

СОДЕРЖАНИЕ СВОБОДНОЙ И СВЯЗАННОЙ ВОДЫ В ЛИСТЬЯХ И ТКАНЯХ ОДНОЛЕТНИХ ПОБЕГОВ ЯБЛОНИ НА СЛАБОРОСЛЫХ ПОДВОЯХ

А.М. Галашева, к.с.-х.н.

Н.Г. Красова, д.с.-х.н.

М.А. Макаркина, д.с.-х.н.

Т.В. Янчук, к.с.-х.н.

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

Аннотация

В последнее десятилетие происходит значительное изменение климата. В данной работе представлен анализ погодных условий в Орловской области 2014...2015 гг.

Исследования проводили в лаборатории биохимической и технологической оценки сортов и хранения ФГБНУ ВНИИСПК в 2014...2015 гг. Объектами служили сорта селекции ФГБНУ ВНИИСПК, летне-осеннего срока созревания: Орлинка, Яблочный Спас и Память Исаева на вставочных карликовых подвоях 3-17-38, 62-396 и на клоновом карликовом подвое 62-396.

Изучен фракционный состав воды в однолетних побегах сортов яблони селекции ФГБНУ ВНИИСПК (Орлинка, Яблочный Спас, Память Исаева) на различных подвоях в осенне-зимний период 2014/2015 г. Исследования показали, что у сорто-подвойных комбинаций понижение температуры воздуха ведет к уменьшению свободной воды. Наибольшее содержание связанной воды, чем свободной воды в зимний период обеспечивает высокую устойчивость в тканях однолетних побегов к неблагоприятным зимним условиям. Изучаемые сорто-подвойные комбинации являются зимостойкими.

В летний период 2014 г. и 2015 г. при изучении фракционного состава воды в листьях сортов яблони селекции ФГБНУ ВНИИСПК (Орлинка, Яблочный Спас, Память Исаева) на различных подвоях показало высокую засухоустойчивость при всех неблагоприятных климатических условиях (к засушливому увлажнению и при полной засухе – август 2015 г.).

Ключевые слова: яблоня, сорт, подвой, фракционный состав воды, зимостойкость, засухоустойчивость

THE CONTENT OF BOUND AND VALUABLE WATER IN LEAVES AND TISSUES OF ANNUAL APPLE SHOOTS ON LOW VIGOROUS ROOTSTOCKS

A.M. Galasheva, candidate of agricultural sciences

N.G. Krasova, doctor of agricultural sciences

M.A. Makarkina, doctor of agricultural sciences

T.V. Yanchuk, candidate of agricultural sciences

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

Abstract

During the last ten years the climate has significantly changed. In this paper the analysis of weather conditions in Orel region in 2014–2015 is given.

The studies were conducted in the laboratory of biochemical and technological estimation of cultivars and storage at the All Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding in 2014–2015. The apple cultivars of summer and autumn maturing from the breeding program of the Institute were studied: 'Orlinka', 'Yablochny Spas' and 'Pamyat Isaeva' on intercalary dwarf rootstocks 3-17-38, 62-396 and on the clone dwarf rootstock 62-396.

The fractional composition of water in annual shoots of apple cultivars ('Orlinka', 'Yablochny Spas' and 'Pamyat Isaeva') on different rootstocks was studied in autumn-winter period 2014/2015. The studies showed that the air temperature lowering caused the decrease of the available water content in shoots. The greatest content of bound water in winter provided high resistance in tissues of annual shoots to the unfavorable winter conditions. The studied cultivar-rootstock combinations are winter hardy.

In summer 2014 and 2015 the fractional composition of water in leaves of the cultivars 'Orlinka', 'Yablochny Spas' and 'Pamyat Isaeva' on different rootstocks showed high drought resistance under all unfavorable climate conditions (drought wetting and absolute drought – August 2015).

Key words: apple, cultivar, rootstock, fractional composition of water, winter hardiness, drought resistance

Введение

Содержание воды в тканях растений свидетельствует об их влагообеспеченности. Фракционный состав, соотношение фракций воды дает представление о напряженности водного баланса, водоудерживающей способности – защитной реакции организма в условиях нарушения водообмена [13].

Засухоустойчивость является динамическим свойством и тесно связана с циклом развития растений и внешними условиями окружающей среды. В условиях засухи у плодовых растений прекращается рост, засыхают и осыпаются листья, плоды [5, 15].

Одним из способов борьбы с засухой является подбор засухоустойчивых сортов и подвоев, способных противостоять такому частому неблагоприятному природному явлению, как засуха [6].

В условиях засухи растениям, в том числе – яблоне, приходится приспосабливаться [11].

Вода в тканях растений находится в свободном и связанном состояниях. Свободная вода обуславливает физиологическую активность растений: чем больше у растений свободной воды, тем выше их жизнеспособность. Связанная вода, играющая структурообразующую роль, имеет значение в устойчивости протопласта и растения в целом [7, 9, 12, 16]. Связанная вода - вода, взаимодействующая с неводными компонентами, не является растворителем, имеет более плотную упаковку (т. е. повышенную упорядоченность пространственной организации) молекул, пониженную температуру замерзания и повышенную температуру кипения и т. д. [8].

Отношение связанной воды к свободной может быть одним из физиологических

признаков для диагностики на зимостойкость. Это отношение указывает на степень активности физиологических процессов в растении: преобладание связанной воды замедляет ростовые процессы, а содержание свободной воды, наоборот, ускоряет их [17]. Содержание воды играет решающую роль для выживания или гибели растительной клетки от мороза. Для плодовых растений характерно увеличение содержания связанной воды к зимнему периоду. Зимой количество связанной воды в однолетних побегах плодовых культур резко возрастает по сравнению с осенью, а содержание свободной воды падает [10, 11]. Количество связанной воды и отношение ее к свободной меняются в зависимости от возраста дерева, обеспеченности водой, температуры воздуха и почвы и т.д. [2].

В тканях зимостойких сортов осенью, зимой и весной свободной воды бывает меньше, а связанной – больше, чем у менее зимостойких сортов.

Летом фракционный состав воды в листьях зависит от климатических условий: мало выпадает осадков и высокая температура воздуха - связанной воды содержится больше, чем свободной воды [3, 4, 14].

Место проведения исследований, объекты, методика

Исследования проводились во Всероссийском НИИ селекции плодовых культур, на базе лаборатории биохимической и технологической оценки сортов и хранения, в осенне-зимний период 2014/2015 гг. Объектами служили сорта селекции ФГБНУ ВНИИСПК, летне-осеннего срока созревания: Орлинка, Яблочный Спас и Память Исаева на вставочных карликовых подвоях 3-17-38, 62-396 и на клоновом карликовом подвое 62-396. Фракционный состав воды определяли методом Окунцева-Маринчик: метод основан на изменении концентрации раствора сахарозы при погружении в него ткани растения и расчете количества воды, отнятой раствором из ткани. Концентрация сахарозы в растворе определяется рефрактометрически, по разнице содержания общей воды и воды, перешедшей в раствор, рассчитывали содержание связанной воды [2].

Осадки и температурный режим периода активной вегетации создают условия влагообеспеченности сельскохозяйственных культур, которые оцениваются гидротермическим коэффициентом (ГТК). ГТК характеризует условный баланс влаги за определенный период в виде отношения приходной его части (осадки) к расходной (испарение).

$$\text{ГТК} = \frac{\text{сумма осадков} \times 10}{\text{сумма среднесуточных температур}}$$

Величина ГТК в пределах: 1,0...1,4 характеризует оптимальные условия увлажнения; более 1,4 – избыточное увлажнение; менее 1,0 – недостаточное увлажнение; сухими при 0,5 и ниже [1].

Результаты и их обсуждение

Климат Орловской области умеренно-континентальный, который формируют атлантические и континентальные воздушные массы. Самый теплый месяц – июль, средняя температура воздуха составляет +18°C, рекордный максимум Орловской области +36°C. Самый холодный месяц январь температура воздуха составляет -10,2°C, абсолютный минимум -37°C. Снежный покров в Орле держится около 120 дней в году, а его средняя высота составляет около 23 см. В Орле выпадает умеренное количество осадков – среднее значение 540 мм. Количества осадков, которые выпадают за год вполне достаточно для развития и роста плодовых культур. Однако, бывают и исключения по причине неравномерного распределения осадков: как в отдельные временные периоды,

так и в разные годы, что приводит к засушливым условиям, которые препятствуют росту и развитию плодовых растений.

Анализ метеорологических условий осенне-зимнего периода исследований показал, октябрь был теплым, максимальная температура воздуха +20,8°C, минимальная температура воздуха – 15,2°C. В ноябре минимальная температура воздуха -19,8°C. Зима была холодной, среднемесячная температура воздуха в декабре -5,2°C, минимальная температура -23,3°C. В январе минимальная температура воздуха составляла -24,5°C (рисунок 1).

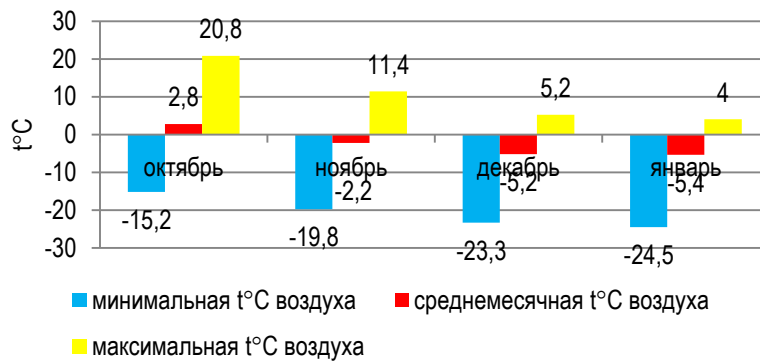


Рисунок 1 – Температура воздуха в осенне-зимний период 2014/2015 гг.

Изучение фракционного состава воды в октябре показало, что свободной воды было существенно больше, чем связанной воды в почках и коре однолетних побегов у сортов Орлинка, Яблочный Спас, Память Исаева на карликовых вставочных подвоях – 3-17-38, 62-396 и на карликовом подвое – 62-396. Физиологические процессы в почках и коре однолетних побегов проходили активно, чем больше свободной воды, тем выше жизнедеятельность деревьев. Наибольшее содержание свободной воды в почках однолетних побегов было у сорта Память Исаева на подвое 62-396 – 41,3%. У остальных сорто-подвойных комбинациях свободной воды в почках однолетних побегов содержалось от 21,8% до 28,9%. Содержание свободной воды в коре однолетних побегов у сорта Память Исаева на всех карликовых подвоях было больше (38,5; 41,0; 42,1%), чем у остальных сорто-подвойных комбинаций (рисунок 2).

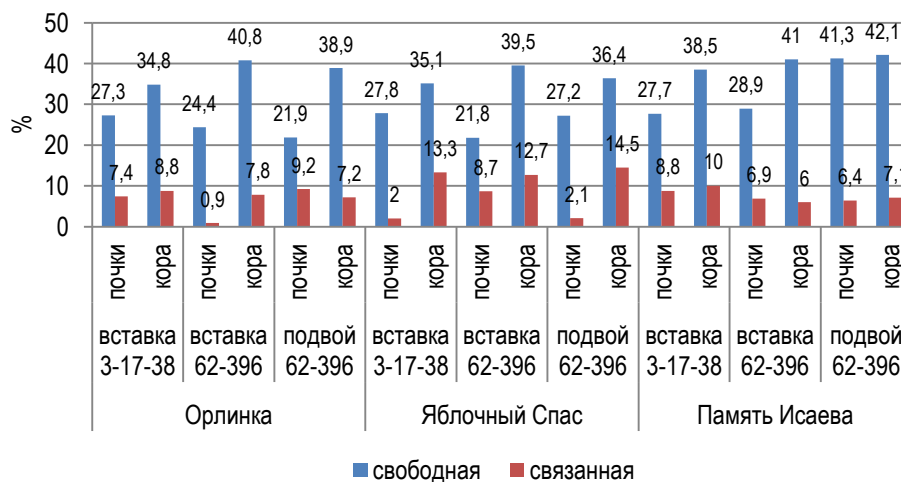


Рисунок 2 – Фракционный состав воды в тканях однолетних побегов у сортов яблони на различных карликовых подвоях в октябре

Понижение температуры воздуха в ноябре повлияло на физиологическую активность тканей однолетних побегов. Свободная вода постепенно переходит в связанную воду. У сорта Орлинка на различных карликовых подвоях в почках однолетних побегов связанной воды было существенно больше, чем свободной воды. У сортов Яблочный Спас и Память Исаева на карликовом подвое 62-396 в почках однолетних побегов свободной воды больше, чем связанной воды, а на карликовых вставках связанной воды было больше. В коре у этих сорто-подвойных комбинаций также преобладала связанная вода (таблица 1).

Таблица 1 – Фракционный состав воды в почках однолетних побегов яблони, %

Сорт, А	Подвой, В	Содержание воды, %, по месяцам					
		X. 2014		XI. 2014		I. 2015	
		свободная	связанная	свободная	связанная	свободная	связанная
Орлинка	в. 3-17-38	27,3	7,4	0,5	6,3	7,9	56,2
	в. 62-396	24,4	0,9	9,2	9,5	10,5	34,6
	п. 62-396	21,9	9,2	0,1	6,4	4,5	41,4
Яблочный Спас	в. 3-17-38	27,8	2,0	5,7	9,2	7,3	40,1
	в. 62-396	21,8	8,7	6,7	9,6	3,3	41,4
	п. 62-396	27,2	2,1	5,5	0,2	2,1	42,5
Память Исаева	в. 3-17-38	27,7	8,8	0,0	2,8	4,9	40,4
	в. 62-396	28,9	6,9	1,3	5,5	14,1	25,5
	п. 62-396	41,3	6,4	27,3	12,5	13,9	30,8
НСР ₀₅ А		4,1	3,6	2,4	2,9	3,6	Fф3,5<Fт4,5
В		Fф2,7<Fт4,5	Fф2,3<Fт4,5	2,4	2,9	Fф1,8<Fт4,5	Fф3,2<Fт4,5
АВ		7,1	6,2	4,3	5,1	6,3	Fф1,2<Fт3,8

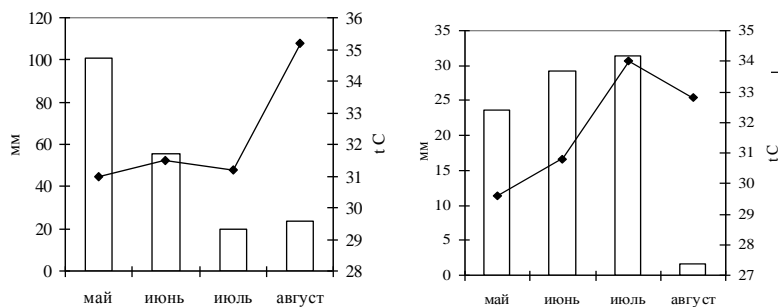
В коре однолетних побегов у сорта Орлинка на вставочных карликовых подвоях 3-17-38 и 62-396 свободной воды содержалось больше 30,3%, и 26,5%, связанной воды было 16,4%, и 19,5%. (таблица 2).

В декабре и январе стояли морозы, минимальная температура воздуха достигала -23,3°C и -24,5°C (рисунок 1). В январе у всех изучаемых сорто-подвойных комбинаций в тканях (почки, кора) однолетних побегов преобладала связанная вода. Наступление неблагоприятных погодных условий ведет к значительному уменьшению свободной воды (таблица 1, 2).

Таблица 2 – Фракционный состав воды в коре однолетних побегов яблони, %

Сорт, А	Подвой, В	Содержание воды, %, по месяцам					
		X. 2014		XI. 2014		I. 2015	
		свободная	связанная	свободная	связанная	свободная	связанная
Орлинка	в. 3-17-38	34,8	8,8	30,3	16,4	9,1	38,8
	в. 62-396	40,8	7,8	26,5	19,5	8,9	39,1
	п. 62-396	38,9	7,2	19,8	24,5	11,9	34,2
Яблочный Спас	в. 3-17-38	35,1	13,3	9,1	41,9	8,9	38,9
	в. 62-396	39,5	12,7	13,7	36,4	5,7	42,9
	п. 62-396	36,4	14,5	12,1	38,4	8,0	39,7
Память Исаева	в. 3-17-38	38,5	10,0	17,1	31,8	9,6	36,9
	в. 62-396	41,0	6,0	21,8	26,7	5,3	41,2
	п. 62-396	42,1	7,1	18,4	25,9	9,6	32,2
НСР ₀₅ А		Fф0,7<Fт19,4	Fф3,4<Fт4,5	6,5	6,2	Fф1,2<Fт4,5	Fф2,4<Fт4,5
В		Fф1,1<Fт4,5	Fф0,3<Fт19,4	Fф1,0<Fт19,4	Fф0,5<Fт19,4	Fф2,1<Fт4,5	4,3
АВ		Fф0,1<Fт6,0	Fф0,2<Fт6,0	Fф1,2<Fт3,8	Fф1,4<Fт4,5	Fф0,4<Fт6,0	Fф0,8<Fт6,0

Анализ погодных условий в летний период исследований показал, что июнь 2014 г. условия оказались засушливыми: максимальная температура воздуха $+31,5^{\circ}\text{C}$, сумма осадков 55,7 мм, ГТК=1,2. В июле и августе максимальная температура воздуха составила $+31,2^{\circ}\text{C}$ и $+35,2^{\circ}\text{C}$. В июле выпало за месяц 20 мм осадков, в августе 23,4 мм осадков, условия оказались сухими: в июле ГТК=0,3, в августе ГТК=0,4. Условия вегетационного периода 2015 г. (с июня по август) были другими, чем в 2014 г. В июне влагообеспеченность была низкая, максимальная температура воздуха составила $+30,8^{\circ}\text{C}$, сумма осадков 29,2 мм, ГТК=0,6. В июле сложились оптимальные условия увлажнения ГТК=1,4, сумма осадков 80,0 мм, максимальная температура воздуха $+34,0^{\circ}\text{C}$ (рисунок 3).



□ – сумма осадков ◆ – максимальная температура воздуха, °C

Рисунок 3 – Показатели максимальной температуры воздуха и суммы осадков за вегетационный период, 2014 и 2015 гг.

В августе сумма осадков составила 1,7 мм, максимальная температура воздуха $+33,0^{\circ}\text{C}$, гидротермический коэффициент был близок 0,03 (таблица 3).

Таблица 3 – Характеристика летнего периода 2014, 2015 гг. в Орловской области

Показатели	Июнь		Июль		Август	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015
Средняя температура воздуха, $t^{\circ}\text{C}$	14,6	16,8	18,9	19,9	17,6	17,3
Максимальная температура воздуха, $t^{\circ}\text{C}$	31,5	30,8	31,2	34,0	35,2	32,8
Сумма осадков, мм	55,7	29,2	20,0	80,0	23,4	1,7
ГТК	1,2	0,6	0,3	1,4	0,4	0,03
Среднегодовое значение температуры воздуха, $t^{\circ}\text{C}$	16,8		18,8		17,4	
Среднегодовое значение суммы осадков, мм	61,0		72,0		58,0	

Различные по годам условия вегетационного периода оказали соответствующее влияние на засухоустойчивость сорто-подвойных комбинаций. В июне 2014 г. листьев изученных сорто-подвойных комбинаций яблони связанной воды было больше, чем свободной воды.

Наибольшее содержание связанной воды было у летнего сорта Орлинка на вставочном подвое 62-396 – 58,1%, наименьшее у летнего сорта Яблочный Спас на вставочном подвое 62-396 – 33,5% и осеннего сорта яблони Память Исаева на вставке 62-396 – 39,2%.

На сухие условия июля 2014 г. очень существенно отреагировал сорт Орлинка на всех подвоях, связанной воды оказалось больше, чем свободной воды. Физиологическая активность у сортов Яблочный Спас и Память Исаева была высокая, свободной воды было больше, чем связанной воды, особенно на вставочном карликовом подвое 62-396 в таких сухих климатических условиях.

Изучение фракционного состава листьев у всех изучаемых сортов на подвоях после сухого июля и сухого августа 2014 г. (ГТК=0,4) показало, что связанной воды было больше, чем свободной воды, так как формируются плоды, вода из листьев и других органов растения оттягивается в большей мере плодами (рисунок 4).

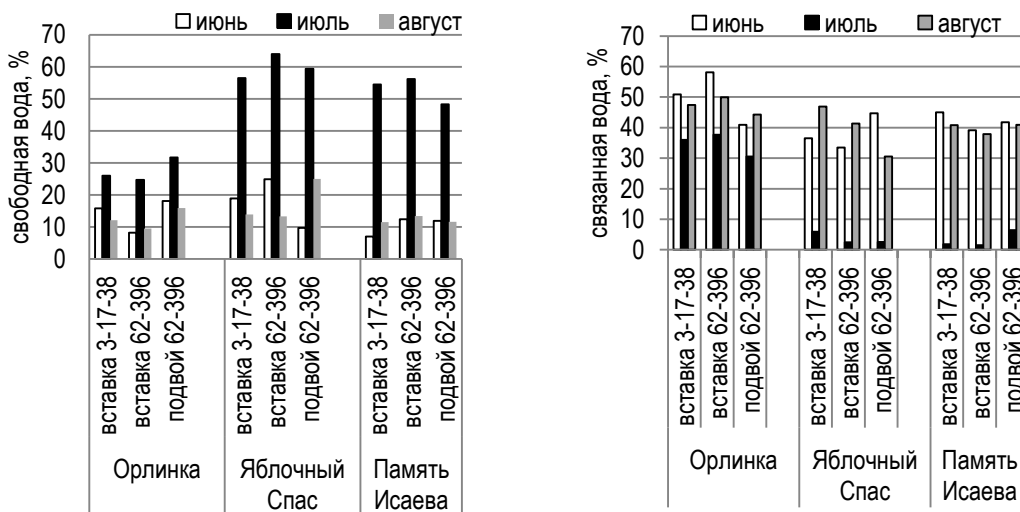


Рисунок 4 – Содержание свободной и связанной воды в листьях сорто-подвойных комбинациях во время вегетации 2014 г.

В летний период 2015 г. (засушливый июнь, оптимально увлажненный июль, сухой август), содержание свободной воды как и в предыдущий год было меньше, чем связанной воды. Наибольшее содержание связанной воды в июне было в листьях у сорта Яблочный Спас на подвое 62-396 – 59,9%, наименьшее у Орлинка на вставке 3-17-38 – 33,7%.

В июле у сортов Орлинка и Яблочный Спас связанной воды было больше на вставочных подвоях 3-17-38 (52,6%, 53,3%), 62-396 (48,4%, 47,4%) и у сорта Память Исаева на вставке 62-396 (49,8%).

В августе стояла засуха ГТК=0,03. Увеличение связанной воды в листьях в августе связано с высокой устойчивостью к неблагоприятным условиям среды, завершением роста побегов и формирования листового аппарата и плодов у всех сортов яблони на всех подвоях. Вся общая вода в листьях при таких погодных условиях перешла в связанную, только у сортов Орлинка на вставке 62-396 содержание свободной воды – 15,3% и связанной – 46,8% и Яблочного Спаса на подвое 62-396 свободной воды – 32,4% и связанной – 30,5%. (рисунок 5).

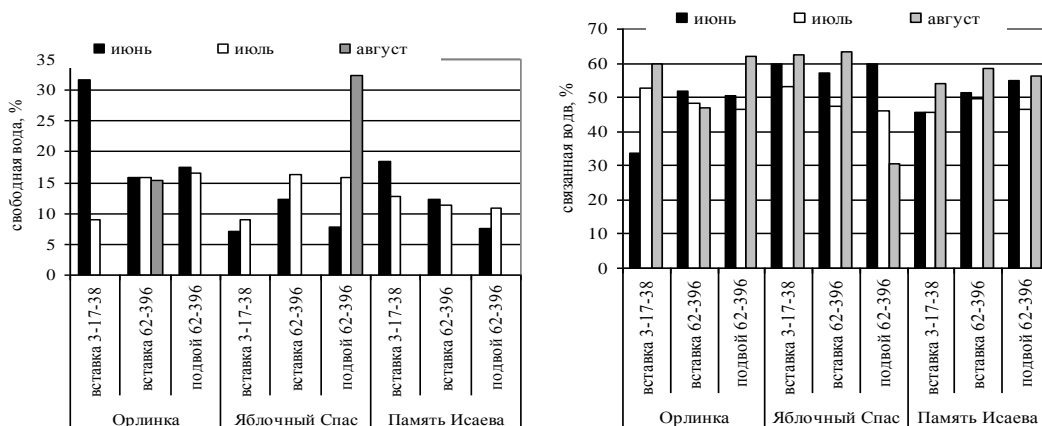


Рисунок 5 – Содержание свободной и связанной воды в листьях сорто-подвойных комбинациях во время вегетации 2015 г.

Выводы

При изучении фракционного состава воды в однолетних побегов сортов яблони селекции ФБГНУ ВНИИСПК (Орлинка, Яблочный Спас, Память Исаева) на различных подвоях в осенне-зимний период 2014/2015 г. исследования показали, что у сортов понижение температуры воздуха ведет к уменьшению свободной воды. Наибольшее содержание связанной воды, чем свободной воды в зимний период обеспечивает высокую устойчивость в тканях однолетних побегов к неблагоприятным зимним условиям. Изучаемые сорто-подвойные комбинации являются зимостойкими.

В летний период 2014 г. и 2015 г. при изучении фракционного состава воды в листьях сортов яблони селекции ФБГНУ ВНИИСПК (Орлинка, Яблочный Спас, Память Исаева) на различных подвоях показало высокую засухоустойчивость при всех неблагоприятных климатических условиях (к засушливому увлажнению и при полной засухе – август 2015 г.).

Литература

1. Агроклиматические ресурсы Орловской и Липецкой областей. Л., 1972. С.118.
2. Баславская С.С., Трубецкова О.М. Практикум по физиологии растений. М.: МГУ, 1964. 328 с.
3. Галашева А.М., Красова Н.Г., Янчук Т.В. Фракционный состав воды в листьях у сортов яблони (Malus Mill) // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2013. №1(18). С. 18-21.
4. Галашева А.М., Павел А.Р. Содержание свободной и связанной воды в листьях сортов яблони на карликовых подвоях // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2016. №40(04). URL: <http://journal.kubansad.ru/pdf/16/04/10.pdf>
5. Гончарова Э.А. Водный статус культурных растений и его диагностики СПб.:ВИР, 2005. 112 с.
6. Грязев В.А. Выращивание саженцев для высокопродуктивных садов / Ставрополь: Кавказский край, 1998. 208 с.
7. Жидехина Т.В. Водоудерживающая способность однолетних приростов у смородины черной в осенне-зимний период // Проблемы агроэкологии и адаптивность сортов в современном садоводстве России: материалы Всерос. науч.-метод. конф. 1-4 июля 2008. Орел: ВНИИСПК, 2008. С.81-86.
8. Жолкевич В.Н., Гусев Н.А., Капля А.В. Водный обмен растений. М.: Наука, 1989. 256 с.
9. Красова Н.Г., Ожерельева З.Е., Голышкина Л.В., Макаркина М.А., Галашева А.М. Зимостойкость сортов яблони. Орел: ВНИИСПК, 2014. 184 с.
10. Красова Н.Г., Голышкина Л.В., Галашева А.М. Использование физиолого-биохимических методов для диагностики зимостойкости яблони. Рекомендации. Орел: ВНИИСПК, 2013. 44 с.
11. Кушниренко М.Д. Физиология водообмена и засухоустойчивости плодовых растений. Кишинев. Штиинца, 1975. С.65-78.
12. Красова Н. Г., Галашева А. М., Ожерельева З. Е., 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. URL: <http://e-koncept.ru/2014/54350.htm>.
13. Павлова Н.Е., Якимова Е. П. Осенне-зимний покой степных растений Забайкалья. Чита: ЗабГГПУ, 2004. С. 7.
14. Панфилова О.В. Оценка адаптивности красной смородины к абиотическим факторам северо-запада Центрально-Черноземного региона: 06.01.05 Селекция и семеноводство: дис. канд. с.-х. наук/Ольга Витальевна Панфилова. Орел, 2014.135 с.
15. Савельев Н.И., Савельева Н.Н., Юшков А.Н. Перспективные иммунные к парше сорта яблони. Мичуринск: ВНИИГиСПР, 2009. 128 с.

16. Сергеева К.А. Физиологические и биохимические основы зимостойкости древесных растений. М.: Наука, 1971. 171 с.
17. Суздальцева В.А. Изучение оводненности листьев, побегов и генеративных почек в годичном цикле развития яблони / Труды Центральной генетической лаборатории им. И.В. Мичурина, 1970. №11.

References

1. Strashny, V.N. (Ed.). (1972). *Agroclimatic resources of Orel and Lipetz region* (p. 118). Leningrad: Gidrometeoizdat. (In Russian).
2. Baslavskaya, S.S., & Trubetskova, O.M. (1964). *Practical works on plant physiology*. Moscow: Moscow State University. (In Russian).
3. Galasheva, A.M., Krasova, N.G., & Yanchuk T.V. (2013). Fractional composition of water in leaves of apple varieties (*Malus Mill*). *Plant varieties studying and protection*, 1, 18-21. (In Russian).
4. Galasheva, A.M., & Pavel, A.R. (2016). The content of free and fixed water in the leaves of apple varieties on dwarf rootstocks. *Fruit-growing and grape-growing of the South of Russia*, 40(4). Retrieved from <http://journal.kubansad.ru/pdf/16/04/10.pdf>. (In Russian, English abstract)
5. Goncharova, E.A. (2005). *Water status of cultural plants and its diagnostics*. Sankt Petersburg: VIR. (In Russian).
6. Gryazev, V.A. (1998). *Seedling growing for highly productive orchards*. Stavropol: Caucasus. (In Russian)
7. Zhidiokhina, T.V. (2008). Water-keeping ability of annual black currant shoots in autumn-winter period. In *Problems of agroecology and adaptability of cultivars in the modern horticulture of Russia. Proc. Sci. Conf.* (pp. 81-86). Orel: VNIISPK. (In Russian).
8. Zholkevich, V.N., Gusev, N.A., & Kaplya, A.V. (1989). *Plant Water Exchange*. Moscow: Nauka. (In Russian)
9. Krasova, N.G., Ozherelieva, Z.E., Golyshkina, L.V., Makarkina, M.A., & Galasheva A.M. (2014). *Winter hardiness of apple cultivars*. Orel: VNIISPK. (In Russian, English abstract).
10. Krasova, N.G., Golyshkina, L.V., & Galasheva A.M. (2013). *The use of physiological and biochemical methods for the diagnostics of apple winter hardiness. Recommendations*. Orel: VNIISPK. (In Russian).
11. Kushnirenko, M.D. (1975). *Physiology of water exchange and drought resistance of fruit plants* (pp. 65-78). Kishinev: Chtiinza. (In Russian).
12. Krasova, N.G., Galasheva, A.M., Ozherelieva, Z.E., Yanchuk, T.V., & Pavel, A.R. (2014). Study of water regime of the cultivar 'Imrus' on low vigorous intercalary rootstocks during vegetation. *Koncept*, 20, 436-440. Retrieved from <http://e-koncept.ru/2014/54350.htm>. (In Russian, English abstract).
13. Pavlova, N.E., & Yakimova, E.P. (2004). *Autumn-winter dormancy of steppe plants of Zabaikalie*. Chita: ZabGGPU. (In Russian).
14. Panfilova, O.V. (2014). *The assessment of red currant adaptivity to abiotic factors in the North-West of the Central Chozem Region. (Agri. Sci. Cand. Thesis)*. Orel State Agrarian University, Orel, Russia. (In Russian).
15. Saveliev, N.I., Savelieva, N.N., & Yushkov, A.N. (2009). *Promising scab immune apple cultivars*. Michurinsk: VNIIGiSPR. (In Russian).
16. Sergeeva, K.A. (1971). *Physiological and biochemical grounds of winter resistance of woody plants*. Moscow: Nauka. (In Russian).
17. Suzdaltzeva, V.A. (1970). Study of water content of leaves, shoots and generative buds in the annual cycle of apple development. In *Proceedings of I.V. Michurin Central Genetic Laboratory*, 11. (In Russian).