

На правах рукописи

Клемешова Кристина Валерьевна

**АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ АКТИНИДИИ СЛАДКОЙ (*Actinidia
deliciosa* Chevalier) В УСЛОВИЯХ ВЛАЖНЫХ СУБТРОПИКОВ
РОССИИ**

Специальность 03.01.05 – физиология и биохимия растений

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Краснодар – 2012

Работа выполнена в Государственном научном учреждении Всероссийском научно-исследовательском институте цветоводства и субтропических культур Российской академии сельскохозяйственных наук

Научный руководитель: доктор биологических наук, доцент
Белоус Оксана Геннадьевна

Официальные оппоненты: **Ненько Наталия Ивановна**
доктор сельскохозяйственных наук,
ГНУ «Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства» Россельхозакадемии,
заведующая лабораторией физиологии и биохимии растений

Скипина Клавдия Петровна
кандидат биологических наук, доцент
СИ (Филиал) ФГБОУ ВПО «Российский университет дружбы народов», доцент
кафедры физиологии и биохимии растений

Ведущая организация: Государственное научное учреждение
Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства
Российской академии сельскохозяйственных наук

Защита диссертации состоится 26 июня 2012 года в ___ часов на заседании Диссертационного совета Д 220.038.04 при ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет» по адресу: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13; тел./факс: 8 (861) 221-58-85.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет», с авторефератом – на сайтах <http://vak.ed.gov.ru/> и <http://www/kubsau.ru/>

Автореферат разослан « » мая 2012 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

В. Н. Слюсарев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. В последние годы большое распространение в мировом плодоводстве получила актинидия сладкая (*Actinidia deliciosa* Chevalier). Все сорта этого вида объединены под общим названием «киви» (kiwifruit). Сорта *Actinidia deliciosa* относятся к влаголюбивым растениям, весьма требовательны к влажности воздуха и количеству осадков. Связано это с природными условиями регионов Центрального и Западного Китая (центра происхождения культуры), характеризующимися высокой влажностью воздуха в летний период (Витковский, 2003; Грязев, 2005; Титлянов, 1969). Ареал распространения этой культуры в России ограничен высокой требовательностью *A. deliciosa* к температурному режиму: сумма активных температур должна быть не ниже 3600°C и отрицательная температура в зимний период не ниже -15°C (Тарасенко, 1999). В настоящее время, *A. deliciosa* как ценная плодовая культура, сочетающая в себе лечебные, диетические и вкусовые качества, успешно культивируется в условиях Черноморского побережья Краснодарского края, но недостаточное количество площадей, занятых данной культурой, не может обеспечить пищевые потребности населения, что обуславливает актуальность исследований.

Отношение растений *A. deliciosa* к условиям выращивания зависит как от возраста и физиологического состояния самих растений, так и от биологических особенностей сорта. *A. deliciosa* как влаголюбивая культура, нуждается в регулярном поливе, что не всегда возможно осуществить в силу экономических причин, но есть возможность, используя физиолого-биохимическую диагностику, выделить сорта, отличающиеся повышенной засухоустойчивостью.

Однако, лабильность реакций, лежащих в основе адаптивности культуры *A. deliciosa*, коррелятивные связи между стрессорами абиотической природы и физиологическим состоянием растений, позволяющие выделить сорта, отличающиеся повышенной устойчивостью, высокими качественными

показателями и стабильной урожайностью, не изучены.

Работа выполнялась в Государственном научном учреждении Всероссийском научно-исследовательском институте цветоводства и субтропических культур Россельхозакадемии и на базе Адлерской опытной станции ВИР, сельскохозяйственной фирмы «Верлиока» в соответствии с тематическим планом НИР, № государственной регистрации 1022302831154.

Цель исследования. Выделить физиолого-биохимические показатели, характеризующие биологический потенциал культуры, изучить влияние стрессовых факторов абиогенной природы на адаптивный потенциал, продуктивность и качество плодов *A. deliciosa* для разработки методов диагностики функционального состояния растений и выделения наиболее адаптированных сортов.

Задачи исследования:

1. Определить основные лимитирующие факторы вегетационного периода влажных субтропиков России для развития растений *A. deliciosa*.
2. Установить параметры изменения показателей функционального состояния различных сортов культуры *A. deliciosa* при воздействии стрессоров абиогенной природы;
3. Выявить диагностические показатели адаптивности культуры *A. deliciosa* к стрессовым факторам;
4. В динамике изучить физиологические особенности сортов *A. deliciosa* (водный обмен, активность каталазы, содержание фотосинтетических пигментов); оценить влияние абиогенных факторов на биометрические параметры (площадь листовой пластинки, толщину листа); установить биохимические показатели качества плодов (содержание аскорбиновой кислоты, общую кислотность, содержание сахаров и сухого вещества).
5. Разработать рекомендации для диагностики функционального состояния культуры *A. deliciosa*.

Научная новизна. Новизна работы заключается в объединении физиолого-биохимических и биометрических подходов для изучения

особенностей функционального состояния культуры *A. deliciosa*.

Впервые на территории Черноморского побережья Краснодарского края дана характеристика адаптационных возможностей *A. deliciosa*, лежащих в основе приспособления к таким неблагоприятным факторам среды, как недостаточная влажность воздуха и повышенная температура воздуха. Выявлены значимые физиолого-биохимические показатели *A. deliciosa*, отражающие реакцию растений на стрессовые факторы и обеспечивающие механизмы их адаптаций. Выявлены корреляционные зависимости между диагностическими показателями, позволяющие использовать их в качестве экспресс-диагностики функционального состояния растений *A. deliciosa*. Определена экологическая пластичность сортов *A. deliciosa* по коэффициенту линейной регрессии (b_i) через средний квадрат отклонения от линии регрессии (S_i^2). Разработана система диагностических показателей, отражающая функциональное состояние различных сортов *A. deliciosa*.

Практическая значимость работы. Выявлены параметры критериев системы оценки уровня устойчивости растений *A. deliciosa* к условиям произрастания. Установленные закономерности могут быть использованы для подбора сортимента *A. deliciosa* в промышленных насаждениях, в практике зелёного строительства. Результаты исследований могут быть использованы в специализированных учебных курсах по физиологии, экологии и ботанике. Разработаны «Методические рекомендации по диагностике функционального состояния растений актинидии сладкой (*Actinidia deliciosa* Chevalier)».

Положения, выносимые на защиту.

1. Основные абиотические стрессоры влажных субтропиков России и степень их влияния на функциональное состояние растений *A. deliciosa*.
2. Диагностические показатели реакции растений *A. deliciosa* на условия выращивания, характеризующие адаптивный потенциал культуры.
3. Методика диагностики функционального состояния растений *A. deliciosa* в сортовом разрезе.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены на международных научных и научно-практических конференциях: «Декоративное садоводство России: состояние, проблемы, перспективы» (Сочи, 2008); «Научное обеспечение агропромышленного комплекса» (Краснодар, 2008); «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования» (Москва, 2009); «Субтропическое растениеводство и южное садоводство» (Сочи, 2009); «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования» (Пушино, 2011); ежегодных отчетных заседаниях Ученого совета ГНУ ВНИИЦиСК Россельхозакадемии (2007 – 2009 гг.).

Публикации результатов исследований. Основные результаты исследований опубликованы в 14 печатных работах, в том числе три статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, материалов и методов, результатов исследований и их обсуждения, заключения, выводов и приложения. Работа изложена в 3 главах на 119 страницах, проиллюстрирована 34 рисунками и 29 таблицами. Список литературы включает 163 наименования, в том числе 51 на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Степень изученности вопроса. В обзоре литературы рассмотрены вопросы народно-хозяйственного значения и перспективы возделывания *Actinidia deliciosa Chevalier* в условиях влажных субтропиков России; биологические особенности культуры; приводятся также сведения о физиолого-биохимических основах адаптивности растений.

2. Условия, объекты, методы и методики исследований. Исследования были проведены с 2007 по 2009 гг. в насаждениях Адлерской опытной станции ВИР, расположенной на территории г. Сочи (Адлерский район), и в производственных условиях в ООО СКФ «Верлиока» (Лазаревский район г. Сочи). В годы проведения исследований регулярно

отмечались летние засухи, неблагоприятно влияющие на развитие опытных растений. Интенсивные засухи июля – августа совпадали с фазой активного плодоношения и негативно влияли на качественные показатели плодов *A. deliciosa*. Наиболее жаркими месяцами являлись июль и август, с максимальными температурами воздуха выше 30°C (34,5°C в августе 2007 года и 32,7°C в июле 2009 г.). Зимние погодные условия за период исследований очень теплые. Самая низкая температура воздуха (– 4,8°C), зафиксирована в январе 2009 года. Средняя относительная влажность воздуха на побережье в летние месяцы составила около 80 %. Осадков в 2007, 2009 годах выпало выше среднемноголетней нормы (1817,3 и 1723,6 мм, соответственно), только в 2008 году осадки были ниже среднемноголетней нормы 1485 мм (средняя многолетняя норма – 1534 мм).

В насаждениях Адлерской ОС ВИР исследования проводились на женских сортах *A. deliciosa*: Хейворд (контроль), Монти, Эллисон, Бруно, и мужском – Матуа (контроль); в насаждениях ООО СКФ «Верлиока» женский сорт Хейворд. Исследования проводили в соответствии с программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур (1999). Опыт, в насаждениях Адлерской опытной станции, заложен рендомизированным методом в 3-х кратной повторности (в повторности 5 растений). В ООО СКФ «Верлиока» площадь опытного участка составляла 0,7 га, повторность 4-х кратная по 6 – 7 растений в повторности.

Мониторинг погодных условий осуществляли на основании данных суточных температур воздуха и суточного количества осадков Сочинского специализированного центра по гидрометеорологии и мониторингу Черного и Азовского морей, измерение влажностного режима воздуха осуществляли психрометром Ассмана. Освещённость и ФАР определяли люксметром ТКА-ПКМ-02, размещая индикаторную поверхность прибора перпендикулярно солнечным лучам в междурядьях на высоте 1,3 метра от поверхности почвы. Содержание форм воды определяли методом Окунцева – Маринчик (С.С. Баславская, О.М. Трубецкова, 1964), водный дефицит (ВД) – сравнением

содержания воды в отобранных листьях, с количеством ее в этих же листьях, находящихся в состоянии полного насыщения водой (Х.Н. Починок, 1976), водоудерживающую способность растений – модифицированным методом «завядания» (по Арланду) (И.И. Гунар, 1972), активность фермента каталазы – газометрическим методом (по И.И. Гунару) (И.И. Гунар, 1972), содержание фотосинтетических пигментов в экстракте зеленых листьев – методом А.А. Шлыка (1971) с использованием расчетных формул Циглера и Эгле, площадь листовой пластинки – обмером листьев, по классическим методикам; содержание сухих веществ в плодах – высушиванием пробы до постоянной массы при $t = 105^{\circ}\text{C}$, сахаров – по Бертрану (В.Л. Вознесенский и др., 1962), аскорбиновой кислоты (витамин С) – йодометрическим методом (Х.Н. Починок, 1976), общую кислотность – титрованием 0,1 N NaOH (Х.Н. Починок, 1976). Статистическую обработку результатов исследований проводили методами корреляционного анализа по Б.А. Доспехову (1985) и регрессионного анализа по Эберхарту и Расселу (1966), применяя пакет статистических программ Statistic 6.0 и математический пакет программ MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Водный режим культуры *A. deliciosa*. Черноморское побережье Краснодарского края характеризуется неравномерным распределением осадков: выпадением большого количества их в осенне-зимний период и наличием засушливого летнего периода при отсутствии эффективных осадков до 2 месяцев и более, которые наносят значительный ущерб многим растениям этого региона. В период плодоношения водообмен *A. deliciosa* протекает более интенсивно у вегетативных побегов. Исследования показали, что повышенной стабильностью водного режима отличаются листья, расположенные на генеративном побеге и выполняющие функции обеспечения их водой (табл. 1).

Таблица 1 – Показатели водного режима листьев *A. deliciosa* сорта Хейворд в зависимости от расположения, 2007 – 2009 гг.

| Месяц | Водный дефицит листьев, % | | Потеря воды за 12 часов, % | |
|-------------------|---------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|
| | Генеративные побеги | Вегетативные побеги | Генеративные побеги | Вегетативные побеги |
| Май | 7,70±2,23 | 4,93±3,78 | 55,01±5,71 | 40,70±5,80 |
| Июнь | 5,03±4,99 | 19,36±6,52 | 54,00±7,96 | 57,10±8,89 |
| Июль | 13,75±2,82 | 14,65±0,42 | 64,17±1,04 | 36,95±6,36 |
| Август | 15,86±2,26 | 19,03±4,54 | 67,62±0,87 | 63,42±1,21 |
| НСР ₀₅ | 8,25 | 11,03 | 12,31 | 16,25 |

Так, если засуха (июнь – июль) вызывает обезвоживание листьев на вегетативном побеге на 6,32 %, то листья, расположенные на генеративном побеге теряют только 4,01 %. Меньшее снижение оводненности листьев генеративных побегов в условиях засухи сопровождается меньшим возрастанием водного дефицита. В то же время, наибольшей лабильностью водного режима в экстремальных условиях характеризуются листья, находящиеся на вегетативном побеге.

Таким образом, в качестве индикаторного органа при диагностике необходимо использовать листья, расположенные на вегетативном побеге.

Способность растения отвечать на действие стрессоров абиотической природы (засухи) и выживать в условиях водного дефицита зависит от эффективности защитных механизмов растения. В оптимальный по водообеспеченности период водный дефицит листьев у всех сортов составлял от 6 до 13 %. По мере возникновения стрессовой ситуации, колебания водного дефицита, в разной степени, наблюдались у всех сортов. В тоже время, у сорта Эллисон усиление водного дефицита (в 1,2 раза) было менее значительно по сравнению с первоначальным значением. У менее устойчивых сортов дефицит увеличился до 16 – 18 %. Сортные отличия ярко проявляются с наступлением неблагоприятных погодных условий (июль – август), связанных с наступлением засушливого периода (рис. 1).

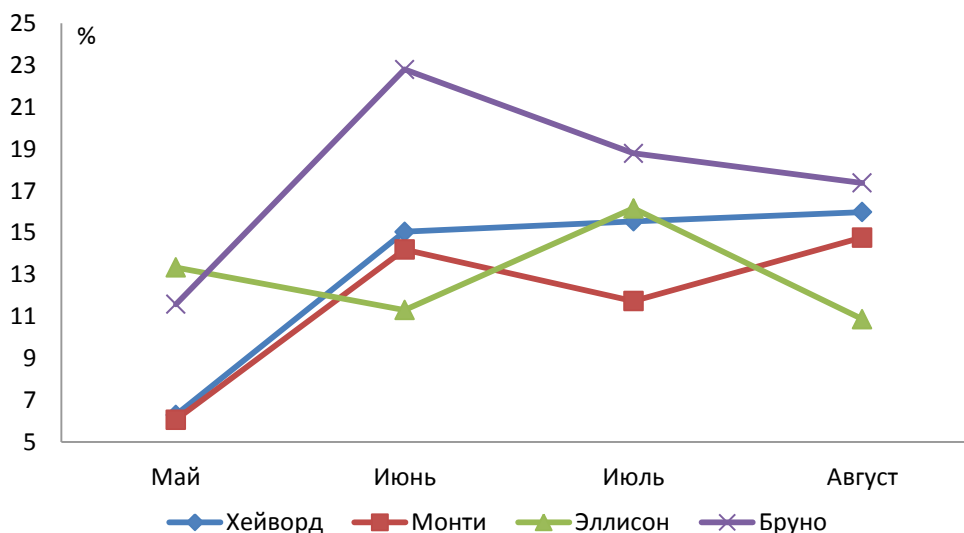


Рисунок 1 – Изменение водного дефицита листьев различных сортов *A. deliciosa*, 2008 – 2009 гг.

Исследования показали, что общее содержание воды в листьях *A. deliciosa* в период вегетации находится в среднем в пределах от 70 до 76 %. Отмечено варьирование водного режима в сортовом разрезе. Наибольшая оводненность тканей в течение периода вегетации отмечена у сорта Хейворд: в оптимальный период (май) – 76,36 %, в напряженный период (июль – август) – 74,10 %; наименьшая оводненность у сорта Бруно 70,03 и 66,93 %, соответственно. По содержанию «связанной» и «свободной» воды выявлены различия между сортами *A. deliciosa*. Максимальное количество «свободной» фракции в благоприятный по водообеспеченности период (июнь) отмечено у контрольного сорта Хейворд – 57,26 %, минимальное у сортов Эллисон и Бруно – 40,76 и 41,40 %, соответственно. Определение форм воды в динамике у контрольного сорта показало, что в течение периода вегетации наблюдалось значительное (в 3,1 раза) снижение содержания «связанной» воды в листьях *A. deliciosa*. Максимальное значение наблюдалось в начале июня в благоприятный по гидротермическим условиям период и составило $63,5 \pm 0,34$ %, минимальное – в конце августа $20,03 \pm 0,70$ %. Этот процесс сопровождался повышением содержания «свободной» воды в листьях *A. deliciosa* в течение вегетационного периода: в июне данный показатель составил $36,5 \pm 0,34$ %, в конце августа – $79,97 \pm 0,70$ %. На основе

экспериментальных данных посчитаны коэффициенты парной корреляции между гидротермическими факторами среды и параметрами, характеризующими водный режим *A. deliciosa* (табл. 2).

Таблица 2 – Коэффициенты парной корреляции (r) между факторами среды и показателями водного режима *A. deliciosa* сорт Хейворд, 2007 – 2009 гг.

| Параметры | Температура воздуха, °С | Освещенность, Лк | ФАР, мкВ/м ² | Влажность воздуха, % |
|---------------------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|----------------------|
| Оводненность, % | -0,88 | 0,95 | 0,83 | 0,69 |
| Водный дефицит, % | 0,88 | -0,86 | -0,92 | 0,93 |
| Водоудерживающая способность, % | 0,61 | -0,97 | -0,95 | – |

Из таблицы 2 следует, что для диагностики функционального состояния культуры можно использовать показатели водного режима. Так как между показателями отмечена тесная корреляция, для полной диагностики функционального состояния культуры можно использовать не их совокупность, а каждый в отдельности. На стабильность водообмена культуры *A. deliciosa* влияние оказывают и условия произрастания (табл. 3).

Таблица 3 – Сравнение параметров водного режима листьев *A. deliciosa* сорта Хейворд контрастных участков, август 2007 – 2008 гг.

| Участки | ВД, % | Водоудерживающая способность, % | Свободная вода, % | Связанная вода, % | Общая вода, % |
|-------------------|-----------|---------------------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| СКФ «Верлиока» | 19,26±4,7 | 55,19±7,9 | 72,92±0,2 | 27,08±0,2 | 66,50±0,2 |
| Адлерская ОС | 12,83±2,0 | 21,81±2,3 | 79,97±0,7 | 20,03±0,7 | 68,61±0,3 |
| НСР ₀₅ | 5,95 | 10,42 | 1,45 | 1,34 | 1,03 |

Так, лучшие условия для выращивания *A. deliciosa* складываются на участке Адлерской опытной станции. Водоудерживающая способность и водный дефицит листьев *A. deliciosa* сорта Хейворд на участке сельскохозяйственной фирмы «Верлиока» значительно (в 2,5 раза и в 1,5 раза, соответственно) выше контрастного варианта, что свидетельствует о влиянии на физиологические особенности растений условий произрастания,

в частности на стабильность водообмена. В этом случае водный режим растений участка Адлерской ОС свидетельствует о том, что стабильные оптимальные условия, способствуют максимальной реализации биологического потенциала растений. Параллельно вместе с исследованиями водного режима плодоносящего (женского) сорта, изучили физиологические характеристики сорта-опылителя (мужского). На фоне практически одинаковой оводненности клеток листьев у сорта Хейворд (женский сорт) и Матуа (мужской сорт) 68,61 и 67,79 % ($НСР_{05} = 0,57$), соответственно, отмечалось различие между перераспределением фракций воды в зависимости от половой принадлежности сорта. Существенные различия между содержанием «свободной» воды в конце вегетационного периода у Матуа 51,83 % и у Хейворд 79,97 % ($НСР_{05} = 1,39$), можно связать с интенсивным ростом плодов у женских сортов. Водоудерживающая способность листьев сорта-опылителя Матуа более чем в 2 раза ниже водоудерживающей способности плодоносящего сорта *A. deliciosa* («потери завядания» у Матуа – 50,28 %, у сорта Хейворд – 21,81 %).

Оценка экологической пластичности и стабильности сортов *A. deliciosa* по показателям водного режима. При оценке пластичности по коэффициенту линейной регрессии (b_i) учитывали достоверность его отклонения от 1, т.е. от среднего по набору женских сортов. По показателю водоудерживающей способности наибольшую реакцию на изменение термических условий среды проявил сорт Монти ($b_i = 2,19$). Слабая отзывчивость на изменяющиеся факторы, связанные с температурой воздуха, отмечена у сортов Эллисон ($b_i = 0,32$) и Бруно ($b_i = 0,44$). Сорт Хейворд более подвержен влиянию всех абиотических факторов, что не является предпочтительным в стрессовых условиях и может привести к ингибированию растений. Высокие коэффициенты линейной регрессии изменения водного дефицита в листьях сорта Монти в ответ на все изучаемые абиотические факторы ($b_i = 2,35; 1,23; 2,29$ и $2,37$) указывают на ценность данного сорта для выращивания в лимитирующих условиях субтропической зоны России.

3.2 Активность каталазы в листьях *A. deliciosa*. Отмечено, что существует корреляционная зависимость между активностью фермента каталазы и температурой, активностью каталазы и освещённостью (табл. 4).

Таблица 4 – Коэффициенты парной корреляции (r) между активностью каталазы сорта Хейворд и абиотическими факторами окружающей среды, 2007 – 2009 гг.

| Коэффициент парной корреляции (r) | Температура воздуха, °С | Освещённость, Лк | ФАР, мкВ/м ² | Влажность воздуха, % |
|--|-------------------------|------------------|-------------------------|----------------------|
| Активность каталазы, млО ₂ /г | -0,83 | 0,68 | 0,66 | -0,59 |

Самая высокая активность каталазы у сорта Хейворд в течение вегетационного периода отмечена в конце мая 171,3±34,0 млО₂/г, наименьшая активность – в конце июля 96,5±1,9 млО₂/г. В июне и августе данный показатель находился в пределах 147,2±5,9 млО₂/г и 125,7±19,6 млО₂/г, соответственно. В данных исследованиях перед нами стояла задача выявления не только влияния климатических факторов, но и наличия сортовых различий в активности фермента каталазы. Установлено, что в благоприятный по водообеспеченности период (май), активность каталазы у сорта Хейворд составляет 203,5±60,2 млО₂/г, у сорта Монти – 139,4±15,0 млО₂/г. Причем, четко проявляется отзывчивость фермента на изменение условий выращивания у наименее устойчивых сортов, о чем свидетельствуют значения коэффициента вариации (табл. 5).

Таблица 5 – Активность каталазы листьев различных сортов *A. deliciosa*, май 2008 – 2009 гг.

| Сорта | $\bar{x} \pm S_x$ | σ^2 | V, % |
|-------------------|-------------------|------------|-------|
| Хейворд | 203,5±60,2 | 1693,76 | 19,41 |
| Монти | 139,4±15,0 | 359,75 | 13,18 |
| Эллисон | 151,5±11,4 | 293,08 | 10,77 |
| Бруно | 148,3±85,3 | 4117,24 | 37,44 |
| НСР ₀₅ | 37,90 | – | – |

Наименьшая активность фермента у сорта Монти говорит об

устойчивости его метаболизма и, в целом, о наличии адаптивных механизмов, позволяющих поддерживать ферментативную активность на постоянном уровне.

3.3 Характеристика пигментного аппарата культуры *A. deliciosa*.

Установлен динамичный характер накопления хлорофиллов (a + b) и каротиноидов, четко реагирующий на изменения гидротермических условий произрастания. Так в целом по культуре, в листьях *A. deliciosa*, в течение вегетационного периода происходит значительное накопление зеленых фотосинтетических пигментов, при этом, наибольшее содержание хлорофиллов достигается в августе – 2,026 мг/г. Усиленное накопление каротиноидов отмечено также в августе (0,982 мг/г), что связано с наступлением засушливого периода (рис. 2).

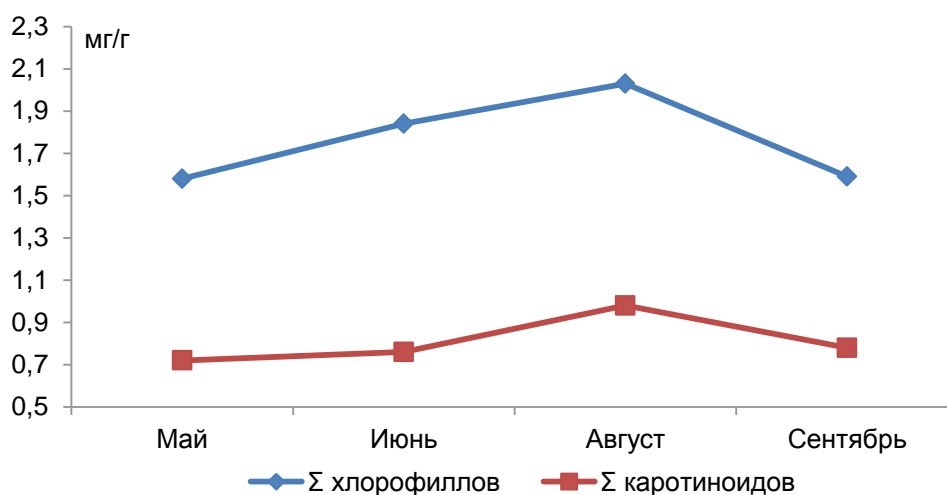


Рисунок 2 – Динамика накопления фотосинтетических пигментов листьями *A. deliciosa* различных сортов, 2007 – 2009 гг.

В содержании и динамике накопления пигментов проявляются сортовые отличия. Несмотря на то, что выявленные закономерности изменения содержания фотосинтетических пигментов проявляются у всех исследуемых сортов *A. deliciosa*, устойчивые сорта характеризуются меньшей лабильностью хлорофиллов и большим накоплением каротиноидов.

Основным фотосинтезирующим пигментом в листьях *A. deliciosa* является хлорофилл а, его количество в благоприятный по гидротермическим условиям период (июнь) колеблется в пределах от $0,738 \pm 0,16$ мг/г у сорта

Монти до $1,236 \pm 0,14$ мг/г (сорт Эллисон), и различия существенны ($НСР_{05} = 0,14$). Содержание хлорофилла b, свидетельствующее об уровне приспособленности растений к низкой освещенности, в среднем по сортам составляет $0,679$ мг/г. При этом, наибольшее содержание хлорофилла b отмечено у сортов Хейворд ($0,843 \pm 0,05$ мг/г) и Эллисон ($0,732 \pm 0,06$ мг/г), что существенно превышает количество этой пигментной группы у остальных сортов ($НСР_{05} = 0,07$). Как известно, повышенное содержание хлорофилла b в растениях предпочтительно для фотосинтезирующей деятельности, особенно в загущенных посадках. По соотношению хлорофиллов можно сделать вывод, что наиболее светолюбивым сортом *A. deliciosa* является Монти, у которого отношение a/b существенно превышает остальные сорта и составляет $1,862 \pm 0,13$ мг/г ($НСР_{05} = 0,27$); наиболее теневыносливым – сорт Хейворд ($1,436 \pm 0,16$ мг/г). Минимальное значение отношения суммы хлорофиллов к каротиноидам (в оптимальный по гидротермическим условиям период – июнь) наблюдается у сорта Монти, составляя $1,913 \pm 0,18$ мг/г, а максимальное у сорта Эллисон ($2,072 \pm 0,06$ мг/г). Причем, различия данного параметра у сорта Монти по сравнению с контролем близки к существенным ($НСР_{05} = 0,12$). Установлено, что на содержание основных фотосинтетических пигментов оказывает влияние половая принадлежность сорта. Наибольшее содержание хлорофиллов (a + b) и каротиноидов отмечено у сорта Матуа и составляет $1,964 \pm 0,14$ мг/г и $0,499 \pm 0,02$ мг/г, соответственно. Отношение суммы хлорофиллов к каротиноидам больше у сорта Хейворд – $3,976 \pm 0,21$, у сорта Матуа данный показатель составляет $3,934 \pm 0,16$ ($НСР_{05} = 0,42$). Сорт-опылитель Матуа является менее теневыносливым по отношению к плодоносящему сорту Хейворд, и менее устойчивым к неблагоприятным условиям среды. На состояние пигментной системы оказывают влияние и условия произрастания. В листьях *A. deliciosa*, произрастающих на участке Адлерской опытной станции, отмечено большее содержание хлорофиллов и каротиноидов, свидетельствующее о более активном метаболизме. В то время как растения на участке СКФ «Верлиока»

находились в более стрессовых условиях, что вызвало ингибирование метаболических процессов. Отмечена низкая способность к сопротивлению стрессорам, что подтверждается малым синтезом каротиноидов по отношению к растениям контрастного участка (табл. 6).

Таблица 6 – Характеристика пигментного аппарата листьев *A. deliciosa* сорта Хейворд на различных участках в оптимальный период вегетации (июнь), 2007 – 2008 гг.

| Участки | Σ хлор., мг/г | Σ карот., мг/г | Ca/Cb | Σ хлор./ Σ карот. |
|-------------------|----------------------|-----------------------|------------|---------------------------------|
| СКФ «Верлиока» | 1,570±0,22 | 0,816±0,10 | 1,659±0,12 | 1,923±0,03 |
| Адлерская ОС | 2,051±0,13 | 1,007±0,04 | 1,436±0,16 | 2,036±0,09 |
| НСР ₀₅ | 0,21 | 0,09 | 0,17 | 0,08 |

Корреляционный анализ между содержанием фотосинтетических пигментов и гидротермическими условиями в изучаемые годы показал, что параметры фотосинтетического аппарата находятся в тесной зависимости с факторами окружающей среды (r лежит в пределах 0,4 – 0,9). Установлена тесная положительная корреляция между содержанием фотосинтетических пигментов (как хлорофиллов, так и каротиноидов) и освещённостью ($r = 0,98 - 0,99$). В отношении температурного фактора отмечена тесная корреляция с количеством всех групп фотосинтетических пигментов ($r = 0,77 - 0,79$) и отрицательная – между отношением суммы хлорофиллов к каротиноидам ($r = -0,99$).

3.4 Биометрические характеристики листьев *A. deliciosa*.

Биометрические характеристики листьев *A. deliciosa* определяли в 2007 – 2008 гг. Наиболее экстремальные погодные условия сложились в 2007 году. Установлено, что основное нарастание площади листовой пластинки происходит с первой декады мая ($9,26 \pm 3,6 \text{ см}^2$) по первую декаду июня ($159,85 \pm 2,3 \text{ см}^2$), со второй декады июня отмечается торможение формирования листа. Начало вегетации характеризуется активными ростовыми процессами, максимально интенсивно данный процесс протекает во второй – третьей декадах мая (за 10 дней площадь листовой пластинки

увеличилась с 27,95 до 141,23 см²). Однако повышение массовой доли сухого вещества в листьях *A. deliciosa* не прекращалось с окончанием роста листовой пластинки, а продолжалось вплоть до листопада (рис. 3).

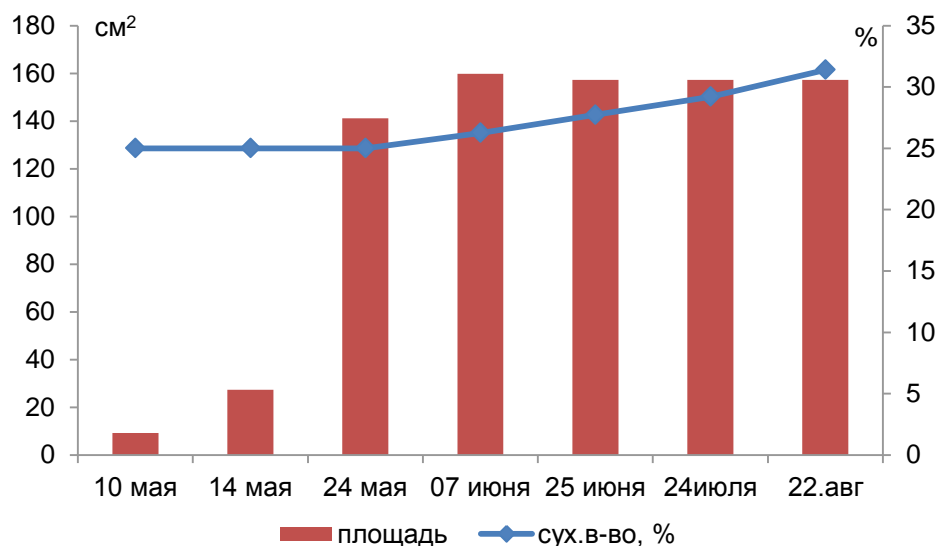


Рисунок 3 – Ростовые процессы и динамика накопления сухого вещества в листьях *A. deliciosa* сорта Хейворд, вегетация 2007 г.

Так, с 24 мая по 22 августа количество сухого вещества значительно увеличилось с 25,00 до 31,39 %, а площадь листовой пластинки увеличилась незначительно (с 141,23 до 157,30 см²). Накопление сухого вещества происходит в ходе фотосинтетических процессов, что требует большого количества свободной фракции воды в тканях листа и доказывает необходимость повышения свободной фракции к августу.

Ростовые процессы у мужского (Матуа) и женского (Хейворд) сортов в начале вегетационного периода протекают практически равномерно (площадь листовой пластинки в первой декаде мая у сорта Матуа составила 13,71±7,4 см², у сорта Хейворд – 10,74±4,9 см²), в дальнейшем после торможения ростовых процессов (вторая декада июня) проявляются существенные различия между сортами (Матуа – 100,22±37,2 см², Хейворд – 137,83±30,7 см² (НСР₀₅ = 35,17)). Площадь листовых пластинок женских растений, в среднем составляет 140,5±32,5 см², мужских растений – 104,5±36,8 см². Корреляционный анализ показал наличие зависимости между гидротермическими условиями и биометрическими характеристиками листа:

выявлена средняя отрицательная зависимость между ФАР и площадью листовой пластинки ($r = -0,77$), и наметились тенденции отрицательной зависимости между площадью листа и освещённостью ($r = -0,55$), и положительной зависимости от относительной влажности воздуха ($r = 0,50$).

3.5 Качественные показатели плодов *A. deliciosa*. Установлены отличия между соответствующими биохимическими показателями у объектов, расположенных в различных почвенно-климатических условиях. В плодах растений *A. deliciosa*, расположенных в Адлерской опытной станции, практически все показатели (содержание сахаров, общая кислотность и содержание сухого вещества) несколько выше. Однако плоды, выращенные в условиях Лазаревского района, по содержанию аскорбиновой кислоты более чем в 1,5 раза превышают показатели плодов Адлерского района (табл. 7).

Таблица 7 – Биохимический состав плодов *A. deliciosa* сорта Хейворд, выращенных в различных экологических условиях, 2007 – 2008 гг.

| Участок | Сухое вещество, % | Сумма сахаров, % | Витамин С, мг/% | Общая кислотность, % |
|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|----------------------|
| СКФ «Верлиока» | 11,25±1,00 | 7,29±1,41 | 78,64±14,49 | 3,18±0,91 |
| Адлерская ОС | 14,50±0,71 | 8,98±0,34 | 45,52±1,33 | 4,21±0,02 |
| НСП ₀₅ | 2,27 | 2,33 | 18,37 | 1,16 |

Плоды *A. deliciosa* имеют агротехнические преимущества перед другими субтропическими культурами – сбор плодов можно проводить поздней осенью, а сами плоды довольно долго хранятся даже при отсутствии специальных условий. Так, в 2008 году сложившиеся погодные условия позволили провести сбор плодов *A. deliciosa* в СКФ «Верлиока» в декабре (последняя декада ноября характеризовалась относительно высокими по сравнению со средними многолетними показателями температуры и отсутствием осадков), после сбора плоды подверглись дозреванию в течение трёх недель. В период дозревания в плодах *A. deliciosa* идет процесс активного накопления сахаров (содержание сахаров увеличилось в 1,4 раза) и незначительного накопления сухих веществ; общая кислотность плодов и

содержание аскорбиновой кислоты – уменьшается (табл. 8).

Таблица 8 – Динамика изменения биохимических показателей в процессе хранения плодов *A. deliciosa* сорта Хейворд, 2007 – 2008 гг.

| Дата | Сухое вещество, % | Сумма сахаров, % | Витамин С, мг/% | Общая кислотность, % |
|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|----------------------|
| 2007 | | | | |
| 16 ноября | 13,00±1,04 | 7,44±0,18 | 83,60±7,72 | 3,93±0,04 |
| 4 декабря | 13,50±0,57 | 8,44±0,37 | 74,71±5,60 | 3,82±0,02 |
| НСР ₀₅ | 1,91 | 0,50 | 28,99 | 0,05 |
| 2008 | | | | |
| 2 декабря | 12,75±0,35 | 5,72±1,14 | 94,69±0,50 | 2,60±0,01 |
| 28 декабря | 13,75±0,35 | 7,72±0,08 | 66,53±0,00 | 2,53±0,07 |
| НСР ₀₅ | 1,52 | 3,47 | 18,37 | 0,22 |

3.6 Шкала для сравнительной оценки устойчивости сортов *A. deliciosa*. По результатам исследований составлена шкала физиологических параметров листьев для сравнительной оценки функционального состояния растений *A. deliciosa*, как в благоприятных, так и неблагоприятных гидротермических условиях. При оценке сортов на устойчивость в оптимальный период вегетации (май – июнь) следует пользоваться следующим. Листья устойчивых сортов, произрастающих в благоприятных условиях, содержат воды 70 – 80 %; «потери завядания» у них не превышают 25 %; водный дефицит не поднимается более 9 %. У растений средней степени устойчивости оводненность составляет 60 – 70 %, «потери завядания» – не более 35 % и параметры водного дефицита не поднимаются выше 15 %. Образцы, содержание воды в которых составляет менее 60 %, потеря воды за 12 часов составляет более 40 % и водный дефицит выше 10 %, являются неустойчивыми. При наступлении стрессового периода (июль – август), у наиболее устойчивых сортов *A. deliciosa* снижение оводненности не превышает 5 %; водный дефицит не поднимается выше 6 % и значительно увеличивается содержание каротиноидов – на 25 – 30 %. У слабо устойчивых сортов снижение содержания воды составляет 5 – 8 %; возрастание водного дефицита – 7 – 9 % и изменение каротиноидов – не более 25 %. У

неустойчивых сортов показатели водного режима изменяются более кардинально: снижение оводненности и возрастание водного дефицита составляет более 10 %; при практически, неизменном количестве каротиноидов – менее 20 % (табл. 9).

Таблица 9 – Шкала изменения физиологических параметров листьев для сравнительной оценки устойчивости сортов *A. deliciosa*

| Условия оценки | Параметры | Степень устойчивости | | |
|---------------------------|---------------------------------------|----------------------|---------|---------|
| | | высокая | средняя | низкая |
| Оптимальные условия | Оводненность листьев, % | 70 – 80 | 60 – 70 | < 60 |
| | Потеря воды за 12 часов, % | 20 – 25 | 25 – 35 | > 40 |
| | Водный дефицит, % | 6 – 9 | 10 – 15 | > 15 |
| | Содержание каротиноидов, мг/г | ~ 0,700 | ~ 0,700 | ~ 0,700 |
| В период или после засухи | Снижение оводненности, % | 3 – 5 | 5 – 8 | > 10 |
| | Возрастание водного дефицита, % | 2 – 6 | 7 – 9 | > 11 |
| | Увеличение количества каротиноидов, % | 25 – 30 | 20 – 25 | < 20 |

Из исследованных нами сортов наиболее устойчивым в зоне влажных субтропиков России является сорт Монти, неустойчивым – Хейворд. При этом необходимо учитывать разные сроки созревания плодов, что значительно влияет на устойчивость сорта. Именно из-за разного срока созревания плодов у исследуемых сортов при попадании их в одинаковые по фенодатам стрессовые условия, растения, имеющие плоды хорошего товарного качества, оказываются в условиях влажных субтропиков России менее устойчивыми, следовательно, более затратными при создании для них благоприятных условий выращивания (например, полива).

Выводы

1. Установлены общие закономерности для листьев *A. deliciosa*:
 - общая оводненность в пределах 70 – 76 %, с наступлением периода засухи незначительно снижается до 66,93 %;
 - водный дефицит в пределах от 6 до 13 %;
 - фермент каталаза достигает максимума в мае (176,7 млО₂/г), минимума в последней декаде июля (96,5 млО₂/г);
 - сумма хлорофиллов достигает максимума в августе (2,026 мг/г); усиленное накопление каротиноидов отмечено также в августе (0,982 мг/г).
2. Выявлены достоверные отличия между биохимическими показателями плодов *A. deliciosa* сорта Хейворд (содержание витамина С), выращенных в различных экологических условиях. Плоды *A. deliciosa* в условиях влажных субтропиков России подлежат обязательному дозреванию в процессе послеуборочного хранения; в период дозревания в плодах *A. deliciosa* идет процесс активного накопления сахаров и уменьшения содержания аскорбиновой кислоты.
3. Установлены различия между физиологическими параметрами мужского сорта Матуа и женского сорта Хейворд *A. deliciosa*. Сорт Матуа характеризуется содержанием «свободной» воды 51,83 % (сорт Хейворд – 79,97 %); «потерями завядания» 50,28 % (сорт Хейворд – 21,81 %); меньшей теневыносливостью и меньшей устойчивостью к неблагоприятным условиям среды. Проявляются существенные различия между сортами после замедления ростовых процессов (Матуа – 100,22 см², Хейворд – 137,83 см²). Площадь листовых пластинок женских растений в среднем в 1,5 раза превышает площадь листьев мужских растений.
4. По коэффициентам парной корреляции отобраны основные физиологические показатели для диагностики функционального состояния культуры *A. deliciosa*: активность фермента каталазы ($r = -0,83$); содержание каротиноидов (r в пределах 0,79 – 0,98), соотношение фотосинтетических

пигментов ($r = -0,99$); водный дефицит ($r = -0,86 \dots -0,92$), водоудерживающая способность ($r = -0,95 \dots -0,97$).

5. Оценка экологической пластичности и стабильности основных физиологических показателей водного статуса сортов *A. deliciosa* показала, что значительную нестабильную реакцию на изменение агроклиматических условий проявляют сорта Эллисон и Бруно, в то время как наиболее стабильным сортом является Монти.
6. Перспективным сортом для выращивания в условиях района Большого Сочи является сорт Монти, характеризующийся в оптимальный период вегетации содержанием воды в тканях листьев 76,34 %, водным дефицитом не более 7 %; наименьшим соотношением фотосинтетических пигментов (1,913 мг/г).
7. Разработана шкала изменения физиологических параметров листьев *A. deliciosa* для сравнительной оценки устойчивости сортов.

Рекомендации

Для комплексной диагностики состояния растений *A. deliciosa* в условиях влажных субтропиков России следует использовать следующие показатели: водный дефицит, водоудерживающую способность, активность фермента каталазы, содержание каротиноидов и отношение суммы хлорофиллов к сумме каротиноидов. В качестве индикаторного органа при диагностике состояния культуры следует использовать листья, находящиеся на вегетативном побеге.

Определение физиолого-биохимических и биометрических показателей для диагностики культуры необходимо проводить в динамике в течение всего вегетационного периода. При подборе сортимента *A. deliciosa* в промышленных насаждениях следует учитывать, что наиболее устойчивым сортом в зоне влажных субтропиков России является среднеспелый сорт *A. deliciosa* Монти, неустойчивым – позднеспелый сорт Хейворд.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

В изданиях, рекомендуемых ВАК:

1. Клемешова К.В. Водообеспеченность растений актинидии сладкой (*Actinidia deliciosa* Chevalier) в условиях субтропиков России / К.В. Клемешова, О.Г. Белоус// Вестник РАСХН. – 2009. – № 6. – С. 55–56.
2. Клемешова К.В. Актинидии в Сочи / К.В. Клемешова// Цветоводство. – 2010. – № 5. – С. 16–17.
3. Клемешова К.В. Диагностика функционального состояния растений актинидии сладкой (*Actinidia deliciosa* Chevalier) / К.В. Клемешова, О.Г. Белоус// Вестник РАСХН. – 2011. – № 4. – С. 21–23.

В прочих изданиях:

4. Клемешова К.В. Изучение биологического потенциала киви в условиях субтропиков России / К.В. Клемешова// Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. (Материалы VII международного симпозиума). – Москва-Пушино, 2007. – Т. II. – С. 192–195.
5. Клемешова К.В. Влияние стресс-факторов на водный режим актинидии сладкой в условиях субтропиков России / К.В. Клемешова// Научное обеспечение агропромышленного комплекса. (Материалы I Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых). – Краснодар, 2007. – С. 122–124.
6. Клемешова К.В. Биохимический анализ плодов актинидии сладкой / К.В. Клемешова// Актуальные проблемы современных аграрных технологий. (Материалы III Всероссийской научной конференции студентов и молодых ученых с международным участием). – Астрахань, 2008. – С. 76–77.
7. Клемешова К.В. Использование рода Актинидия в декоративном садоводстве / К.В. Клемешова// Декоративное садоводство России. – Сочи, 2008. – Вып. 41. – С. 390–394.
8. Клемешова К.В. Динамика активности фермента каталазы в листьях

- актинидии сладкой / К.В. Клемешова// Научное обеспечение агропромышленного комплекса. (Материалы II Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых). – Краснодар, 2008. – С. 159–160.
9. Клемешова К.В. Эколого-физиологические особенности сортов вида актинидия сладкая в субтропиках России / К.В. Клемешова// Ботанические сады в 21 веке: сохранение биоразнообразия, стратегия развития и инновационные решения. (Материалы международной научно-практической конференции). – Белгород, 2009. – С. 243–244.
10. Клемешова К.В. Влияние гидротермических условий на активность фермента каталазы в листьях актинидии сладкой / К.В. Клемешова// Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. (Материалы VIII международного симпозиума). – Москва, 2009. – Т. III. – С. 103–104.
11. Клемешова К.В. Биохимическая оценка плодов киви / К.В. Клемешова// Субтропическое и южное садоводство России. – Сочи, 2009. – С. 374–377.
12. Клемешова К.В. Физиологические особенности сортов актинидии сладкой в условиях субтропиков России / К.В. Клемешова, О.Г. Белоус// – Грузия, 2010. – С. 113–115.
13. Клемешова К.В. Пигментный аппарат растений актинидии сладкой в условиях субтропиков России / К.В. Клемешова, О.Г. Белоус// Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. (Материалы IX международного симпозиума). – Москва-Пушино, 2011. – Т. II. – С. 71–73.
14. Клемешова К.В. Сортная диагностика функционального состояния растений актинидии сладкой (*Actinidia deliciosa* Chevalier) / К.В. Клемешова, О.Г. Белоус// Физиология растений – фундаментальная основа экологии и инновационных биотехнологий. (Материалы конференции VII съезда ОФР). – Нижний-Новгород, 2011. – С. 339–340.