

УДК 581.1 : 581.5 : 577.3

*М.К. Скрипникова, к.с.-х.н.*

*А.М. Чиркин, аспирант*

*Е.В. Скрипникова, к.с.-х.н.*

ФГБОУ ВПО «Мичуринский государственный аграрный университет», г. Мичуринск, Россия, elena.sk@mail.ru

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ МЕДЛЕННОЙ ИНДУКЦИИ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ХЛОРОФИЛЛА ДЛЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХОЛОДОСТОЙКОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР

### Аннотация

Метод оценки медленной индукции флуоресценции хлорофилла демонстрирует быструю реакцию фотосинтетического аппарата на действие факторов среды, в том числе – на низкие положительные температуры. В результате его применения установлено, что фотосинтетический аппарат сливы, груши и яблони устойчив к действию низких положительных температур. Более чувствительны к действию холода листья сливы. Степень чувствительности зависит от периода вегетации. В середине вегетации чувствительность выше. У листьев яблони в середине вегетации отмечены сортовые различия в реакции на действие холода.

**Ключевые слова:** медленная индукция флуоресценции хлорофилла, фотосистема II.

*M.K. Skripnikova, candidate of agricultural sciences*

*A.M. Chirkin, postgraduate*

*E.V. Skripnikova, candidate of agricultural sciences*

FSBEI of HPE Michurinsk State Agrarian University, Michurinks, Russia, elena.sk@mail.ru

## USE OF A METHOD OF AN ASSESSMENT OF A SLOW INDUCTION OF CHLOROPHYLL FLUORESCENCE FOR CHARACTERISTICS OF COLD CONSTANCY OF SEPARATE FRUIT CROPS

### Abstract

The method of an assessment of a slow induction of chlorophyll fluorescence demonstrates the a rapid response of the photosynthetic apparatus to the effect of the environmental factors, including low positive temperatures. As a result of its application it has been established that the photosynthetic apparatus of plum, pear, and apple is steady against the effect of low positive temperatures. Plum leaves are more sensitive to cold action. A degree of sensitivity depends on the vegetation period. In the middle of the vegetation the sensitivity is higher. At apple-tree leaves in the middle of vegetation the varietal distinctions in the reaction to the cold action have been noted.

**Key words:** slow induction of chlorophyll fluorescence, photo system II.

Для выявления влияния факторов среды на растения необходимы методы быстрого и надёжного контроля состояния биологической системы после какого-либо воздействия. Одним из таких методов является метод оценки медленной индукции флуоресценции хлорофилла. Медленная индукция флуоресценции хлорофилла (МИФ) заключается в изменении интенсивности флуоресценции от максимального уровня до стационарного значения. Подавляющая часть флуоресценции в нормальных условиях обусловлена хлорофиллом *a* фотосистемы II (ФС II). В связи с тем, что флуоресценция и первичные реакции фотосинтеза рассматриваются как конкурирующие процессы, МИФ часто интерпретируют как показатель эффективного функционирования реакционного центра ФС II (Корнеев, 2002).

Мы рассмотрели возможность использования данного метода для характеристики холодостойкости фотосинтетического аппарата некоторых плодовых культур: яблони, груши, сливы.

Плодовые и ягодные породы средней полосы России относятся к достаточно холодостойким культурам. В то же время, в литературе есть сведения, что их растения после длительного воздействия низких положительных температур снижают содержание зеленых пигментов в листьях и хлорофиллоносных клетках коры, имеют нарушения прочности связи пигментов с белково-липидным комплексом. Это было отмечено даже у чёрной смородины, при этом установлено, что отрицательные проявления холода у этой культуры в меньшей степени выражены у растений северных сортов (Кушниренко, 1981).

Поскольку в основе формирования энергетического потенциала растений лежит фотосинтез, его реакция на напряженность какого-либо воздействия может рассматриваться как важнейшая характеристика устойчивости растения к данному фактору. Касается это и низких положительных температур.

Целью наших исследований было изучение влияния низких положительных температур на отдельные фотосинтетические показатели листьев плодовых культур, традиционно возделываемых в ЦЧЗ садоводства.

В качестве показателя влияния низких положительных температур на фотосинтетическую деятельность листьев наряду с другими критериями рассматривали медленную индукцию флуоресценции хлорофилла (МИФ).

Для оценки медленной индукции флуоресценции хлорофилла используют различные регистраторы. Мы определяли медленную индукцию флуоресценции хлорофилла с помощью хлорофилл-флуориметра LPT-4CV-05020, обеспеченного компьютерной программой

регистрации и обработки характеристик кривой Каутского (Будаговская, 2006).

Для получения средних значений МИФ по каждому варианту опыта анализировали по 20 листьев каждого сорта, взятых с учётом правила единообразия факторов (отбирали средние листья побегов продолжения с южной стороны кроны в средней её части). Листья снимали в 3 срока: начале июня, конце июля и в конце сентября 2012 года. Оценку МИФ проводили после 1 часа нахождения листьев в темноте при комнатной температуре (контроль) и при +4°C в холодильнике (опыт). Обработку результатов опыта проводили методом дисперсионного анализа с использованием программы «Статистика».

Влияние низких положительных температур на фотосинтетический аппарат листьев оценивали у сортов груши: Августовская роса, Кармен, Москвичка, Память Яковлева; яблони: Антоновка обыкновенная, Вишнёвое, Лигол, Мелба, Мечта, Превосходное, Северный синап; сливы: Ника, Ренклюд Мичуринский, Этюд.

В результате проведенных исследований было установлено, что гибель фотосинтетического аппарата у сортов ведущих плодовых культур после часового нахождения листьев при +4°C не происходит. На все даты измерений фотосинтетическая активность ФС II, выраженная показателем «коэффициент фотосинтетической активности» ( $Kf_n$ ), после кратковременного воздействия низких положительных температур, практически, не менялась, о чем свидетельствует отсутствие различий в величинах этого коэффициента в разных вариантах опыта.

Однако холод вызывал у всех пород и сортов уменьшение величины максимальной флуоресценции ( $F_m$ ). В наибольшей степени это отмечалось у сливы. Наименьшие различия в величине этого показателя между опытным и контрольным вариантом зарегистрированы у груши. Понижение интенсивности максимальной флуоресценции у всех пород зависело также от сроков анализа: максимальным оно было в середине вегетации, в конце июля, и в среднем по сортам составило: у сливы - 43%, яблони - 27%, у груши - 10% (у груши эти различия не получили математического подтверждения). Осенью доказательных различий в величинах этого показателя у груши и яблони не было, у сливы разница составила около 33% (таблица 1). В целом, как в опытном, так и в контрольном вариантах средние величины максимальной флуоресценции осенью были ниже, нежели в июне и июле.

Степень снижения максимальной флуоресценции хлорофилла после воздействия холода в середине вегетации зависела и от сорта. Сортные различия чётче проявились у яблони, нежели у других культур, что, возможно, связано с большим количеством сортов, взятых для изучения по этой плодовой породе, нежели по другим. Наибольшее понижение

показателя после кратковременного действия холода по сравнению с контролем отмечено у сортов яблони Лигол (39%), Превосходное (37%), Северный синап (33%). У Антоновки обыкновенной оно практически отсутствовало (5%). У остальных трех сортов оно составило около 25%.

Ранее нами было отмечено, что у яблони имеются достоверные сортовые различия по величине фотосинтетической продуктивности (нетто-фотосинтезу) в зависимости от температурных условий периода вегетации и особенностей происхождения сорта. В прохладные годы у сортов, в происхождении которых участвовали сорта южной группы, фотосинтез идёт менее активно, нежели у потомков северных родителей, в жаркие годы – наоборот (Скрипникова, 2012). Возможно, сортовые различия в изменении отдельных параметров кривой Каутского после низкотемпературного воздействия так же связаны с происхождением сортов и их биологическими особенностями. Сорта Лигол, Превосходное, Северный синап – это, бесспорно, более требовательные к теплу сорта, нежели Антоновка обыкновенная. Вероятно, поэтому они сильнее реагируют даже на кратковременный холод.

Таблица 1 – Влияние низкой положительной температуры (4°C) в конце вегетации (опыт) на величины показателей кривой Каутского в среднем по сортам груши, сливы, яблони

Порода/Вариант	$T_{exp}$	$T$	$F_m$	$F_T$	$F_m/F_T$	$Kf_n$
Груша/контроль	60,372	300	91,545	16,525	5,664	0,630
Груша/опыт	60,325	300	81,213	16,738	5,743	0,630
Слива/контроль	60,637	300	106,849	14,576	8,365	0,706
Слива/опыт	60,557	300	80,385	8,801	11,016	0,735
Яблоня/контроль	60,349	300	70,658	11,013	7,566	0,657
Яблоня/опыт	60,395	300	64,29	7,991	8,857	0,693

$T_{exp}$  – время расчета параметров кривой;  $T$  – время экстраполяции;  $F_m$  – максимум флуоресценции;  $F_T$  – стационарный уровень флуоресценции;  $F_m/F_T$  – индекс жизнеспособности;  $Kf_n$  – коэффициент фотосинтетической активности;  $F_m/F_T$  – индекс жизнеспособности.

Сроки вегетации также влияли на уменьшение максимальной флуоресценции после воздействия холода, причём, даже в большей степени, нежели порода и сорт. В начале июня и в конце вегетации влияние холода менее ощутимо, нежели в середине лета.

Стационарный уровень флуоресценции ( $F_T$ ) после воздействия холода во все сроки определения уменьшался только у сливы и яблони, а у груши оставался, практически, без изменений. Степень снижения стационарного уровня флуоресценции, как и максимального, зависела от

сроков измерения. Снижение стационарного уровня флуоресценции после воздействия холода было ощутимее в середине вегетации.

Достоверного снижения остальных показателей кривой гашения флуоресценции хлорофилла после воздействия низкой положительной температуры на листья плодовых растений во все сроки измерений не наблюдалось. Более того, у листьев сортов яблони Превосходное, Лигол, Северный синап и у листьев всех сортов сливы в середине вегетации, после холодового воздействия резко возрос индекс жизнеспособности (таблица 2). У листьев сливы это явление наблюдалось также и осенью (таблица 1). Величина этого показателя осенью после воздействия холода возросла в среднем по сортам на 32%, у сорта Этюд – на 34, у сорта Ренклюд Мичуринский – на 33, у сорта Ника – на 29%. Параллельно с индексом жизнеспособности повысился, но очень незначительно, и коэффициент фотосинтетической активности.

В результате анализа экспериментального материала сделаны следующие **выводы**.

Фотосинтетический аппарат сливы, груши, яблони устойчив к действию низких положительных температур. После кратковременного воздействия холода у всех культур и во все сроки измерения отмечается снижение уровней максимальной, а у отдельных культур - стационарной флуоресценции. Более чувствительны к действию холода листья сливы. Степень чувствительности зависит от периода вегетации. В середине вегетации чувствительность выше. У листьев яблони в середине вегетации отмечаются сортовые различия в реакции на действие холода.

Таблица 2 – Средние параметры кривой Каутского после кратковременного воздействия холода (опыт) на листья сортов яблони Антоновка обыкновенная и Превосходное в середине вегетации

Сорт	T <sub>exp</sub>	T	F <sub>m</sub>	F <sub>T</sub>	F <sub>m</sub> /F <sub>T</sub>	Kf <sub>n</sub>
Антоновка обыкновенная, контроль	60,36	300	122,3	20,75	5,89	0,681
Антоновка обыкновенная, опыт	60,36	300	107,75	15,43	6,98	0,691
Превосходное, контроль	60,34	300	127,54	26,79	4,76	0,626
Превосходное, опыт	60,39	300	56,99	3,84	14,83	0,746

Метод оценки медленной индукции флуоресценции хлорофилла является чувствительным методом, демонстрирующим быструю реакцию фотосинтетического аппарата на действие факторов среды, в связи с этим его использование весьма перспективно.

## Литература

1. Будаговская О.Н., Будаговский А.В., Будаговский И.А., Гончаров С.А. Комплексная диагностика состояния растений / Будаговская О.Н., Будаговский А.В., Будаговский И.А., Гончаров С.А. // Научные основы эффективности садоводства. – Мичуринск, 2006. – С. 101-111.
2. Корнеев, Д.Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла / Д.Ю. Корнеев. – Киев, 2002. – 191 с.
3. Кушниренко, М.Д., Зелёные пластиды при водном дефиците и адаптации к засухе / М.Д. Кушниренко, Е.В. Крюкова, С.Н. Печерская, Е.В. Канаш. – Кишинёв: Штиинца, 1981. – 157 с.
4. Скрипникова, М.К. Фотосинтетическая продуктивность листьев у сортов яблони при экстремальных условиях погоды в период вегетации / Скрипникова М.К., Скрипникова Е.В. // Плодоводство и ягодоводство России. – М., 2012. – Ч.2. – Т. XXXII. – С. 49-55.