

ВЛИЯНИЕ ФОЛИАРНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ДИНАМИКУ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДНОГО РЕЖИМА СОРТА ЯБЛОНИ СИНАП ОРЛОВСКИЙ

*Т.А. Роева, к.с.-х.н.
Е.В. Леоничева, к.б.н.
Л.И. Леонтьева, к.с.-х.н.
О.А. Ветрова, к.с.-х.н.*

ФГБНУ ВНИИ селекции плодовых культур, Россия, Орел, agro@vniispk.ru

Аннотация

В полевом опыте с яблоней сорта Синап орловский изучено влияние некорневых подкормок на показатели водного режима (оводнённость листьев, и содержание свободной и связанной воды). Для некорневых подкормок были использованы: H_3BO_3 – 0,1%; K_2SO_4 – 0,3%; $CaCl_2$ – 1%. Удобрения применялись отдельно и в сочетании друг с другом. Выявлено значимое влияние некорневых подкормок на фракционный состав воды в листьях, которое зависело от метеоусловий и нагрузки урожаем. В 2014 г. (контрастные метеоусловия, высокий урожай) обработки фолиарными удобрениями приводили к существенному снижению доли связанной воды и увеличению свободной. В 2015 г. (засуха, низкий урожай) наблюдался противоположный эффект. Наиболее заметным было действие обработки $K_2SO_4 + CaCl_2$. В этом варианте в течение трёх летних месяцев 2015 г. содержание связанной воды было самым высоким в опыте ($50,94 \pm 3,17\%$), а содержание свободной воды – самым низким ($6,93 \pm 4,21\%$). Действие некорневых подкормок на оводнённость листьев яблони наблюдалось только в высокоурожайном году. В вариантах опыта с парными сочетаниями борной кислоты, хлористого калия и сульфата кальция в течение трёх летних месяцев 2014 г. оводнённость листьев сохранялась на постоянном уровне. В остальных вариантах опыта общее содержание воды в листьях возрастало к концу вегетации.

Ключевые слова: яблоня, засухоустойчивость, некорневые подкормки, калий, кальций, бор, оводненность, связанная и свободная вода

THE EFFECT OF FOLIAR FERTILIZERS ON THE DYNAMICS OF SOME WATER REGIME INDICATIONS OF 'SINAP ORLOVSKI' APPLE

*T.A. Roeva, candidate of agricultural sciences
E.V. Leonicheva, candidate of biological sciences
L.I. Leontieva, candidate of agricultural sciences
O.A. Vetrova, candidate of agricultural sciences*

Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Russia, Orel, agro@vniispk.ru

Abstract

In the field experiment with 'Sinap Orlovski' apple the effect of foliar fertilizing on water regime indications (water content in leaves and content of bound and available) was studied. H_3BO_3 – 0.1%; K_2SO_4 – 0.3%; $CaCl_2$ – 1% were used for foliar fertilizing.

Fertilizers were applied separately and in combinations with each other. A significant influence of foliar fertilizing on the fractional composition of water in leaves was revealed. This influence depended on meteorological conditions and yield load. In 2014 (contrasting meteorological conditions, high yield) the foliar treatments resulted in essential reduce of bound water and increase of available water. In 2015 (drought, low yield) an opposite effect was observed. The effect of $K_2SO_4 + CaCl_2$ treatment was more evident. In this variant during three summer months in 2015 the content of bound water was the highest in the experiment ($50.94 \pm 3.17\%$), while the content of available water was the lowest ($6.93 \pm 4.21\%$). The effect of foliar fertilizing on the water content on apple leaves was observed only in a highly yieldy year. In the experiments with pair combinations of H_3BO_3 , $CaCl_2$ and K_2SO_4 during three summer months in 2014 the water content of leaves was retained on a constant level. In the rest variants of the experiment the total content of water in leaves increased by the end of the vegetation.

Key words: *Malus domestica*, drought tolerance, foliar spray, potassium, boron, calcium, water content, bound and free water

Введение

Яблоня – основная промышленная культура садоводства России, отличающаяся адаптивностью, рентабельностью, отзывчивостью на интенсивные технологии ведения садов, возможностью возделывания по ресурсосберегающим технологиям, круглогодичным использованием и популярностью плодов у населения.

В течение многолетнего периода эксплуатации насаждения яблони многократно подвергаются воздействию абиотических стрессов внешней среды. Высокие температуры и недостаточное увлажнение являются важными факторами, лимитирующими успешное произрастание яблони. Засуха приводит к снижению ростовых процессов, повреждению фотосинтетического аппарата, массовому перезреванию и осыпанию плодов, и в итоге, к снижению урожайности.

Одними из важнейших показателей, характеризующих засухоустойчивость, являются показатели водного режима растений. Значимость воды для растений определяется разнообразием ее роли как важнейшего компонента протоплазмы, участвующего в фотосинтезе и гидролитических процессах, растворителя для минеральных и органических веществ, среды для химических реакций. Поглощение воды клетками создает тургор, необходимый для роста растяжением и поддержания формы растений [13].

Доказано, что режим почвенного питания играет существенную роль в формировании устойчивости плодовых культур к абиотическим факторам среды [3, 4, 16]. Наряду с почвенным питанием в современном плодоводстве широко применяются некорневые подкормки макро- и микроэлементами. Этот агроприём приводит к быстрому увеличению концентрации питательных элементов в надземной части растений и, как следствие, может влиять на скорость и направленность многих физиологических процессов, в том числе – процессов водного обмена. В ряде работ сообщается о влиянии некорневых подкормок на физиолого-биохимические показатели устойчивости плодовых культур к абиотическим факторам [5, 6, 14, 15, 18]. Многими исследователями внимание уделяется преимущественно эффективности комплексных полиэлементных препаратов, что затрудняет понимание функциональной значимости каждого отдельного элемента [10, 16, 17]. Систематических исследований, позволяющих оценить влияние некорневого питания на показатели водного режима плодовых растений пока проведено недостаточно.

В связи с этим, цель наших исследований – изучить влияние отдельных и совместных некорневых подкормок калийными, борными и кальцийсодержащими удобрениями на некоторые показатели водного режима яблони (оводненность листьев и содержание свободной и связанной воды).

Объекты и методы исследования

Объектом исследования был полевой опыт по изучению эффективности некорневых подкормок яблони сорта Синап Орловский на полукарликовом вставочном подвое 3–4–98. Деревья посажены в 1992 г, схема посадки 6×3 м. Агротехника общепринятая для культуры. Система содержания почвы – залужение. Почва – темно-серая лесная среднесуглинистая. Агрохимические показатели почвы в слое 0...20 см: рН_{KCl} – 5,4, N_{общ.} – 3,9 мг-экв/100г, гумус – 4,6%, подвижный P₂O₅ – 204 мг/кг, обменный K₂O – 194 мг/кг.

Некорневые подкормки растений проводились 5 раз за период вегетации по фазам: «розовый бутон», «полное цветение», «опадение лепестков», «грецкий орех» и за 30...40 дней до съема плодов. Варианты опыта: 1. контроль (обработка водой); 2. H₃BO₃ – 0,1%; 3. K₂SO₄ – 0,3%; 4. CaCl₂ – 1%; 5. H₃BO₃ + K₂SO₄; 6. H₃BO₃ + CaCl₂; 7. K₂SO₄ + CaCl₂; 8. H₃BO₃ + K₂SO₄ + CaCl₂. Повторность опыта 3-х кратная, в варианте 6 учетных деревьев.

Содержание свободной и связанной воды в листьях определялось рефрактометрически в 30% растворе сахарозы по Окунцову – Маринчик [1]. Исследования проводились в 2014...2015 гг. с июня по август. Полученные данные обработаны методом 2-х факторного дисперсионного анализа.

Результаты и обсуждение

Орловская область обладает благоприятными агроклиматическими условиями для возделывания яблони. Сумма активных температур составляет 2150...2300°C. Количество осадков за год, в основном, составляет 450...550 мм. Этого достаточно для успешного роста и плодоношения яблони. Но зачастую осадки распределяются неравномерно и не обеспечивают устойчивого увлажнения в весенне-летний период, (период интенсивного роста вегетативной массы и формирования плодов) когда потребность у растений во влаге наибольшая.

Метеоусловия вегетационных периодов 2014...2015 гг. были различными (таблица 1).

Май 2014 г. был теплым и дождливым: количество осадков в 2,7 раза превысило среднемноголетние данные, средняя температура воздуха на 2°C превышала среднемноголетнюю. ГТК составил 1,9, такие условия увлажнения приближаются к избыточным. В июне сохранялись нормальные условия увлажнения (ГТК 1,2). Условия июля и августа были сухими: количество осадков в 4,4 и 2,8 раза соответственно было ниже среднемноголетних значений (ГТК 0,3 и 0,4 соответственно). Август был самым жарким: максимум температуры превысил 35°C. Май 2015 г. характеризовался засушливыми условиями (ГТК 0,7). Лето 2015 г. было относительно прохладным: на протяжении июня-августа температура воздуха была равномерной и колебалась от 10,9 до 24,0°C. Средняя температура воздуха этих месяцев не отличалась от среднемноголетних значений. Различия были только в условиях увлажнения: июнь и август были сухими (ГТК 0,5 и 0,03 соответственно), июль характеризовался нормальными условиями увлажнения (ГТК 1,2).

Таблица 1 – Метеоусловия периодов вегетации 2014, 2015 гг.

Показатели	2014 год				2015 год			
	Май	Июнь	Июль	Август	Май	Июнь	Июль	Август
Средняя t воздуха, °C	15,0	14,6	18,9	17,6	15,3	16,8	18,3	17,3
Максимальная t воздуха, °C	30,5	31,5	31,2	35,2	29,6	30,8	34,0	32,8
Среднемноголетняя t воздуха, °C	13,0	16,9	18,5	17,1	13,0	16,9	18,5	17,1
Сумма осадков, мм	100,6	55,7	20,0	23,4	24,8	29,2	71,3	1,7
Среднемноголетняя сумма осадков, мм	36,4	65,1	88,0	65,7	36,4	65,1	88,0	65,7
ГТК	1,9	1,2	0,3	0,4	0,7	0,5	1,2	0,03

Сорт Синап орловский имеет стабильное плодоношение по годам, но нагрузка деревьев урожаем в годы исследований различалась: в 2014 г. урожайность составила 50 кг с дерева, в 2015 г. – 3...5 кг с дерева.

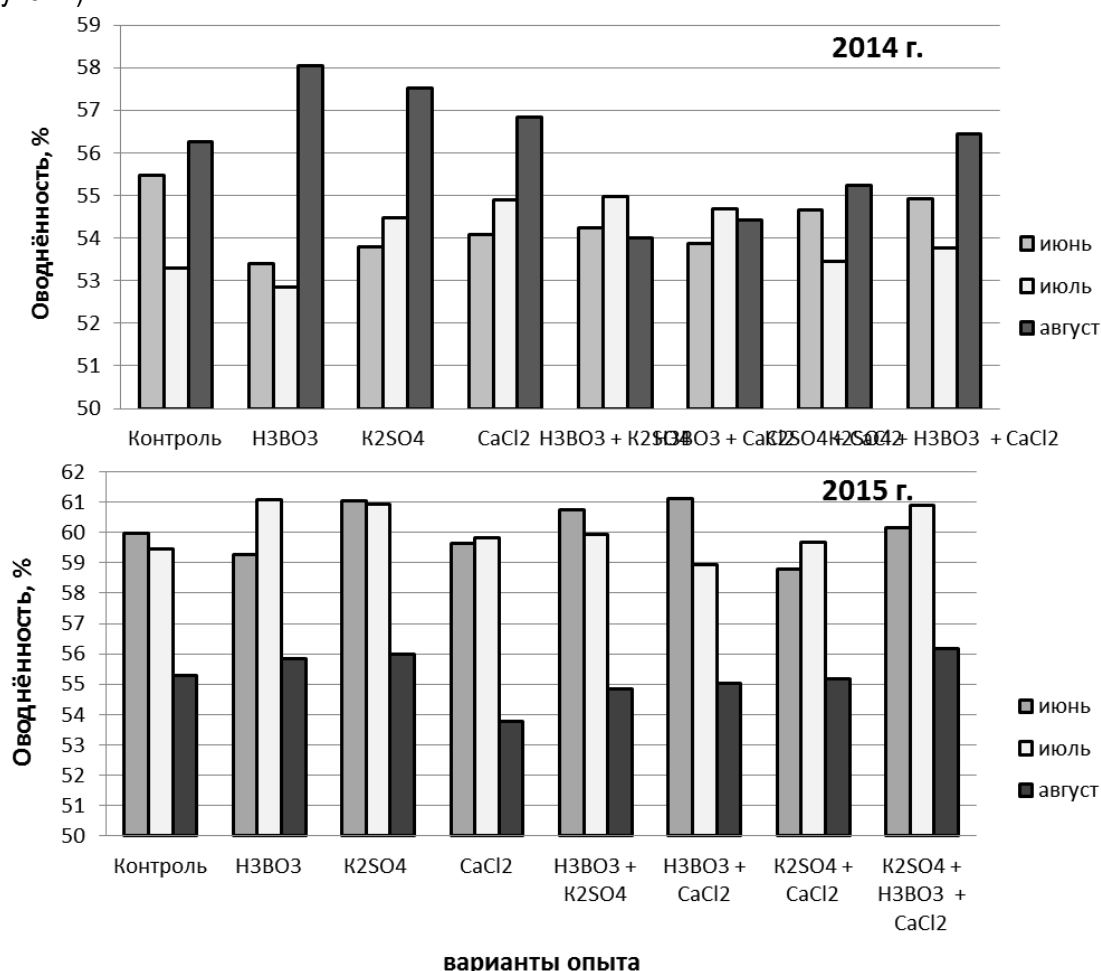
Важным параметром водного обмена является степень оводненности растительных тканей. Содержание воды в растениях обуславливается возрастом, доступностью почвенной влаги и соотношением поглощения воды и транспирации [13]. Имеются сведения об увеличении оводнённости листьев яблони в результате проведения листовых подкормок [17].

Общее содержание воды в листьях яблони в нашем опыте зависело прежде всего от метеоусловий и нагрузки деревьев урожаем (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика общего содержания воды в листьях яблони сорта Синап орловский, % сырой массы

Год	Месяц			НСР ₀₅ B
	Июнь	Июль	Август	
2014	54,30	54,05	56,09	0,86
2015	60,09	60,09	55,26	0,80

По результатам исследований, проведённых в условиях Орловской области [11, 12], оводненность листьев у многих сортов яблони последовательно снижается к концу вегетации. Аналогичную динамику этого показателя мы наблюдали в засушливом малоурожайном 2015 г. В среднем по опыту содержание общей воды в листьях в течение июня и июля 2015 г. держалось на уровне $60,00 \pm 0,38\%$ и достоверно не различалось по вариантам. В августе при усиливающейся засухе оводнённость достоверно уменьшилась во всех вариантах опыта (рисунок 1).



НСР₀₅ АВ (2014 г.) = 2,45; НСР₀₅ АВ (2015 г.) = 2,27.

Рисунок 1 – Влияние некорневых подкормок на динамику общего содержания воды в листьях яблони, % сырой массы

В высокоурожайном 2014 г. в июне и июле среднее по опыту общее содержание воды в листьях было $54,00 \pm 0,36\%$. В августе 2014 г., несмотря на засушливый период, продолжавшийся с третьей декады июля, оводнённость листьев существенно увеличилась. Это можно объяснить продолжающейся в августе 2014 г. активной синтетической работой листового аппарата, направленной на рост плодов. Однако такое увеличение оводнённости наблюдалось не во всех вариантах опыта, а только в контроле, при обработках отдельно используемыми H_3BO_3 и K_2SO_4 , а также смесью трёх изучаемых веществ (рисунок 1). В вариантах, где деревья обрабатывались парными сочетаниями изучаемых компонентов, не отмечено достоверных различий по общему содержанию воды в листьях в разные месяцы. При опрыскивании деревьев $CaCl_2$ оводнённость постепенно увеличивалась в течение летнего периода, листья в августе содержали достоверно больше воды, чем в июне.

Показатель оводнённости тканей недостаточно характеризует процессы водного обмена в растениях. Для более полной оценки воздействия некорневых подкормок на водный режим яблони в летний период 2014 и 2015 гг. мы изучали содержание в листьях яблони свободной и связанной форм воды.

Свободная вода, молекулы которой находятся в состоянии свободного теплового движения и не подвергаются действию дополнительных сил межмолекулярного взаимодействия, обладает наибольшей химической активностью, растворяющей способностью, легче испаряется. Повышение содержания свободной воды способствует усилению процессов роста, обмена веществ. Увеличение связанной воды, свидетельствующее о возрастании водоудерживающих сил в тканях, ведет к повышению устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды [8].

Содержание разных форм воды в листьях яблони зависит от биологических особенностей сорта, физиологического состояния растений, фазы, метеоусловий. У сорта Синап орловский, выращиваемого в условиях Орловской области, в течение двух контрастных по метеоусловиям вегетационных периодов наблюдалось преобладание связанной формы воды в листьях; причём доля связанной воды постепенно увеличивалась [2].

В нашем опыте содержание связанной воды в листьях Синапа орловского превышало содержание свободной в 1,5...5 раз (таблицы 3, 4), однако не во всех вариантах опыта мы наблюдали возрастание количества связанной воды к концу вегетационного периода. В период с июня по август 2014 г. содержание связанной воды держалось на стабильном уровне на контроле ($42,34 \pm 3,11\%$) и при опрыскивании смесью $K_2SO_4 + CaCl_2$ ($36,44 \pm 1,90\%$) (таблица 3). В 2015 г. в этих вариантах также не было достоверных различий между содержанием связанной воды в июне, июле и августе. Кроме того в течение летних месяцев 2015 г. стабильный уровень связанной воды в листьях наблюдался при обработках отдельно взятыми H_3BO_3 , K_2SO_4 и $CaCl_2$ (таблица 3).

В 2014 г. при опрыскивании деревьев борной кислотой, а также смесями $H_3BO_3 + K_2SO_4$ и $H_3BO_3 + CaCl_2$ содержание связанной воды достоверно возрастало в июле, по сравнению с июнем, а в августе содержание связанной воды уже существенно не изменялось. При обработке деревьев смесью трёх изучаемых соединений в июле 2014 г. отмечено самое низкое значение показателя за весь период исследований. Количество связанной воды в листьях этого варианта в июне и августе 2014 г. было достоверно выше, чем в июле.

Известно, что катионы калия и кальция оказывают существенное влияние на эффективность использования воды растением [7, 9]. При обработке деревьев сульфатом калия уровень связанной воды увеличивался в июле 2014 г. в 1,4 раза, далее – в августе – показатель достоверно снизился, но всё же оставался существенно больше, чем в первый летний месяц. В варианте с обработкой хлористым кальцием содержание связанной воды было достаточно низким (на уровне 30%) в течение июня и июля 2014 г., а в августе оно достоверно увеличилось до 43,43%.

Таблица 3 – Динамика содержания связанной воды в листьях яблони сорта Синап орловский, % сырой массы (2014...2015 гг.)

Вариант (фактор А)	Месяц (фактор В)			Средние А
	Июнь	Июль	Август	
2014 г.				
Контроль (обработка водой)	39,03	44,06	44,92	42,67
H ₃ BO ₃ – 0,1%	32,73*	42,04	37,04*	37,27*
K ₂ SO ₄ – 0,3%	30,40*	42,56	36,56*	36,50*
CaCl ₂ – 1%	29,09*	32,04*	43,43	34,85*
H ₃ BO ₃ + K ₂ SO ₄	31,38*	42,53	40,58	38,16*
H ₃ BO ₃ + CaCl ₂	28,94*	42,20	39,43	36,85*
K ₂ SO ₄ + CaCl ₂	35,65	35,07*	38,60*	36,44*
H ₃ BO ₃ + K ₂ SO ₄ + CaCl ₂	39,53	28,26*	39,88	35,89*
Средние В	33,34	36,59	40,05	
НСР ₀₅	А	В	А×В	
	3,34	2,05	5,79	
2015 г.				
Контроль (обработка водой)	39,77	34,42	37,71	37,30
H ₃ BO ₃ – 0,1%	43,59	45,02*	44,19*	44,27*
K ₂ SO ₄ – 0,3%	37,15	41,58*	42,43	40,39
CaCl ₂ – 1%	45,11	44,94*	44,17*	44,74*
H ₃ BO ₃ + K ₂ SO ₄	43,79	39,42	51,06*	44,76*
H ₃ BO ₃ + CaCl ₂	35,63	47,41*	49,93*	44,32*
K ₂ SO ₄ + CaCl ₂	50,12*	50,37*	52,32*	50,94*
H ₃ BO ₃ + K ₂ SO ₄ + CaCl ₂	33,20	46,21*	51,48*	43,63
Средние В	41,05	43,67	46,66	
НСР ₀₅	А	В	А×В	
	3,48	2,13	6,02	

* - достоверные отличия от контроля при 5% уровне значимости.

Как уже было сказано, в летний период 2015 г. в большинстве вариантов опыта содержание связанной воды держалось на стабильном уровне. Только в трёх вариантах – при обработках смесями H₃BO₃ + K₂SO₄ и H₃BO₃ + CaCl₂, а также трёхкомпонентной смесью, – содержание связанной воды достоверно возросло в течение лета 2015 г. Когда деревья опрыскивали сочетанием H₃BO₃ + K₂SO₄, содержание связанной воды в августе превышало уровень июня и июля. В двух других вариантах существенное увеличение показателя происходило уже в июле.

Влияние некорневых подкормок на содержание связанной воды в листьях проявилось не только в изменении динамики этого показателя. В среднем за три летних месяца 2014 г. во всех вариантах опыта содержание связанной воды было достоверно ниже контроля (таблица 3). Этот эффект был особенно заметен в начале лета, когда только в двух вариантах (при обработках смесями трёх компонентов и K₂SO₄ + CaCl₂) не наблюдалось достоверного уменьшения связанной воды.

В 2015 г. некорневые подкормки, напротив, способствовали увеличению количества связанной воды в листьях. В большинстве вариантов опыта этот эффект проявлялся в июле и августе (таблица 3). При опрыскивании сульфатом калия – только в июле, а когда применяли смесь H₃BO₃ + K₂SO₄ – только в августе. Самое стабильное действие оказывала обработка сочетанием K₂SO₄ + CaCl₂. В этом варианте в течение трёх летних месяцев 2015 г. содержание связанной воды было самым высоким в опыте.

Содержание свободной воды в листьях служит показателем интенсивности процессов обмена веществ, но также в значительной степени зависит от метеоусловий и нагрузки деревьев урожаем. В зависимости от сорта, агротехники и климатических условий количество свободной воды в листьях может снижаться в течение вегетации, а может увеличиваться, либо в течение нескольких месяцев держаться на постоянном уровне [9, 10, 11, 12].

Летом 2014 г. в разных вариантах опыта наблюдалась различная динамика содержания свободной воды в листьях (таблица 4). Самое низкое содержание свободной воды в течение трёх летних месяцев 2014 г. было в листьях контрольного варианта. При этом в июле листья на контроле содержали в 1,8 раз меньше свободной воды, чем в июне, а августовский уровень этого показателя достоверно не отличался от значений двух предыдущих месяцев. В вариантах, где деревья опрыскивали борной кислотой, либо сульфатом калия, в июле уровень свободной воды уменьшался в 2 раза, по сравнению с июнем, а далее – в августе – снова возрастал. При обработке хлористым кальцием в течение июня и июля листья содержали повышенное количество свободной воды ($23 \pm 1,5\%$), а в августе наблюдалось существенное снижение показателя.

Таблица 4 – Динамика содержания свободной воды в листьях яблони сорта Синап орловский, % сырой массы (2014...2015 гг.)

Вариант (фактор А)	Месяц (фактор В)			Средние А
	Июнь	Июль	Август	
2014 г.				
Контроль (обработка водой)	16,43	9,23	11,33	12,33
H ₃ BO ₃ - 0,1%	20,69	10,82	21,00*	17,50*
K ₂ SO ₄ - 0,3%	23,38*	11,92	20,95*	18,75*
CaCl ₂ - 1%	24,98*	22,85*	13,41	20,41*
H ₃ BO ₃ + K ₂ SO ₄	22,86*	12,43	13,42	16,23*
H ₃ BO ₃ + CaCl ₂	24,91*	12,49	14,98	17,46*
K ₂ SO ₄ + CaCl ₂	19,02	18,38*	16,63	18,01*
H ₃ BO ₃ + K ₂ SO ₄ + CaCl ₂	15,37	25,50*	16,55	19,14*
Средние В	20,96	15,26	16,03	
НСР ₀₅	А	В	А×В	
	3,59	2,20	6,22	
2015 г.				
Контроль (обработка водой)	20,19	25,04	17,58	20,94
H ₃ BO ₃ - 0,1%	15,67	16,04*	11,64	14,45*
K ₂ SO ₄ - 0,3%	23,89	19,33	13,56	18,93
CaCl ₂ - 1%	14,53	14,88*	9,59*	13,00*
H ₃ BO ₃ + K ₂ SO ₄	16,94	20,51	3,79*	13,75*
H ₃ BO ₃ + CaCl ₂	25,46	11,54*	5,09*	14,03*
K ₂ SO ₄ + CaCl ₂	8,66*	9,30*	2,83*	6,93*
H ₃ BO ₃ + K ₂ SO ₄ + CaCl ₂	26,95*	14,69*	4,70*	15,44*
Средние В	19,04	16,41	8,60	
НСР ₀₅	А	В	А×В	
	3,53	2,16	6,11	

* - достоверные отличия от контроля при 5% уровне значимости.

В листьях деревьев, обрабатываемых смесями H₃BO₃ + K₂SO₄ и H₃BO₃ + CaCl₂, относительно высокое содержание свободной воды наблюдалось только в июне 2014 г., в последующие месяцы содержание свободной воды держалось на уровне в 1,6...2,0 раза более низком. В варианте с опрыскиванием смесью K₂SO₄ + CaCl₂, в течение двух лет отличавшемся стабильным содержанием связанной воды, летом 2014 г. содержание свободной воды также сохранялось на стабильном уровне ($17,8 \pm 1,7\%$) в течение трёх месяцев. При обработке растений смесью трёх изучаемых компонентов наибольшее содержание свободной воды отмечено в июле (25,5%), в июне и августе количество свободной воды было в 1,5 раза меньше.

Летом 2015 г. в листьях деревьев, обрабатываемых борной кислотой, либо хлористым кальцием, содержание свободной воды в июне, июле и августе держалось на стабильном уровне (14,45% и 13,00% соответственно). При обработке деревьев смесью этих веществ самое высокое содержание свободной воды в листьях отмечено в июне (25,46%), в июле этот показатель двукратно снизился, далее – в августе – уменьшился еще в 2 раза. Аналогичное снижение

уровня свободной воды по месяцам наблюдалось при обработке сочетанием $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{CaCl}_2$.

В остальных вариантах опыта, включая контроль, в течение первых двух летних месяцев 2015 г. содержание свободной воды в листьях достоверно не изменялось, а в августе наблюдалось резкое снижение показателя (в 1,4... 5,0 раз в зависимости от варианта).

Сравнивая динамику содержания свободной воды в листьях в 2014 и 2015 гг., следует отметить, что в высокоурожайном 2014 г., характеризующемся достаточной влагообеспеченностью в мае и июне, различия между количеством свободной воды в разные месяцы были не так сильно выражены, как в малоурожайном и более засушливом 2015 г. В первом случае наблюдаемые максимальные и минимальные значения показателя различались не более чем в 2 раза, во втором случае содержание свободной воды в период с июля по август в отдельных вариантах уменьшалось в 3...5 раз.

В высокоурожайном 2014 г. некорневые подкормки способствовали увеличению содержания свободной воды в листьях (таблица 4). В июне этот эффект наблюдался при обработках сульфатом калия, хлористым кальцием, а также парными сочетаниями $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{K}_2\text{SO}_4$ и $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{CaCl}_2$. В июле достоверно более высокое содержание свободной воды было при опрыскивании деревьев смесями $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{CaCl}_2$, $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{CaCl}_2$ и хлористым кальцием. В августе 2014 г. количество свободной воды было выше контроля при использовании борной кислоты и сульфата калия.

В июне 2015 г. при обработке деревьев сочетанием $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{CaCl}_2$ содержание свободной воды в листьях было достоверно ниже контроля, а при опрыскивании смесью трёх изучаемых веществ – не только достоверно превышало контрольный вариант, но и было самым высоким в опыте. Далее, в июле и августе 2015 г., мы наблюдали только существенное уменьшение уровня свободной воды под влиянием некорневых подкормок. Наиболее сильным был эффект от обработки смесью $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{CaCl}_2$: в июле показатель был в 2,7 раз ниже контроля, а в августе – в 6,3 раза ниже. Опрыскивание сульфатом калия было единственным вариантом, в котором содержание свободной воды в течение трёх летних месяцев 2015 г. было на уровне контроля.

Заключение

В результате проведённых нами исследований выявлено значимое влияние отдельных и совместных некорневых подкормок калийными, борными, и кальцийсодержащими удобрениями на все изученные показатели водного режима яблони сорта Синап орловский.

Общее содержание воды в листьях яблони (оводнённость) зависело прежде всего от метеоусловий и нагрузки деревьев урожаем. Действие некорневых подкормок на этот показатель наблюдалось только в высокоурожайном году, при этом в вариантах опыта с парными сочетаниями борной кислоты, хлористого калия и сульфата кальция в течение трёх летних месяцев оводнённость листьев сохранялась на постоянном уровне. В остальных вариантах опыта общее содержание воды в листьях возрастало к концу вегетации.

В оба года исследований мы наблюдали значимое влияние некорневых подкормок на фракционный состав воды в листьях. При этом в 2014 г. обработки фолиарными удобрениями приводили к существенному снижению доли связанной воды и увеличению свободной, а в 2015 г. наблюдался противоположный эффект.

Неоднозначное действие обработок в разные годы может быть связано с различиями в метеоусловиях и разной нагрузкой деревьев урожаем. В высокоурожайном 2014 г., когда все синтетические процессы в растении направлены на формирование и рост плодов, потребность в элементах минерального питания была более высокой. Поэтому дополнительные количества питательных элементов, поступающие в листья при некорневых подкормках, сразу использовались растением. Активность метаболических процессов при этом возрастала, о чём косвенно свидетельствует увеличение содержания свободной воды в листьях.

В малоурожайном и более засушливом 2015 г. элементы минерального питания, поступающие в листья при опрыскивании, не были немедленно задействованы в метаболических процессах. Увеличение их концентрации в тканях листа могло привести к возрастанию вязкости протоплазмы клеток и, как следствие, увеличению доли связанной воды. Особенно сильно этот эффект проявился в наиболее засушливом месяце – августе 2015 г. Единственный вариант опыта, в котором летом 2015 г. не отмечено уменьшения количества свободной воды в листьях, – опрыскивание сульфатом калия. Этот факт хорошо согласуется с известной регуляторной ролью калия в водном режиме растений.

Проведённые исследования показали также, что влияние на водный режим яблони некорневых подкормок смесями нескольких удобрений отличается от воздействия компонентов этих смесей, используемых отдельно. Так в варианте с совместной обработкой $K_2SO_4+CaCl_2$ в течение двух лет содержание связанной воды сохранялось на стабильном уровне в июне, июле и августе, в то время как при опрыскиваниях отдельно взятыми сульфатом калия, либо хлористым кальцием отмечены достоверные различия по этому показателю в разные месяцы лета.

Литература

1. Баславская С.С., Трубецкова О.М. Практикум по физиологии растений. – М.: МГУ, 1964. 328 с.
2. Галашева А.М., Красова Н.Г., Янчук Т.В. Оценка хозяйственно-биологических показателей сорта яблони Синапа орловского на слаборослых вставочных подвоях // Научно-методический электронный журнал Концепт. 2015. Т.13. С. 621-625.
3. Гурьянова Ю.В., Рязанова В.В. Влияние некорневой подкормки на устойчивость яблони к низким температурам зимнего периода в интенсивном саду (III) компонент // Вестник МичГАУ. 2013. №6. С. 22-24.
4. Дорошенко Т.Н., Рязанова Л.Г., Кондратенко А.Н., Максимцов Д.В. Захарчук Н.В. Влияние калийного питания на устойчивость яблони к абиотическим стресс-факторам // Плодоводство и ягодоводство России. 2012. Т. 32. № 1. С. 71-76.
5. Дорошенко Т.Н. Чумаков С.С., Максимцов Д.В. Оптимизация продукционного процесса плодовых растений при использовании макро- и микроэлементов в качестве некорневого питания [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2013. №19(1). URL: <http://journal.kubansad.ru/archive/19/>
6. Дорошенко Т.Н. Чумаков С.С., Максимцов Д.В., Захарчук Н.В. Влияние сроков применения борной кислоты на генеративную деятельность сортов черешни // Труды КубГАУ. 2014. Т.1. № 46. С.61-65.
7. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур: учебник. – М.: Дрофа, 2010. 638 с.
8. Кузнецов В.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений. – М.: Высшая школа, 2003. 736 с.
9. Минеев В.Г. Агрехимия. – М: МГУ, «КолосС», 2004. 720 с.
10. Ненько Н.И., Сергеева Н.Н., Караваева А.В. Исследование адаптивных реакций сортов яблони на фоне листовых обработок специальными удобрениями и регуляторами роста [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2015. № 35(05). URL: <http://journal.kubansad.ru/pdf/15/05/07.pdf>
11. Ожерельева З.Е., Красова Н.Г., Галашева А.М. Изучение водного режима сортов яблони в летний период в связи с их засухоустойчивостью и жаростойкостью // Достижения науки и техники АПК. 2013. №1. С.17-19.
12. Ожерельева З.Е., Галашева А.М., Красова Н.Г., Янчук Т.В., Павел А.Р. Изучение водного режима сорта Имрус на слаборослых вставочных подвоях во время вегетации // Научно-методический электронный журнал Концепт. 2014. Т.20. С.436-440.
13. Полевой В.В. Физиология растений: Учеб. для биол. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1989. 464 с.

14. Роева Т.А., Панфилова О.В., Леоничева Е.В., Леонтьева Л.И., Ветрова О.А. Изменение содержания различных форм воды в побегах яблони под влиянием некорневых подкормок // Плодоводство и ягодоводство России. 2014 Т.40. №2. С. 189-192.
15. Роева Т.А. Панфилова О.В., Леоничева Е.В., Леонтьева Л.И., Ветрова О.А. Влияние некорневых подкормок на соотношение связанной и свободной воды в побегах яблони в зимний период // Субтропическое и декоративное садоводство. 2014. Т. 51 С. 255-261.
16. Трунов Ю.В. Минеральное питание и удобрение яблони. – Мичуринск: ВНИИС; Воронеж: Кварта, 2010. 398 с.
17. Трунов Ю.В., Цуканова Е.М., Ткачёв Е.Н., Грезнёв О.А. Активизация адаптационных механизмов растений яблони под влиянием специальных удобрений [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2011. № 12(6). С.78-89. URL: <http://www.journal.kubansad.ru/pdf/11/06/09.pdf>.
18. Rakićević M., Miletić R. Pesaković M. The influence of cultural specificities and of different fertilizer rates on transpiration intensity in plum leaves // Acta Hort. 2009. №825. P. 475-478. DOI: 10.17660/ActaHortic.2009.825.75

References

1. Baslavskaya S.S., Trubetskova O.M. (1964): Practical works on plant physiology. Moscow, Moscow State University. (In Russian).
2. Galasheva A.M., Krasova N.G., Yanchuk T.V. (2015): The assessment of economic and biological traits of cv Sinap Orlovsky on dwarf interstem stocks. *Konzept*, **13**: 621-625. (In Russian).
3. Guriyanova Y.V., Ryazanona V.V. (2013): Influence of outside root application of fertilizer on stability of the apple to low temperature in the winter period in intensive gardens (III component). *The Journal of Michurinsk State Agrarian University*, **6**: 22-24. (In Russian).
4. Doroshenko T.N., Ryazanova L.G., Maksimov D.V., Kondratenko A.N., Zakharchuk N.V. (2012): Influence of potassium nutrition on apple-tree resistance to abiotic stressors. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*, **32**(1): 71-76 (In Russian, English abstract).
5. Doroshenko T.N., Chumakov S.S., Maksimov D.V. (2013): Optimization of the production process of fruit plants by using of macro- and microelements as a non-root nutrition. *Fruit growing and viticulture of south Russia*, **19**(1). Available at: <http://journal.kubansad.ru/archive/19/>. (In Russian, English abstract).
6. Doroshenko T.N., Chumakov S.S., Maksimov D.V., Zakharchuk N.V. (2014): Boracic acid influence on generative activity of sweet cherry varieties. *Nauchnye trudy KubGAU [Scientific works of KubSAU]*, **46**: 61-65 (In Russian).
7. Koshkin E.I. (2010): Physiology resistance of agricultural crops: course. Moscow, Drofa. (In Russian).
8. Kuznecov V.V., Dmitrieva G.A. (2005): Plant physiology. Moscow, Vysshaya shkola. (In Russian).
9. Mineev V.G. (2004): Agrichemistry. Moscow, MGU, KolosS (In Russian).
10. Nenko N.I., Sergeeva N.N., Karavaeva A.V. (2015): Research of adaptive reactions of apple varieties at the foliar treatments of special Fertilizers and growth regulations. *Fruit growing and viticulture of south Russia*, **35**(5). Available at: <http://journal.kubansad.ru/pdf/15/05/07.pdf>. (In Russian).
11. Ozhereleva Z.E., Krasova N.G., Galasheva A.M. (2013): Study of water regime of apple varieties in summer period relative to their drought hardiness and heat resistance. *Achievements of Science and Technology of AIC*, **1**: 17-19. (In Russian).
12. Ozhereleva Z.E., Galasheva A.M., Krasova N.G., Yanchuk T.V., Pavel A.R. (2014): Water regime study of cv Imrus on small-sized intermediate stocks during vegetation. *Konzept*, **20**: 436-440. (In Russian, English abstract).
13. Polevoy V.V. (1989): Plant physiology. Moscow, Vysshaya shkola. (In Russian).
14. Roeva T.A., Panfilova O.V., Leonicheva E.V., Leontieva L.I., Vetrova O.A. (2014): Chaning of the content of different forms of water in shoots apple under the influence of outside root application of

- fertilizers. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*, **40**(2): 189-192. (In Russian, English abstract).
15. Roeva T.A., Panfilova O.V., Leonicheva E.V., Leontieva L.I., Vetrova O.A. (2014): Effect of foliar fertilizing on correlation of bound and free water in apple shoots in winter period. *Subtropical and ornamental plants*, **51**: 255-261. (In Russian).
16. Trunov Yu.V. (2010): Mineral nutrition and fertilizing of apple. Michurinsk, VNIIS; Voronezh, Kvarta. (In Russian).
17. Trunov Yu.V., Tsukanova E.M., Tkachev E.N., Greznev O. A. (2011): Activization of adaptable mechanisms of the apple-tree plants under influence of special fertilizers. *Fruit growing and viticulture of south Russia*, **12**(6): 78-89. Available at: <http://www.journal.kubansad.ru/pdf/11/06/09.pdf>. (In Russian, English abstract).
18. Rakićević, M., Miletić, R., Pesaković, M. (2009): The influence of cultural specificities and of different fertilizer rates on transpiration intensity in plum leaves. *Acta Hortic.*, **825**: 475-478. DOI: 10.17660/ActaHortic.2009.825.75.