

## ВЛИЯНИЕ ПОДКОРМОК НА ИЗМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЛИСТА ЯБЛОНИ ПРИ ДЕЙСТВИИ АБИОТИЧЕСКИХ СТРЕСС-ФАКТОРОВ ЛЕТНЕГО ПЕРИОДА

**Киселева Г.К.**, канд. биол. наук, **Ненько Н.И.**, д-р с.-х. наук,  
**Попова В.П.**, д-р с.-х. наук, **Караваева А.В.**

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства,  
виноградарства, виноделия»  
(Краснодар)*

**Реферат.** Выявлены изменения физиолого-биохимических параметров листа сортов яблони Айдаред и Прикубанское на фоне применения некорневых и корневых подкормок в целях повышения устойчивости растений к повреждающим факторам летнего периода. Показано, что подкормки корректируют физиолого-биохимические процессы в листовых тканях, регулируют изменение площади листовой поверхности в связи с адаптацией к засухе, повышают интенсивность синтетических процессов, увеличивают содержание сухих веществ и пигментов, повышают жаростойкость растений.

**Ключевые слова:** яблоня, некорневые и корневые подкормки, адаптация, пигменты, жаростойкость

**Summary.** Changes in the physiological and biochemical leaf parameters of Idared and Prikubanskoeye apple varieties were revealed against the background of the application of not root and root top dressing in order to increase in plant resistance to damaging factors of the summer period. It has been shown that top dressing corrects a physiological and biochemical processes in leaf tissues, regulates changes in the leaf surface area in connection with adaptation to drought, increases in the intensity of synthetic processes by increasing in the content of dry substances, pigments, and increases in heat resistance of plants.

**Key words:** apple-tree, not-root and root top dressing, adaptation, pigments, heat resistance

**Введение.** В настоящее время, в связи с неблагоприятными тенденциями в изменении глобального и регионального климата, проблема снижения урожайности плодовых культур при воздействии лимитирующих факторов – экстремально повышенных температур и низкой влагообеспеченности летнего периода – особенно актуальна [1, 2]. Усиление негативного влияния внешних факторов обуславливает необходимость разработки агротехнических приемов, повышающих адаптационный потенциал плодовых растений и обеспечивающих их стабильное функционирование даже при действии стрессора. Одним из способов повышения устойчивости плодовых культур к стрессовым факторам летнего периода является использование некорневых и корневых (внутрипочвенных) подкормок [3-5]. Успех в решении задачи повышения стрессоустойчивости в значительной мере будет зависеть от результатов физиолого-биохимических исследований, целью которых является выяснение механизмов влияния подкормок на их устойчивость к стрессам. Получение новых знаний о закономерностях изменения функционального состояния и биохимического состава индикаторных органов плодовых растений под воздействием стрессоров при различных видах внесения удобрений дает возможность разработать эффективные приемы смягчения последствий негативных факторов.

Цель исследований – изучить влияние некорневых и внутрипочвенных подкормок на физиолого-биохимические параметры листа растений яблони и его стрессоустойчивость к повреждающим факторам летнего периода.

**Объекты и методы исследований.** Объектами исследований служили сорта яблони: Айдаред на подвое СК4, схема размещения деревьев 4,5 x 0,9 м; Прикубанское на подвое СК4, схема размещения деревьев 4,0 x 1,2 м. Отбор листьев: июль-август 2019 г. Некорневая подкормка для Айдаред: органическое удобрение на основе отходов креветок и мелассы, расход агрохимиката – 4,5 кг/га, расход рабочего раствора – 800 л/га. Некорневая подкормка для сорта Прикубанское: (действующее вещество – янтарная кислота), расход препарата – 12 мл/10 л, расход рабочего раствора – 10 л/100 м<sup>2</sup>. Корневая подкормка для сорта Прикубанское: минеральное азотно-фосфорно-калийное удобрение с микроэлементами, N:P:K – 23:13:8, расход агрохимиката – 150 кг/га.

Сбор материала для физиолого-биохимических исследований проводился на базе ЗАО ОПХ «Центральное», ФГБНУ СКФНЦСВВ, г. Краснодар. Определение физиолого-биохимических параметров (оводненности листьев, водоудерживающей способности, содержания сухих веществ, пигментов, коэффициента проницаемости клеточных мембран) проводилось согласно методикам [6]. Полученные экспериментальные данные обрабатывали с помощью общепринятых методов вариационной статистики [7].

**Обсуждение результатов.** В период исследований дневные температуры воздуха достигали +34 °С, а температуры почвы на глубине 5 см +27,1 °С при минимальном выпадении атмосферных осадков – 130,3 мм в июле и 37,2 мм в августе. Важнейшими показателями физиологического состояния листа в летний вегетационный период являются параметры водного режима. В засушливый период при внесении некорневых подкормок увеличивалась оводненность и водоудерживающая способность листовых тканей яблони и груши в сравнении с контролем [8].

В наших исследованиях в июле показатели оводненности листовых тканей у сортов Айдаред и Прикубанское в контроле существенно не различались: составляли 59,00 % и 59,63 % соответственно. К концу августа у обоих сортов в контроле оводненность тканей листового аппарата снижалась, причем в большей степени (на 5,27 %) у сорта Прикубанское, у сорта Айдаред – на 2,11 % (рис. 1).

На фоне применения удобрений оводненность у изучаемых сортов яблони в течение лета изменялась по-разному, но в целом у обоих сортов она незначительно снижалась в сравнении с контролем. У сорта Айдаред оводненность снижалась в середине августа на 3,06 %; в конце августа – на 0,08 %. Следовательно, сорт Айдаред более отзывчив на некорневые подкормки в середине августа.

Некорневые подкормки у сорта Прикубанское снижали оводненность листовых тканей в середине августа на 3,06 %; в конце августа – повышали на 2,4 %. Корневые подкормки у этого сорта вызывали снижение оводненности листьев, за исключением середины августа, когда оводненность повысилась на 2,2 %.

Итак, значительных различий по оводненности листа у изучаемых сортов яблони в контроле и при использовании некорневого питания не выявлено. Установлено, что подкормки незначительно изменяли оводненность тканей листового аппарата (до 3,06 %) в большинстве случаев в сторону ее уменьшения, усиливая образование сухих веществ.

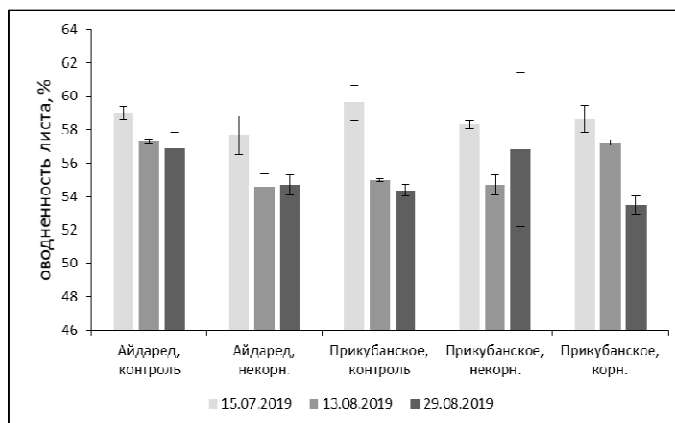


Рис. 1. Оводненность тканей листа в летний вегетационный период 2019 г.  
 НСР<sub>0,5</sub> (Айдаред): 15.07.19 – 1,56; 13.08.19 – 3,19; 29.08.19 – 2,59;  
 НСР<sub>0,5</sub> (Прикубанское): 15.07.19 – 1,15; 13.08.19 – 1,87; 29.08.19 – 2,36

Потери воды после 2-х часового завядания, характеризующие водоудерживающую способность листа у изучаемых растений в июле составляли 17,61-20,7 % в зависимости от сорта и вида подкормок (табл. 1).

Таблица 1 – Показатели водного режима листового аппарата яблони в летний вегетационный период 2019 г.

Сорт, обработка	Количество водопотерь, %			Сухое вещество, %		
	15.07.19	13.08.19	29.08.19	15.07.19	13.08.19	29.08.19
Айдаред, контроль	18,06±2,31	50,98±3,08	41,33±3,87	41,00±0,36	42,67±0,14	43,10±0,95
Айдаред, некорневая	17,61±3,81	53,22±1,37	31,79±4,61	42,33±1,17	45,39±0,76	45,31±0,63
НСР <sub>0,5</sub>	0,53	2,64	11,25	1,56	3,21	2,61
Прикубанское, контроль	20,01±2,14	49,28±1,81	41,25±6,06	40,37±1,03	45,00±0,08	45,64±0,34
Прикубанское, некорневая	18,71±1,61	45,69±6,61	25,37±9,26	41,67±0,27	45,30±0,61	43,17±4,64
Прикубанское, корневая	20,7±2,38	53,32±6,43	36,17±5,96	41,35±0,80	42,78±0,19	46,51±0,53
НСР <sub>0,5</sub>	1,37	5,2	11,05	0,92	1,87	2,36

Сорт Айдаред в контроле обладал большей водоудерживающей способностью (на 2 %), чем сорт Прикубанское. В августе, в связи с недостатком осадков, водопотери увеличились, в сравнении с июлем, во всех вариантах опыта и достигали 53,32 %. Некорневые подкормки в июле у обоих сортов незначительно уменьшили количество водопотерь: у сорта Айдаред на 0,45 %; у сорта Прикубанское на 1,3 %. Использование подкормок в августе позволило уменьшить количество водопотерь на 9,5-15,8 % в сравнении с контролем.

Снижение оводненности листовых тканей в августе в сравнении с июлем сопровождалось активацией синтетических процессов и накоплением сухих веществ в тканях. Так, в июле содержание сухих веществ в листьях у контрольного сорта и сорта Айдаред составляло 41,00 %, у яблони Прикубанское – 40,37 % (см. табл.1). В течение лета в контрольных вариантах опыта происходило увеличение количества сухих веществ в листовых тканях: на 2,10 % у сорта Айдаред и на 5,27 % у сорта Прикубанское.

Некорневые подкормки увеличили содержание сухого вещества в листовых пластинках у обоих сортов на 1,3 %. Корневые подкормки у сорта Прикубанское увеличили содержание сухого вещества на 0,98 %. Таким образом, некорневое и корневое питание усиливая синтетические процессы в листовом аппарате яблони, увеличивают накопление сухих веществ. Выявлена обратная корреляция между оводненностью листовых тканей и содержанием сухих веществ: чем больше снижалась оводненность тканей листа, тем больше накапливалось в них сухих веществ.

Физиологическое состояние растений наилучшим образом характеризует изменение площади листовой пластинки, являющееся результатом согласованного взаимодействия многочисленных физиолого-биохимических процессов. Площадь листовой пластинки зависит от специфики сорта, гидротермических условий года, минерального питания растений.

В наших исследованиях площадь листовой пластинки в июле у сортов яблони Айдаред и Прикубанское в контроле составляла 52,94 см<sup>2</sup> и 51,33 см<sup>2</sup> соответственно (рис. 2). Подкормки (некорневые и корневые) увеличили площадь листовой пластинки у обоих исследуемых сортов. Так, у сорта Айдаред в июле некорневые подкормки увеличили площадь листа на 18,73 см<sup>2</sup>; у сорта Прикубанское – на 16,67 см<sup>2</sup>. Корневые подкормки увеличили площадь листа у сорта Прикубанское – на 10,17 см<sup>2</sup> в сравнении с контролем.

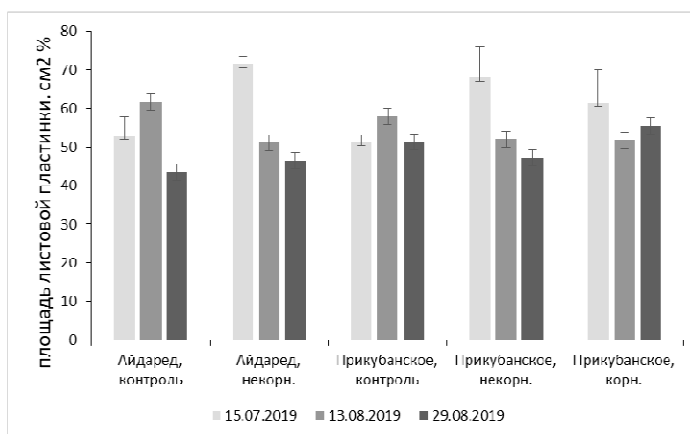


Рис. 2. Площадь листовой пластинки яблони в летний вегетационный период 2019 г.

НСР<sub>0,5</sub> (Айдаред): 15.07.19 – 22,1; 13.08.19 – 12,64; 29.08.19 – 3,54;

НСР<sub>0,5</sub> (Прикубанское): 15.07.19 – 11,44; 13.08.19 – 1,81; 29.08.19 – 5,67

В августе в вариантах некорневых подкормок площадь листовой пластинки у растений яблони уменьшалась в сравнении с июлем на 20,83-25,17 см<sup>2</sup> в зависимости от сорта. В контрольных вариантах изменения не носили столь выраженного характера. Следовательно, подкормки регулировали изменение площади листовой поверхности в сторону ее уменьшения с наступлением засушливого периода, приспособив размеры листа к водообеспеченности. Известно, что уменьшение площади листовой пластинки – проявление защитной реакции растений на недостаточную влагообеспеченность. Показано, что в периоды с недостаточной водообеспеченностью площадь листа снижалась у сортов смородины красной и манго [9, 10].

Используемые листовые подкормки изменяют пигментный состав листьев яблони, увеличивая содержание суммы хлорофиллов (a+b) [11]. В наших исследованиях в июле сумма хлорофиллов (a+b) у изучаемых сортов яблони в контроле

практически не различалась: у сорта Айдаред она составила 4,12 мг/г сухого вещества; у сорта Прикубанское – 4,09 мг/г (табл. 2).

Таблица 2 – Пигментный состав листового аппарата яблони в летний вегетационный период 2019 г.

Сорт, обработка	Сумма хлорофиллов(a+b), мг/г сух в-ва			Каротиноиды, мг/г сух в-ва		
	15.07.19	13.08.19	29.08.19	15.07.19	13.08.19	29.08.19
Айдаред, контроль	4,12±0,09	4,77±0,36	6,65±0,08	1,50±0,09	1,57±0,17	2,18±0,02
Айдаред, некорневая	3,14±0,04	4,87±0,37	5,90±0,29	1,26±0,01	1,73±0,07	1,99±0,02
НСР <sub>0,5</sub>	0,80	0,12	0,88	0,22	0,19	0,22
Прикубанское, контроль	4,09±0,16	4,35±0,10	5,83±0,58	1,62±0,05	1,66±0,06	1,87±0,06
Прикубанское, некорневая	3,36±0,13	4,10±0,38	9,37±0,09	1,40±0,11	1,62±0,10	1,91±0,07
Прикубанское, корневая	4,49±0,16	3,59±0,30	4,51±0,12	1,63±0,07	1,46±0,09	1,75±0,00
НСР <sub>0,5</sub>	0,78	0,52	3,42	0,17	0,14	0,11

В течение лета во всех вариантах опыта наблюдали увеличение содержания суммы хлорофиллов (a+b) в 1,4-1,6 раз, в зависимости от сорта, свидетельствующее об активной адаптации изучаемых сортов к стресс-факторам летнего периода и повышенной их устойчивости. Применение подкормок (некорневых и корневых) не оказало значительного влияния на содержание суммы хлорофиллов (a+b) в листьях. На фоне их применения данный показатель у обоих сортов увеличивался или снижался в 1,1-1,2 раза в сравнении с контролем. Исключением был сорт Прикубанское, у которого в августе на фоне применения некорневых подкормок содержание суммы хлорофиллов (a+b) увеличилось в 1,6 раза в сравнении с контролем.

Изучение динамики изменения суммы хлорофиллов (a+b) в листовых тканях показало, что подкормки увеличивают содержание суммы хлорофиллов (a+b), что свидетельствует о повышенной фотосинтетической активности листового аппарата. Следовательно, подкормки, применяемые в опыте, ускоряют процесс адаптации изучаемых сортов яблони к стресс-факторам летнего периода.

По результатам биохимических исследований пигментного комплекса, у изучаемых сортов яблони выявлены различия по содержанию каротиноидов. Как известно, каротиноиды выполняют защитные функции: защищают хлорофилл от окисления молекулярным кислородом и регулируют степень адаптации растений к высокой интенсивности света. Повышенное количество каротиноидов в неблагоприятных условиях летнего вегетационного периода необходимо для стимулирования адаптивных реакций и снижения последствий общего стресса [12].

В июле содержание каротиноидов в контроле у сортов яблони Айдаред и Прикубанское составляло 1,50 и 1,62 мг/г сухого вещества, соответственно. В течение лета происходило увеличение их содержания в 1,15-1,45 раз. Использование подкормок у обоих сортов увеличивало содержание каротиноидов в течение лета в 1,36-1,57 раз в зависимости от сорта.

Наиболее информативным показателем служит количественное соотношение суммы хлорофиллов и каротиноидов (a+b)/к, отражающее степень приспособленности растений к неблагоприятным факторам среды. В вариантах опыта этот показатель варьировал от 2,40 до 3,12. Самое высокое значение соотношения суммы

хлорофиллов и каротиноидов (a+b)/к отмечено у сорта Прикубанское при использовании некорневых подкормок в августе (4,90), свидетельствующее о высокой адаптационной устойчивости растений этого сорта.

Жаростойкость изучаемых сортов яблони определяли по коэффициенту проницаемости клеточных мембран. Повреждение клеточных мембран, вызванное стрессовым воздействием, ведет к изменению их проницаемости. Проницаемость мембран может быть использована как показатель устойчивости растений в экстремальных условиях. Температурный фактор, приводящий к перегреву листовой поверхности, к усилению количества водопотерь вызывает значительное повышение коэффициента проницаемости клеточных мембран.

В начале июля коэффициент проницаемости клеточных мембран (КП) в листовых тканях яблони в контроле сильно различался у изучаемых сортов. Сорт Прикубанское по этому параметру проявил себя более жароустойчивым, его КП был почти в 2 раза ниже, чем у сорта Айдаред, свидетельствующий о его повышенной жароустойчивости. К концу августа эта разница сохранялась (рис. 3).

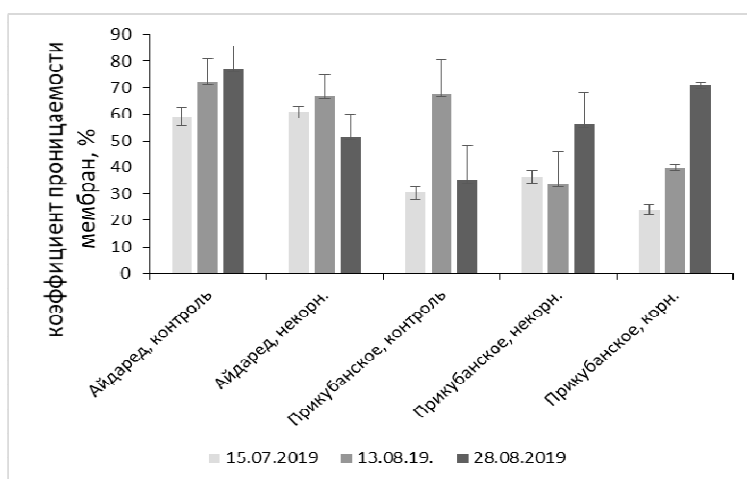


Рис. 3. Коэффициент проницаемости клеточных мембран в летний вегетационный период 2019 г. НСР<sub>0,5</sub> (Айдаред): 15.07.19 – 1,83; 13.08.19 – 0,17; 29.08.19 – 0,38; НСР<sub>0,5</sub> (Прикубанское): 15.07.19 – 0,72; 13.08.19 – 0,23; 29.08.19 – 0,32.

В целом в изучаемый период некорневые и корневые подкормки у обоих изучаемых сортов яблони несколько повысили их жаростойкость. Максимальное воздействие некорневые подкормки оказали на сорт Айдаред в конце августа, уменьшив КП на 25,4 %, на сорт Прикубанское – в середине августа, уменьшив КП на 33,7 % в сравнении с контролем. Корневые подкормки у сорта Прикубанское повысили жаростойкость в июле, уменьшив КП на 12,1 %.

**Выводы.** На основе физиолого-биохимических исследований сделаны предварительные выводы о воздействии некорневого и корневого питания на изменение физиологической активности листа растений яблони Айдаред и Прикубанское.

Выделены наиболее информативные физиолого-биохимические параметры, характеризующие действие удобрений на устойчивость яблони к повреждающим факторам летнего периода. Показано, что подкормки незначительно уменьшают количество водопотерь и оводненность тканей листового аппарата, регулируют изменение площади листовой поверхности в связи с адаптацией к засухе, увеличивают интен-

сивность синтетических процессов в листьях, повышая содержание сухих веществ, суммы хлорофиллов, каротиноидов и жаростойкость листа в сравнении с контролем.

Использование некорневого и корневого питания позволяет активировать обменные процессы в тканях листа, способствуя реализации адаптационных механизмов устойчивости растений. Подкормки корректируют физиолого-биохимические процессы в листовых тканях, устраняют вероятность функциональных нарушений, что позволяет изучаемым сортам яблони поддерживать высокий уровень физиологических процессов при действии стрессовых факторов летнего периода.

### Литература

1. Физиолого-биохимические критерии устойчивости яблони к стрессорам летнего периода / Н.И. Ненько [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. №1. С. 158-168.
2. Адаптационная устойчивость яблони к гидротермическим условиям зимнего и летнего периодов [Электронный ресурс] / Н.И. Ненько [и др.] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2017. № 45(3). С.33-48. <http://journal.kubansad.ru/pdf/15/05/17>
3. Popova V.P., Yaroshenko O.V., Sergeeva N.N. The Effect of foliar feeding on physiological condition of apple trees and chemical content of fruits / *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. –2018. Vol. 12. № 1. P. 634-643. doi:<https://doi.org/10.5219/928>
4. Ненько Н.И., Сергеева Н.Н., Караваева А.В. Влияние листовых подкормок на адаптацию растений яблони к стрессовым факторам летнего периода // Найновите научни постижения: материали VIII междунар. науч.- практ. конф. София: «БялГРАД-БГ» ООД. 2012. С. 14-18.
5. Дорошенко Т.Н., Чумаков С.С., Максимцов Д.В. Особенности некорневого питания плодовых растений при действии температурных стресс-факторов весенне-летнего периода // Плодоводство и ягодоводство России. 2012. Т. 30. С. 22-30.
6. Ненько Н.И., Киселева Г.К. Физиолого-биохимические методы оценки сортов плодовых культур для адаптивной селекции и промышленного возделывания // Современная методология, инструментарий оценки и отбора селекционного материала садовых культур и винограда. Краснодар, ФГБНУ СКФНЦСВВ. 2017. С. 66-78.
7. Волков Ф.А. Методика исследований в садоводстве. М., ВСТИСП. 2005. 94 с.
8. Zargar M., Tumanyan A., Ivanenko E. et al. Impact of foliar fertilization on apple and pear trees in reconciling productivity and alleviation of environmental concerns under arid conditions / *Communicative & Integrative Biology*. 2019. № 12(1). P. 1-9. DOI: 10.1080/19420889.2019.1565252
9. Panfilova O.V., Golyaeva O.D. Physiological features of red currant varieties and selected seedling adaptation to grought and high temperature / *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* 2017. № 52 (5). P. 1056-1064. doi: 10.15389/agrobiology.2017.5.1056eng
10. Zaharah S., Razi I. Growth, stomata aperture, biochemical changes and branch anatomy in mango (*Mangifera indica*) cv. Chokanan in response to root restriction and water stress / *Scientia Horticulturae*. 2009. №123. P. 58-67.
11. Попова В.П., Ярошенко О.В., Сергеева Н.Н. Влияние листовых подкормок на продуктивность и качество плодов яблони в условиях Краснодарского края // Садоводство и виноградарство. 2019. №3. С. 27-33.
12. Nisar N., Li L., Lu S. et al. Carotenoid metabolism in plants. *Molecular Plant*. 2015. V. 8 (1). P. 68-82. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2014.12.007>.