 г. применение органоминерального удобрения способствовало повышению устойчивости яблони к весенним заморозкам, что согласуется с данными лабораторных исследований. Таким образом, использование адаптогенного препарата ПРК «БЖУ Антифриз» позволяет повысить устойчивость генеративных почек яблони к весенним заморозкам за счет оптимизации водного режима и улучшения углеводно-белкового обмена.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Demirsoy H., Demirsoy L., Lang G.A. Research on spring frost damage in cherries // Horticultural science (Prague). 2022. Vol. 49. P. 89–94. DOI: 10.17221/91/2021.
2. Tadić V., Gligorević K., Mileusnić Z., Miodragović R., Hajmiller M., Radčajić D. Agricultural engineering technologies in the control of frost damage in permanent plantations // AgriEngineering. 2023. Vol. 5. P. 2079–2111. DOI: 10.3390/agriengineering5040128.
3. Szalay L., Bacos J.L., Toth M. Frost hardiness of apple generative buds during dormancy // Acta agriculturae Slovenica. 2022. Vol. 118 (4). P. 1–7. DOI: 10.14720/aas.2022.118.4.2677.
4. Rouphael Y., Colla G. Editorial: Biostimulants in agriculture // Frontiers in plant science. 2020. Vol. 11. P. 40. DOI: 10.3389/fpls.2020.00040.
5. Sangiorgio D., Cellini A., Donati I., Pastore C., Onofrietti C., Spinelli F. Facing climate change:

- Application of microbial biostimulants to mitigate stress in horticultural crops // *Agronomy*. 2020. Vol. 10 (6). P. 794. DOI: 10.3390/agronomy10060794.
6. Ali O., Ramsubhag A., Jayaraman J. Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: implications towards sustainable crop production // *Plants*. 2021. Vol. 10. P. 531. DOI: 10.3390/plants10030531.
 7. Hassan I.A., El-Dakak R., Haiba N.S., Abd-Elmegeid W., El-Sheekh M., Abdul Rahman S., Basahi J., Summan A., Ismail I. Biochemical and physiological response of rice (*Oryza sativa* L.) plants to copper oxide nanoparticle stress // *Agrochimica*. 2021. Vol. 66 (1). P. 54–67. DOI: 10.12871/00021857202042.
 8. Zulfiqar F., Casadesús A., Brockman H., Muné-Bosch S. An overview of plant-based natural biostimulants for sustainable horticulture with a particular focus on moringa leaf extracts // *Plant science*. 2020. Vol. 295. P. 110194. DOI: 10.1016/j.plantsci.2019.110194.
 9. Franzoni G., Bulgari R., Ferrante A. Maceration time affects the efficacy of borage extracts as potential biostimulant on rocket salad // *Agronomy*. 2021. Vol. 11. P. 2182. DOI: 10.3390/agronomy11112182.
 10. Franzoni G., Cocetta G., Prinsi B., Ferrante A., Espen L. Biostimulants on crops: Their impact under abiotic stress conditions // *Horticulturae*. 2022. Vol. 8 (3). P. 189. DOI: 10.3390/horticulturae8030189.
 11. 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. Vol. 2. P. 9. DOI: 10.1007/s44187-022-00009-5.
 12. 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. DOI: 10.31676/0235-2591-2022-6-24-32.
 13. Sorrentino M., De Diego N., Ugena L., Spíchal L., Lucini L., Miras-Moreno B., Zhang L., Rouphael Y., Colla G., Panzarová K. Seed priming with protein hydrolysates improves arabidopsis growth and stress tolerance to abiotic stresses // *Frontiers in plant science*. 2021. Vol. 12. P. 626301. DOI: 10.3389/fpls.2021.626301.
 14. Erb M., Kliebenstein D.J. Plant secondary metabolites as defenses, regulators, and primary metabolites: The blurred functional trichotomy // *Plant physiology*. 2020. Vol. 184. P. 39–52. DOI: 10.1104/pp.20.00433.
 15. Ozherelieva Z., Prudnikov P., Nikitin A., Androsova A., Bolgova A., Stupina A., Vetrova O. Adaptogenic preparations enhance the tolerance to spring frosts, yield and quality of apple fruits // *Horticulturae*. 2023. Vol. 9 (5). P. 591. DOI: 10.3390/horticulturae9050591.

REFERENCES

1. Demirsoy H., Demirsoy L., Lang G.A. Research on spring frost damage in cherries. *Horticultural science (Prague)*, 2022, vol. 49, pp. 89–94. DOI: 10.17221/91/2021.
2. Tadić V., Gligorević K., Mileusnić Z., Miodragović R., Hajmiller M., Radóčaj D. Agricultural engineering technologies in the control of frost damage in permanent plantations. *AgriEngineering*, 2023, vol. 5, pp. 2079–2111. DOI: 10.3390/agriengineering5040128.
3. Szalay L., Bacos J.L., Toth M. Frost hardiness of apple generative buds during dormancy. *Acta agriculturae Slovenica*, 2022, vol. 118 (4), pp. 1–7. DOI: 10.14720/aas.2022.118.4.2677.
4. Rouphael Y., Colla G. Editorial: Biostimulants in agriculture. *Frontiers in plant science*, 2020, vol. 11, p. 40. DOI: 10.3389/fpls.2020.00040.
5. Sangiorgio D., Cellini A., Donati I., Pastore C., Onofrietti C., Spinelli F. Facing climate change: Application of microbial biostimulants to mitigate stress in horticultural crops. *Agronomy*, 2020, vol. 10 (6), p. 794. DOI: 10.3390/agronomy10060794.
6. Ali O., Ramsubhag A., Jayaraman J. Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: implications towards sustainable crop production. *Plants*, 2021, vol. 10, p. 531. DOI: 10.3390/plants10030531.
7. Hassan I.A., El-Dakak R., Haiba N.S., Abd-Elmegeid W., El-Sheekh M., Abdul Rahman S., Basahi J., Summan A., Ismail I. Biochemical and physiological response of rice (*Oryza sativa* L.) plants to copper oxide nanoparticle stress. *Agrochimica*, 2021, vol. 66 (1), p. 54–67. DOI: 10.12871/00021857202042.
8. Zulfiqar F., Casadesús A., Brockman H., Muné-Bosch S. An overview of plant-based natural biostimulants for sustainable horticulture with a particular focus on moringa leaf extracts. *Plant science*, 2020, vol. 295, p. 110194. DOI: 10.1016/j.plantsci.2019.110194.

9. Franzoni G., Bulgari R., Ferrante A. Maceration time affects the efficacy of borage extracts as potential biostimulant on rocket salad. *Agronomy*, 2021, vol. 11, p. 2182. DOI: 10.3390/agronomy11112182.
10. Franzoni G., Cocetta G., Prinsi B., Ferrante A., Espen L. Biostimulants on crops: Their impact under abiotic stress conditions. *Horticulturae*, 2022, vol. 8 (3), p. 189. DOI: 10.3390/horticulturae8030189.
11. 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, vol. 2, p. 9. DOI: 10.1007/s44187-022-00009-5.
12. Ozherelieva Z.E., Prudnikov P.S. Impact of the B-Plus white pearl (Belyi Zhemchug) preparation on the spring frost tolerance, yield and quality of apple crops. *Sadovodstvo i vinigradorstvo = Horticulture and viticulture*, 2022, no. 6, pp. 24–32. (In Russian). DOI: 10.31676/0235-2591-2022-6-24-32.
13. Sorrentino M., De Diego N., Ugena L., Spíchal L., Lucini L., Miras-Moreno B., Zhang L., Rouphael Y., Colla G., Panzarová K. Seed priming with protein hydrolysates improves arabidopsis growth and stress tolerance to abiotic stresses. *Frontiers in plant science*, 2021, vol. 12, p. 626301. DOI: 10.3389/fpls.2021.626301.
14. Erb M., Kliebenstein D.J. Plant secondary metabolites as defenses, regulators, and primary metabolites: The blurred functional trichotomy. *Plant physiology*, 2020, vol. 184, p. 39–52. DOI: 10.1104/pp.20.00433.
15. Ozherelieva Z., Prudnikov P., Nikitin A., Androsova A., Bolgova A., Stupina A., Vetrova O. Adaptogenic preparations enhance the tolerance to spring frosts, yield and quality of apple fruits. *Horticulturae*, 2023, no. 9 (5), p. 591. DOI: 10.3390/horticulturae9050591.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Ожерельева З.Е.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 302530, Орловская область, д. Жилина; e-mail: ozherelieva@orel.vniispk.ru

Прудников П.С., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

Ступина А.Ю., младший научный сотрудник

Болгова А.О., аспирант, младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Zoya E. Ozherelieva**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher; **address:** Zhilina village, Orel Region, 302530, Russia; e-mail: ozherelieva@orel.vniispk.ru

Pavel S. Prudnikov, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher

Anna Yu. Stupina, Junior Researcher

Anzhelika O. Bolgova, Post-graduate Student, Junior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 20.06.2024
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 19.08.2024
Дата публикации / Published 20.11.2024