УДК 634.11:631.81

DOI: 10.31279/2222-9345-2019-8-33-88-92

Т. А. Роева, Е. В. Леоничева, Л. И. Леонтьева

Roeva T. A., Leonicheva E. V., Leont'eva L. I.

ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ ВОДЫ В ПОБЕГАХ ЯБЛОНИ, ОБРАБОТАННЫХ ФОЛИАРНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ

FRACTIONAL COMPOSITION OF WATER IN APPLE SHOOTS TREATED BY FOLIAR FERTILIZERS

Реструктуризация клеточной воды в однолетних побегах яблони в результате некорневых подкормок была изучена в полевом опыте с деревьями сорта Синап орловский в зимне-весенние периоды 2013/14 и 2014/15 гг. Эксперимент проводился в почвенных и климатических условиях Среднерусской возвышенности (Орловская область). Пять раз в течение периода вегетации осуществлялись некорневые подкормки деревьев питательными веществами по схеме: 1) контроль (обработка водой); 2) H_3BO_3 – 0.1 %; 3) K_2SO_4 – 0.3 %; 4) $CaCl_2$ – 1 %; 5) H_3BO_3 + K_2SO_4 ; 6) H_3BO_3 + $CaCl_2$; 7) K_2SO_4 + $CaCl_2$; 8) H_3BO_3 + K_2SO_4 + $CaCl_2$. Однолетние приросты отбирали для анализа четыре раза: в декабре, январе, феврале и марте. Было установлено, что летние листовые обработки оказали существенное влияние на содержание связанной и свободной воды в тканях побегов в период зимнего покоя. Это влияние зависело от метеорологических особенностей и нагрузки урожаем и было более заметным в зимне-весенний период 2013/14 г. (после малоурожайного лета и тёплой поздней осени). При проявлении стресс-факторов зимнего периода во всех вариантах опыта наблюдалось изменение структуры воды из свободной формы в связанную. Этот эффект был более заметным в однолетних приростах, обработанных сочетаниями K_2SO_4 + $CaCl_2$ и H_3BO_3 + K_2SO_4 + $CaCl_2$. Отношение связанной воды к свободной в побегах, обработанных этими смесями, варьировало в пределах 1,3–12,8, тогда как на контроле этот показатель был 0,46–1,9.

Ключевые слова: яблоня, некорневые подкормки, калий, кальций, бор, связанная и свободная вода, зимостойкость.

Cell water restructuring in one-year-old shoots as a result of foliar fertilization has been studied in the field experiment with mature Sinap Orlovsky apple trees during the winter-spring seasons of 2013/14 and 2014/15 years. The experiment was conducted in soil and climatic conditions of the Central Russian Upland (Orel region). The following foliar nutrient treatments were applied five times during the summer: 1) control (water treatment); 2) H_3BO_3 – 0.1 %; 3) K_2SO_4 – 0.3 %; 4) $CaCl_2$ – 1 %; 5) H_3BO_3 + K_2SO_4 ; 6) H_3BO_3 + $CaCl_2$; 7) K_2SO_4 + $CaCl_2$; 8) H_3BO_3 + K_2SO_4 + $CaCl_2$. One-year-old shoots were collected four times: in December, January, February and March. A significant influence of summer foliar treatments on free and bound water content in shoot tissues at winter dormancy was revealed. This affection depended on yield load and meteorological features and was more visible in the winter-spring period 2013/14 years (after low yield and warm late autumn). All treatments led to water restructuring from free to bound form at winter stress-factors appearance. Such effect was more visible in one-year-old shoots treated by tank-mixes K_2SO_4 + $CaCl_2$ and H_3BO_3 + K_2SO_4 + $CaCl_2$. The ratio of bound water to available water varied in the range 1.3–12.8 after this combined fertilization, whereas in control this index was 0.46–1.9.

Key words: apple tree, foliar feeding, potassium, calcium, boron, bound and free water, winter hardiness.

Роева Татьяна Александровна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории агрохимии ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур» Орловская область, п/о Жилина
Тел.: 8(4862)42-11-39
E-mail: roeva1973@mail.ru

Леоничева Елена Вячеславна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией агрохимии ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур» Орловская область, п/о Жилина
Тел.: 8(4862)42-11-39
E-mail: leon.elena@list.ru

Леонтьева Лариса Ивановна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории агрохимии ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур» Орловская область, п/о Жилина
Тел.: 8(4862)42-11-39
E-mail: leonteva.lara@list.ru

Roeva Tatyana Aleksandrovna – Ph.D of Agricultural Sciences, Senior Researcher of Laboratory Agricultural Chemistry FSBSI «Russian Research Institute of Fruit Grop Breeding» Orel region, Zhilina
Tel.: 8(4862)42-11-39
E-mail: roeva1973@mail.ru

Leonicheva Elena Vyacheslavna – Ph.D of Biological Sciences, Leading Researcher, Head of the Laboratory of Agricultural Chemistry FSBSI «Russian Research Institute of Fruit Grop Breeding» Orel region, Zhilina
Tel.: 8(4862)42-11-39
E-mail: leon.elena@list.ru

Leont'eva Larisa Ivanovna – Ph.D of Agricultural Sciences, Senior Researcher of Laboratory Agricultural Chemistry FSBSI «Russian Research Institute of Fruit Grop Breeding» Orel region, Zhilina
Tel.: 8(4862)42-11-39
E-mail: leonteva.lara@list.ru

Одним из основных лимитирующих факторов для успешного произрастания яблони является ее зимостойкость, поскольку основная часть насаждений этой культуры в России расположена в зоне рискованного садоводства [1]. В последние десятилетия в связи с тенденцией потепления климата наряду с экстремально низкими температурами в зимний период отмечаются резкие колебания температуры в конце зимы и ранней весной на фоне участвовавших оттепелей, увеличение количества теплых зим [2]. Это приводит к учащению стрессовых явлений у яблони и снижению урожайности садов [3].

Устойчивость растений яблони к стресс-факторам зимнего периода в значительной степени определяется особенностями физиологии конкретных сортов [4]. У древесных растений значимое влияние на протекание физиологических процессов адаптации к неблагоприятным абиотическим условиям оказывает обеспеченность элементами минерального питания [5]. Агротехническое регулирование условий минерального питания способствует оптимизации функциональной активности растений в экстремальных погодных условиях [6]. Показано, что подкормки яблони, проводимые в течение периода вегетации, оказывают существенное влияние на показатели зимостойкости [7].

Одним из механизмов адаптации растений к низким температурам является изменение состояния внутриклеточной воды. Известно, что устойчивость растений зависит от содержания связанной воды, свободная вода является показателем активности обменных процессов [8]. У зимостойких сортов яблони в стрессовых условиях зимнего периода соотношение связанной и свободной воды в тканях растений имеет более высокие значения [9].

Цель исследований – в зимне-весенний период изучить содержание связанной и свободной воды в однолетних приростах деревьев яблони, получавших летом листовые подкормки хлоридом кальция, сернокислым калием и борной кислотой.

Исследования проводились в зимне-весенние периоды 2013/14 и 2014/15 гг. в опытно-производственных насаждениях Всероссийского научно-исследовательского института селекции плодовых культур (Орловская область). Эффективность некорневых подкормок яблони изучалась в полевом опыте с сортом Синап орловский. Год посадки сада – 1992, плотность посадки

6×3 м. Почва – агротёмносерая среднесуглинистая со слабокислой реакцией и высоким содержанием доступных форм фосфора и калия.

Пятикратно в течение периода вегетации проводились опрыскивания растворами хлорида кальция (1 %), сернокислого калия (0,3 %) и борной кислоты (0,1 %), применявшимися по отдельности и в сочетаниях, которые показаны в таблицах 2 и 3. Обработки проводились в следующие фазы: «розовый бутон», «полное цветение», «опадение лепестков», «гречкий орех» и за 30–40 дней до съема плодов.

Опыт проводился в трёхкратной повторности, в каждом варианте 6 учетных деревьев. Расположение делянок рендомизированное.

Однолетние приросты (24 побега в средней пробе) отбирали для анализа с каждого варианта четыре раза за сезон: в декабре, январе, феврале и марте. Для определения содержания свободной и связанной воды в качестве водоотнимающего фактора использовали 30 % раствор сахарозы при двухчасовой экспозиции опыта [10]. Для статистической обработки использован двухфакторный дисперсионный анализ.

Оба зимних периода отличались резкими колебаниями температур в результате чередования морозов и оттепелей. При этом ноябрь и декабрь 2013 г. были достаточно теплыми, вследствие чего затянулся переход растений к состоянию зимнего покоя. Начало зимы 2014 г., напротив, было в рамках климатической нормы, благодаря чему деревья были лучше подготовлены к зиме (табл. 1).

Для сорта Синап орловский установлено значимое влияние некорневых подкормок на фракционный состав воды в листьях [11]. Некорневые подкормки, проведенные летом, оказали влияние также и на содержание различных форм воды в побегах в зимне-весенний период. Степень их влияния зависела от метеоусловий и нагрузки деревьев урожаем в предшествующее лето. Нагрузка деревьев урожаем в среднем по опыту в 2013 г. составила 12 кг/дерево, в 2014 г. – 50 кг.

Средний по опыту уровень оводнённости побегов в зимне-весенний период 2013/14 г. был $44,48 \pm 0,44$ % сырой массы, а в 2014/15 г. составил $41,37 \pm 0,30$ %. В зимне-весенний период 2013/14 г., которому предшествовал малоурожайный период вегетации, влияние некорневых подкормок на содержание различных форм воды в однолетних приростах было более выраженным (табл. 2). Достоверные различия между вариантами опыта наблюдались с декабря по февраль.

Таблица 1 – Метеоусловия периода исследований

Показатель	2013/14 г.				2014/15 г.			
	XII.13	I.14	II.14	III.14	XII.14	I.15	II.15	III.15
Среднемесячная t воздуха, °C	–3,7	–9,9	–4,6	+2,6	–5,2	–5,4	–4,8	+1,1
Минимальная t воздуха, °C	–19,3	–31,0	–31,0	–3,0	–20,0	–24,5	–20,4	–11,2
Среднемесячная t воздуха, °C	–5,6	–9,7	–8,8	–4,0	–5,6	–9,7	–8,8	–4,0

Таблица 2 – Динамика фракционного состава воды в побегах, % сырой массы (2013/14 г.)

Фактор А Вариант	Фактор В (месяц)				Средние А
	Декабрь	Январь	Февраль	Март	
Связанная вода					
1. Контроль (обработка водой)	20,86	29,65	13,09	16,69	20,07
2. $H_3BO_3 - 0,1 \%$	25,61	35,38	22,08	15,34	24,60
3. $K_2SO_4 - 0,3 \%$	13,07	27,61	23,45	16,58	20,17
4. $CaCl_2 - 1 \%$	17,88	34,34	21,38	16,32	22,48
5. $H_3BO_3 + K_2SO_4$	14,03	29,53	14,65	18,51	19,18
6. $H_3BO_3 + CaCl_2$	14,78	36,04	24,53	14,95	22,57
7. $K_2SO_4 + CaCl_2$	14,51	41,57	27,86	20,72	26,16
8. $H_3BO_3 + K_2SO_4 + CaCl_2$	10,40	41,87	25,52	19,00	24,20
Средние В	16,39	34,50	21,57	17,26	
HCP ₀₅ А = 2,57		HCP ₀₅ В = 1,81		HCP ₀₅ АВ = 5,13	
Свободная вода					
1. Контроль (обработка водой)	23,85	15,39	29,82	26,66	23,93
2. $H_3BO_3 - 0,1 \%$	18,54	9,06	21,09	26,91	18,90
3. $K_2SO_4 - 0,3 \%$	32,91	17,80	21,11	27,92	24,94
4. $CaCl_2 - 1 \%$	27,44	8,52	22,03	27,40	21,35
5. $H_3BO_3 + K_2SO_4$	31,40	14,35	28,48	26,25	25,11
6. $H_3BO_3 + CaCl_2$	32,19	8,54	19,59	29,46	22,45
7. $K_2SO_4 + CaCl_2$	32,92	5,18	15,27	23,41	19,19
8. $H_3BO_3 + K_2SO_4 + CaCl_2$	36,11	3,27	19,57	24,81	20,94
Средние В	29,42	10,26	22,11	26,60	
HCP ₀₅ А = 2,32		HCP ₀₅ В = 1,64		HCP ₀₅ АВ = 4,63	

В декабре 2013 г. в однолетних приростах деревьев, обработанных K_2SO_4 и многокомпонентными смесями, содержание свободной воды было достоверно выше, чем на контроле, а содержание связанной соответственно ниже. Это свидетельствует о более интенсивном протекании обменных процессов в побегах деревьев, получавших летом дополнительное фоллиарное питание.

Наблюдавшаяся в декабре повышенная интенсивность обменных процессов у обработанных деревьев не послужила препятствием быстрой перестройке фракционного состава воды при наступлении январских морозов. В побегах контрольных деревьев в январе содержание связанной воды увеличилось в 1,5 раза в сравнении с декабрьским уровнем, тогда как в остальных вариантах опыта содержание связанной воды возросло в январе в 1,5–4 раза.

Особенно резкий переход внутриклеточной воды в связанную форму наблюдался у деревьев, обработанных сочетанием $K_2SO_4 + CaCl_2$ и $H_3BO_3 + K_2SO_4 + CaCl_2$, в этих вариантах количество свободной воды было соответственно в 3 и 5 раз меньше, чем на контроле.

В феврале 2014 г. побеги для анализа отбирались во второй декаде, когда после морозного периода с понижением температуры до $-31^\circ C$ морозы ослабели до $-9^\circ C$. В этот период на всех вариантах содержание связанной воды уменьшилось, а свободной увеличи-

лось по сравнению с январскими значениями. На контроле доля свободной воды превысила долю связанной в 2,3 раза. Сходное действие удобрений мы наблюдали и в варианте с обработками смесью $H_3BO_3 + K_2SO_4$, что свидетельствует о снижении зимостойкости растений. В остальных вариантах некорневые подкормки способствовали сохранению защитных функций растений в этом месяце: соотношение двух форм воды оставалось или примерно одинаковым, или связанная форма превышала свободную (значения показателя составили 1,0–1,82).

В теплом марте 2014 г. содержание свободной воды в побегах увеличилось, что свидетельствует об активизации обменных процессов весной: отношение связанной воды к свободной варьировало в пределах 0,50–0,88. Влияние подкормок на фракционный состав воды в этом месяце не выявлено.

Динамика содержания связанной и свободной воды в зимне-весенний период 2014/15 г. отличалась от динамики этих показателей в 2013/14 г. Благодаря своевременному вхождению растений в период покоя в декабре 2014 г. на контроле содержание связанной воды превышало содержание свободной в 1,7 раза. Повышению зимостойкости растений способствовали обработки смесями $K_2SO_4 + CaCl_2$, $H_3BO_3 + CaCl_2$ и $H_3BO_3 + K_2SO_4 + CaCl_2$, где соотношение связанная/свободная вода было наибольшим в этом месяце (3,3; 3,84 и 4,22 соответственно).

Таблица 3 – Динамика фракционного состава воды в побегах, % сырой массы (2014/15 г.)

Фактор А Вариант	Фактор В (месяц)				Средние А
	Декабрь	Январь	Февраль	Март	
Связанная вода					
1. Контроль (обработка водой)	26,51	21,61	30,57	14,54	24,05
2. $H_3BO_3 - 0,1 \%$	29,45	20,31	20,31	21,14	23,30
3. $K_2SO_4 - 0,3 \%$	25,30	21,26	36,03	19,17	25,44
4. $CaCl_2 - 1 \%$	28,80	21,03	31,41	20,36	25,40
5. $H_3BO_3 + K_2SO_4$	24,57	22,39	27,42	20,11	23,62
6. $H_3BO_3 + CaCl_2$	31,96	27,64	30,00	16,58	26,54
7. $K_2SO_4 + CaCl_2$	32,82	30,19	27,57	15,45	26,50
8. $H_3BO_3 + K_2SO_4 + CaCl_2$	34,28	28,13	32,53	22,28	29,30
Средние В	29,21	24,07	29,48	19,08	
HCP ₀₅ А = 3,48		HCP ₀₅ В = 2,16		HCP ₀₅ АВ = 6,96	
Свободная вода					
1. Контроль (обработка водой)	15,44	17,24	11,58	24,76	17,25
2. $H_3BO_3 - 0,1 \%$	12,35	19,13	22,38	17,57	17,85
3. $K_2SO_4 - 0,3 \%$	16,45	19,59	5,67	23,54	16,31
4. $CaCl_2 - 1 \%$	12,30	19,58	10,45	21,57	15,97
5. $H_3BO_3 + K_2SO_4$	16,59	18,83	13,41	21,04	17,46
6. $H_3BO_3 + CaCl_2$	9,67	12,01	11,46	25,09	14,55
7. $K_2SO_4 + CaCl_2$	8,53	11,90	13,90	26,18	15,12
8. $H_3BO_3 + K_2SO_4 + CaCl_2$	8,11	13,33	8,49	19,04	12,24
Средние В	12,43	16,45	12,16	22,35	
HCP ₀₅ А = 3,45		HCP ₀₅ В = 2,44		HCP ₀₅ АВ = 6,89	

В январе 2015 г. побеги для анализа отбирались в период оттепели, при температуре 3 °С. При этом во всех вариантах опыта мы наблюдали снижение доли связанной воды и увеличение свободной по сравнению с декабрем. В январе 2015 г. в вариантах с применением смесей $K_2SO_4+CaCl_2$, $H_3BO_3+CaCl_2$ и $H_3BO_3+K_2SO_4+CaCl_2$ соотношение связанная/свободная вода по-прежнему оставалось более высоким (2,53; 2,30 и 2,11 соответственно, на контроле – 1,25).

При более низких температурах февраля 2015 г. фракционный состав воды изменился в пользу связанной формы. Наибольшее соотношение связанная/свободная вода отмечено в вариантах K_2SO_4 и $H_3BO_3+K_2SO_4+CaCl_2$ (6,34 и 3,83 соответственно, на контроле – 2,63), а в варианте с применением H_3BO_3 это соотношение было меньше единицы.

В марте 2015 г., как и в предшествующем году, при потеплении практически во всех вариантах содержание свободной воды превышало содержание связанной, за исключением вариантов с обработками H_3BO_3 и трехкомпонентной смесью, где содержание связанной воды было больше, чем свободной, в 1,2 раза.

Таким образом, установлено, что влияние некорневых подкормок на показатели водного режима яблони носило пролонгированный характер и оказывало влияние на устойчивость растений к стресс-факторам зимнего периода. Это влияние было более заметным в зимне-весенний период 2013/14 г. (после малоурожайного лета и тёплой поздней осени). При наступлении зимних неблагоприятных факторов некорневые подкормки способствовали усилению защитных функций растений за счет повышения содержания связанной воды и снижения свободной.

Литература

1. Красова Н. Г., Ожерельева З. Е., Галашева А. М. Реализация генетического потенциала морозостойкости у гибридов яблони разной плодности // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. № 2. С. 214–221. DOI: 10.18699/VJ17.239
2. Резвякова С. В. Экологическое обоснование выбора режимов искусственного промораживания плодово-ягодных культур в условиях ЦЧР // Вестник Орловского го-

References

1. Krasova N. G., Ozherel'eva Z. E., Galasheva A. M. Realization of the genetic potential of frost hardiness in apple hybrids of different ploidy // Vavilov Journal of Genetics and Selection. 2017. № 2. P. 214–221. DOI: 10.18699/VJ17.239
2. Rezyakova S. V. Ecological justification of modes of artificial freezing of fruit and berry crops in conditions of Central Black Earth Russia // Belluten of Orel State Agrarian

- сударственного аграрного университета. 2011. № 3 (30). С. 26–28.
3. Драгавцева И. А., Ахматова З. П., Моренец А. С. Особенности и тенденции вариативности лимитирующих факторов среды для плодовых культур Северного Кавказа в зимне-весенний период с учетом изменения климата (на примере абрикоса) // Садоводство и виноградарство. 2018. № 4 (214). С. 38–43. DOI: 10.31676/0235-2591-2018-4-38-43
 4. Влияние некорневых подкормок на соотношение связанной и свободной воды в побегах яблони в зимний период / Т. А. Роева, О. В. Панфилова, Е. В. Леоничева, Л. И. Леонтьева, О. А. Ветрова // Субтропическое и декоративное садоводство. 2014. Т. 51. С. 255–261.
 5. Eller Franziska, Jensen Kai, Reisdorff Christoph. Nighttime stomatal conductance differs with nutrient availability in two temperate floodplain tree species // Tree Physiology. 2017. Т. 37, № 4. P. 428–440.
 6. Малукова Л. С., Пritула З. В. Влияние кальцийсодержащих удобрений на водный режим *Camellia sinensis* (L.) kuntze в условиях засухи // Вестник АПК Ставрополя. 2016. № 4 (24). С. 120–123.
 7. Гурьянова Ю. В. Вступление яблони в период покоя при использовании некорневой подкормки // Плодоводство и ягодоводство России. 2014. № 38 (1). С. 106–110.
 8. Кузнецов В. В., Дмитриева Г. А. Физиология растений. М. : Высшая школа, 2003. 736 с.
 9. Галашева А. М., Красова Н. Г. Водный режим яблони сортов различной зимостойкости // Современное садоводство. 2013. № 4. С. 1–8.
 10. Баславская С. С., Трубецкова О. М. Практикум по физиологии растений. М. : МГУ, 1964. 328 с.
 11. Влияние foliarных удобрений на динамику некоторых показателей водного режима сорта яблони Синап орловский / Т. А. Роева, Е. В. Леоничева, Л. И. Леонтьева, О. А. Ветрова // Современное садоводство. 2016. № 2 (18). С. 62–72.
 - University. 2011. №3 (30). P. 26–28.
 3. Dragavtseva I. A., Akhmatova Z. P., Morenets A. S. Peculiarities and tendencies of variability of limiting factors of environment for fruit crops of the North Caucasus in the winter-spring period, taking into account climate change (on the example of apricot) // Horticulture and viticulture. 2018. № 4 (214). P. 38–43. DOI: 10.31676/0235-2591-2018-4-38-43
 4. Influence of foliar fertilizing on the ratio of bound and free water in apple shoots in winter period / T. A. Roeva, O. V. Panfilova, E. V. Leonicheva, L. I. Leont'eva, O. A. Vetrova // Subtropical and ornamental gardening. 2014. T. 51. P. 255–261.
 5. Eller Franziska, Jensen Kai, Reisdorff Christoph. Nighttime stomatal conductance differs with nutrient availability in two temperate floodplain tree species // Tree Physiology. 2017. T. 37, № 4. P. 428–440.
 6. Malyukova L. S., Pritula Z. V. Effect of calcium fertilizers on the water regime of *camellia sinensis* (L.) kuntze in drought conditions // Agricultural Bulletin of Stavropol Region. № 4 (24). 2016. P. 120–123.
 7. Gur'yanova Ya. V. The entry of apple trees in to dormancy at foliar feeding // Fruit and Berry Growing in Russia. 2014. № 38 (1). P. 106–110.
 8. Kuznecov V. V., Dmitrieva G. A. Physiology plants. M. : Vysshaja shkola, 2003. 736 p.
 9. Galasheva A. M., Krasova N. G. Water regime dynamics of apple varieties having different winter hardiness // Modern Gardening. 2013. № 4. P. 1–8.
 10. Baslavskaya S. S., Trubetskova O. M. Practical works on plant physiology. M. : Moscow State University, 1964. 328 p.
 11. Effect of foliar fertilizers on the dynamics of some water regime indications of Sinap orlovsky apple / T. A. Roeva, E. V. Leonicheva, L. I. Leont'eva, O. A. Vetrova // Modern Gardening. 2016. № 2 (18). P. 62–72.