

## MACHINERY AND BUILDING IN AGRICULTURE AND AGRIBUSINESS

DOI: <https://www.doi.org/10.23649/jae.2023.31.3.004>

Yushkov A.N.<sup>1</sup> \*, Borzyh N.V.<sup>2</sup>, Bogdanov R.E.<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup> Federal Scientific Center named after I.V. Michurin, Michurinsk, Russia

\* Corresponding author (a89050489146[at]yandex.ru)

Received: 10.03.2023; Accepted: 13.03.2023; Published: 20.03.2023

### AN EVALUATION OF DROUGHT RESISTANCE OF VARIETIES OF COMMON PLUM BY THE METHOD OF CHLOROPHYLL FLUORESCENCE INDUCTION

Research article

#### Abstract

Insufficient moisturization reduces the productivity of fruit crops both in the current and subsequent year. When studying drought and heat resistance, direct methods of determination are the most informative. However, with mass selection, these methods are time-consuming and not effective enough. In this regard, the use of additional laboratory and analytical methods is rather relevant. The aim of the research was to study plants according to the degree of resistance to lack of moisture and high temperatures, based on the visualization of chlorophyll fluorescence induction. Varieties of common plum of various ecological and geographical origin of domestic selection were used as biological objects. As a result of the research, it was established that in all studied plum varieties, modelling of heat and drought conditions significantly affected the relative speed of non-cyclic electronic transport, the quantum yield of non-photochemical fluorescence quenching and the effective quantum yield.

**Keywords:** plum, drought resistance, heat resistance, chlorophyll fluorescence induction.

Юшков А.Н.<sup>1</sup> \*, Борзых Н.В.<sup>2</sup>, Богданов Р.Е.<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup> Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина, Мичуринск, Россия

\* Корреспондирующий автор (a89050489146[at]yandex.ru)

Получена: 10.03.2023; Доработана: 13.03.2023; Опубликована: 20.03.2023

### ОЦЕНКА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ СЛИВЫ ДОМАШНЕЙ МЕТОДОМ ИНДУКЦИИ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ХЛОРОФИЛЛА

Научная статья

#### Аннотация

Недостаточное увлажнение снижает продуктивность плодовых культур как в текущем, так и последующем году. При изучении засухоустойчивости и жаростойкости наиболее информативными являются прямые методы определения. Однако при массовом селекционном отборе данные методы трудоемки и недостаточно эффективны. В этой связи использование дополнительных лабораторно-аналитических методов представляется весьма актуальным. Целью исследований являлось изучение растений по степени устойчивости к недостатку влаги и высоким температурам на основе визуализации индукции флуоресценции хлорофилла. В качестве биологических объектов использовались сорта сливы домашней, различного эколого-географического происхождения отечественной селекции. В результате исследований установлено, что у всех изученных сортов сливы моделирование условий жары и засухи достоверно влияло на относительную скорость нециклического электронного транспорта, квантовый выход нефотохимического тушения флуоресценции и эффективный квантовый выход.

**Ключевые слова:** слива, засухоустойчивость, жаростойкость, индукция флуоресценции хлорофилла.

#### 1. Введение

Биологический потенциал продуктивности плодовых культур во многом определяется способностью сорта противостоять воздействию целого ряда неблагоприятных абиотических факторов среды обитания. При возделывании плодовых культур в конкретных зонах садоводства необходимо учитывать не только главные климатообразующие факторы, но и неблагоприятные метеорологические явления, к которым, в частности относится засуха. В условиях недостаточного увлажнения снижается продуктивность плодовых культур как в текущем, так и последующем году. Степень устойчивости растений к высоким температурам значительно различается как в пределах плодовых культур, так и сортов каждой культуры [1], [2]. Известно, что косточковые породы значительно различаются по признаку засухоустойчивости. Так, устойчивость алычи выше, чем сливы и черешни, и ниже, чем у абрикоса и персика [3], [4].

По данным Витковского В.Л., деревья персика, абрикоса, черешни, вишни, сливы и алычи являются засухоустойчивыми и жаровыносливыми [5]. В условиях аномального недостатка влаги в почве и в воздухе начинаются нарушения в процессе метаболизма растений, что отрицательно сказывается на общей продуктивности [6], [7], [8].

Засухоустойчивость является комплексным показателем, который складывается из способности переносить обезвоживание и действие высоких температур (перегрев). Жаростойкость имеет важное значение при выращивании растений как в условиях неорошаемого, так и орошаемого земледелия [9]. Изучение адаптационных способностей растений к обезвоживанию имеет теоретический интерес и практическую значимость. В неорошаемых условиях очень важно возделывать засухоустойчивые, высокопродуктивные сорта [10]. При недостатке влаги и высокой температуре они лучше растут и плодоносят, чем незасухоустойчивые, легко приспосабливаются к засухе и меньше страдают от нее.

При изучении засухоустойчивости и жаростойкости наиболее информативными являются прямые методы определения (полевой метод, метод засушников, вегетационных сосудов). Однако при массовом селекционном отборе данные методы трудоемки и недостаточно эффективны. Важным условием для корректной оценки является подбор показателей водного режима, имеющих положительную корреляцию со степенью засухоустойчивости. Для градации растений по степени устойчивости к воздействию засухи исследователями предлагается группировка, основанная на процентном соотношении количества содержащейся в листьях, а также отданной и восстановленной воды относительно ее первоначального содержания [11]. Данными исследователями в группу устойчивых относят формы с потерей воды до 30%. Однако Г.Н. Еремеев [12] предлагает использовать бальную оценку устойчивости, основанную на количестве листьев, полностью восстановивших тургор после завядания, так как отмечается, что завядание листьев заканчивается при потере 30-35% от массы сырой навески. В этой связи исследования целесообразно дополнять лабораторно-аналитическими методами. При анализе результатов, полученных весовым методом, возникали определенные сложности количественной оценки повреждения растений. В связи с этим, основной целью исследований являлось изучение растений по степени устойчивости к недостатку влаги и высоким температурам на основе визуализации индукции флуоресценции хлорофилла (ИФХ).

## **2. Методы исследования**

Объектами исследований являлись сорта сливы домашней, различного эколого-географического происхождения отечественной селекции. В лабораторных условиях устойчивость растений сливы к обезвоживанию и перегреву определяли стандартными весовыми методами [12], [13], основанными на изменении массы листьев при моделировании обезвоживания и высокотемпературного стресса. Опыт проводили в климатической камере Sanyo MLR-350 и биологическом термостате ВТ 1200. Навеску листьев взвешивали с точностью до 0,1 мг на аналитических весах A&D GH-200. Абсолютный сухой вес определяли путем высушивания в термостате при температуре +100°C и взвешивания после достижения постоянной массы.

Параллельно с общепринятыми методиками проводили флуоресцентные исследования с использованием хлорофилл-флуориметра IMAGING-PAM методом импульсной амплитудно-модулированной флуориметрии [14]. ИФХ регистрировалась в режиме «световой кривой». Во время опыта объекты освещали модулированным с низкой частотой (1 Гц) измерительным светом низкой интенсивности (450 нм, 0,5 мкмоль/(м<sup>2</sup>с)), не поддерживающим фотосинтез. Максимальный квантовый выход ФС II (Fv/Fm) оценивали после 30 минутной темновой адаптации листьев. Анализировали следующие фотосинтетические параметры:

- максимальный квантовый выход фотохимических реакций ФС II (Fv/Fm);
- относительная скорость транспорта электронов ФС II (ETR);
- эффективный квантовый выход ФС II (Y(II));
- NPQ/4 – нефотохимическое тушение флуоресценции.

## **3. Результаты и их обсуждение**

Лабораторная оценка состояния водного режима растений сливы проводили в период без осадков на фоне повышенных температур. Показатель водного дефицита у сливы домашней варьировал по сортам от 4,2 до 8,6%. Общее содержание воды в листьях изменялось от 60,3 до 71,3% от массы сырой навески. При использовании стандартного (весового) метода было установлено, что листья изученных генотипов, теряли в течение двух часов выветривания 10-25% воды и 18-33% при моделировании условий теплового шока (ТШ). Воздействие ТШ оказывало на растения более сильное влияние и вызывало серьезную стрессовую нагрузку.

В результате проведенных исследований наблюдали, что моделирование высокотемпературного стресса достоверно влияло на относительную скорость нециклического электронного транспорта, квантовый выход нефотохимического тушения флуоресценции и эффективный квантовый выход у всех изученных генотипов. Между флуоресцентными изображениями контрольных и опытных образцов листьев, сформированных на основе визуализации этих показателей наблюдались четкие различия (рис.1.).

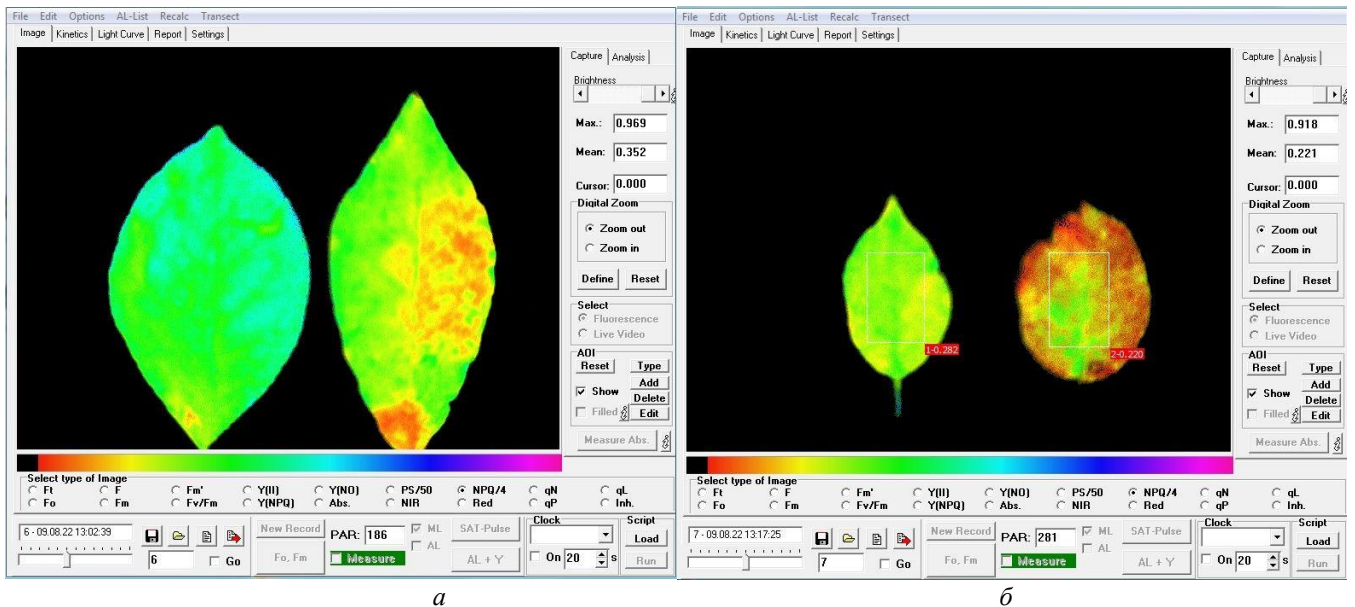


Рис. 1 – Флуоресцентные изображения листьев сливы, сформированные на основе анализа нефотохимического тушения флуоресценции (NPQ) листьев методом «световой кривой» после моделирования высокотемпературного стресса:  
 а – засухоустойчивость; б – жаростойкость

Причем очевидно, что наиболее существенное отрицательное влияние на листья изученных сортов оказывает действие высоких температур.

Влияние высокой температуры на величину максимальной квантовой эффективности фотосистемы II изменялось в зависимости от опыта (рис 2). Достоверные наглядные изменения данного показателя при определении засухоустойчивости не наблюдались, однако воздействие высоких температур значительно влияло на величину максимальной квантовой эффективности фотосистемы II.

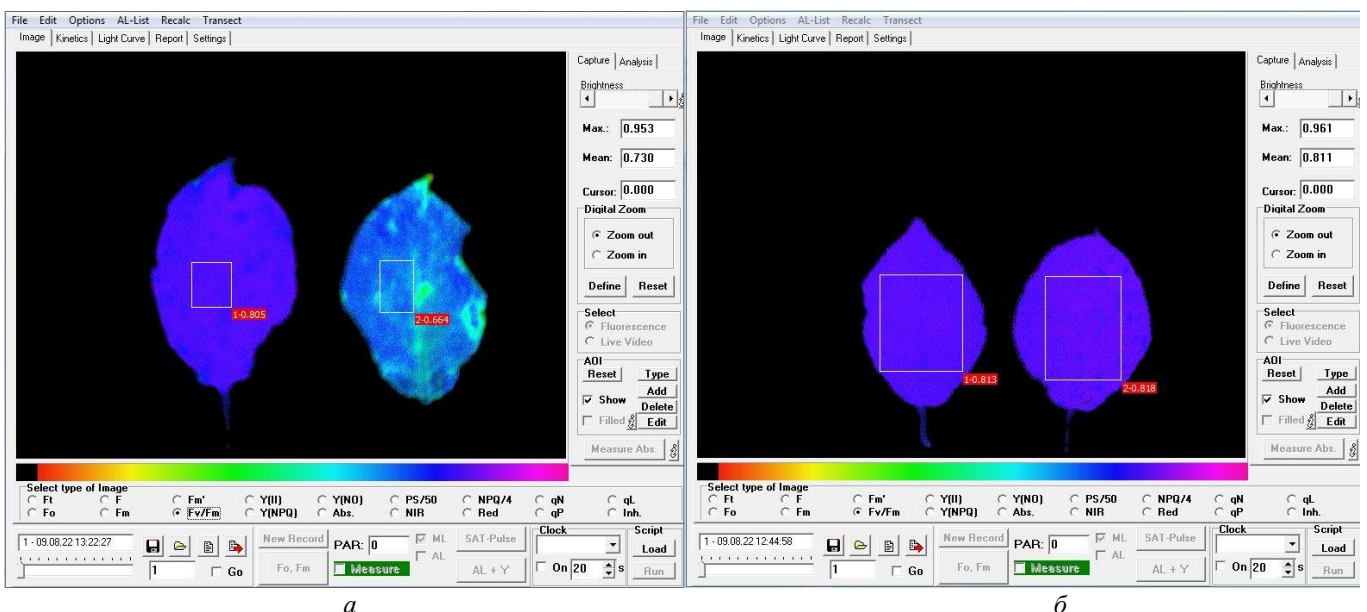


Рис. 2 – Влияние высокой температуры на величину максимального квантового выхода (Fv/Fm) листьев сливы:  
 а – засухоустойчивость; б – жаростойкость

Выявлены существенные различия реакции листьев изученных сортов сливы на воздействие высоких температур (относительная скорость электронного транспорта, квантовый выход нефотохимического тушения флуоресценции и эффективный квантовый выход).

#### 4. Выводы

Установлено, что у всех изученных сортов сливы моделирование условий жары и засухи достоверно влияло на относительную скорость нециклического электронного транспорта, квантовый выход нефотохимического тушения флуоресценции и эффективный квантовый выход. Максимальные и достоверные различия между контрольными и опытными вариантами, а также между сортами отмечались при воздействии высокой температуры.

### Funding

This work was carried out within the framework of the State Assignment on the topic: "FGSU-2022-0002 Develop models of an ideal variety for the main industrial horticultural crops, improve the methods of directed and marker-mediated breeding and, on their basis, create new genotypes with increased resistance to a complex of biotic and abiotic stressors, with high productivity and improved fruit quality, competitive in the Russian and world markets.

### Финансирование

Данная работа была выполнена в рамках Государственного задания по теме: «FGSU-2022-0002 Разработать модели идеального сорта по основным промышленным садовым культурам, усовершенствовать методы направленной и маркер-опосредованной селекции и на их основе создать новые генотипы с повышенной устойчивостью к комплексу биотических и абиотических стрессоров, с высокой продуктивностью и улучшенным качеством плодов, конкурентоспособных на российском и мировом рынках».

### Conflict of Interest

None declared.

### Конфликт интересов

Не указан.

### References

1. Кушниренко М.Д. Водный режим и засухоустойчивость плодовых растений / М.Д. Кушниренко. — Кишинев: Картя молдовеняскэ. — 1967. — 138 с.
2. Еремин Г. В. Изучение жаростойкости и засухоустойчивости сортов / Г.В. Еремин, Т.А. Гасанова // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур; под ред. Е.Н. Седова, Г.П. Огольцовой — Орел: ВНИИСПК, 1999. — С. 80-85.
3. Жученко А.А. Адаптивное сельскохозяйственное растениеводство / А.А. Жученко. — Кишинев: Штиинца. 1999. — 231 с.
4. Еремин Г.В. Адаптивные высококачественные сухофруктовые сорта сливы для юга России. Селекция и сорторазведение садовых культур / Г.В. Еремин // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию ВНИИСПК. — 2015. — С. 71–72.
5. Витковский В.Л. Перспективы использования малоизвестных сортов сливы в селекции. Роль сортов и новых технологий в интенсивном садоводстве / В.Л. Витковский. — Орел: Изд-во ГНУ ВНИИСПК, 2003. — С. 51–53.
6. Феськов С.А. Оценка засухоустойчивости сортов сливы домашней / С.А. Феськов // Плодоводство и ягодоводство России. — 2014. — №40(2). — С. 247–253.
7. Bozhkova V. Preliminary evaluation results of the plum cultivar Wegierka Dabrowicka / V. Bozhkova // Journal of Mountain Agriculture on the Balkan (Bulgaria). — 2011. — P. 86–94.
8. Hossein Ava S. Study of Evaluation of Adaptability of exotic Cultivars of Plum and Prune / Ava S. Hossein. — 2009. — 96 p.
9. Генкель П.А. Физиология и биохимия культурных растений / П. А. Генкель. — М., 1976. — Т. 2. — 132 с.
10. Кушниренко М.Д. Физиология водообмена и засухоустойчивости плодовых растений / М. Д. Кушниренко. — Кишинев, 1975. — 215 с.
11. Мажоров Е.В. Методика определения засухоустойчивости земляники в условиях Северо-Запада Нечерноземной зоны РСФСР / Е.В. Мажоров, Э.А. Гончарова, Л.Г. Добренькова // Научно-технический бюллетень института растениеводства им. Н.И. Вавилова. — Ленинград, 1990. — Вып. 199. — С. 75-77.
12. Еремеев Г. Н. Лабораторно-полевой метод оценки засухоустойчивости плодовых и других растений и краткие результаты его применения // Труды Гос. Никитского бот. Сада, 1964. — Т. 37. — С. 472–489.
13. Леонченко В.Г. Предварительный отбор перспективных генотипов плодовых растений на эколого-генетическую устойчивость и биохимическую ценность плодов: метод. рек. / В.Г. Ленченко, Р.П. Евсеева, Е.В. Жбанова — Мичуринск-научоград РФ, 2007. — 72 с.
14. Schreiber U. Pulse-Amplitude Modulation (PAM) fluorometry and saturation pulse method: an overview. In, Chlorophyll a Fluorescence: A Signature of Photosynthesis (Papageorgiou, G.C. and Govindjee, eds.) / U. Schreiber. — Springer, Dordrecht, Netherlands, 2004. — P. 279–319.

### References in English

1. Kushnirenko M.D. Vodnyj rezhim i zasuhoustojchivost' plodovyh rastenij [Water regime and drought resistance of fruit plants] / M.D. Kushnirenko. — Chisinau: Kartya moldovenyaske, 1967. — 138 p. [in Russian]
2. Eremin G. V. Izuchenie zharostojkosti i zasuhoustojchivosti sortov [The study of heat resistance and drought resistance of varieties] / G. V. Eremin, T. A. Gasanova // Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur [Program and methodology of variety studies of fruit, berry and nut crops]; edited by E.N. Sedov, G.P. Ogoltsova — Ore: VNIISPК, 1999. — P. 80-85 [in Russian].
3. Zhuchenko A.A. Adaptivnoe sel'skohozyajstvennoe rastenievodstvo [Adaptive agricultural crop production] / A.A. Zhuchenko. — Chisinau: Stiinza, 1999. — 231 p. [in Russian]
4. Eremin G.V. Adaptivnye vysokokachestvennye suhofruktovyje sorta slivy dlya yuga Rossii. Selekcija i sortorazvedenie sadovyh kul'tur [Adaptive high-quality dried fruit plum varieties for the south of Russia. Selection and variety breeding of garden crops] / G.V. Eremin // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashchennoj 170-letiyu VNIISPК [Materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 170th anniversary of VNIISPК]. — 2015. — P. 71-72 [in Russian].
5. Vitkovsky V.L. Perspektivy ispol'zovaniya maloizvestnyh sortov slivy v selekcii. Rol' sortov i novyh tekhnologij v intensivnom sadovodstve [Prospects for the use of little-known plum varieties in breeding. The role of varieties and new

technologies in intensive gardening] / V.L. Vitkovsky. — Eagle: Publishing house of the GNU VNIISPK. 2003. — P. 51–53 [in Russian].

6. Feskov S.A. Ocenka zasuhoustojchivosti sortov slivly domashnej [Evaluation of drought resistance of domestic plum varieties] / S.A. Feskov // *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii* [Fruit growing and berry growing in Russia]. — 2014. — No. 40(2). — P. 247–253 [in Russian].

7. Bozhkova V. Preliminary evaluation results of the plum cultivar Wegierka Dabrowicka / V. Bozhkova // *Journal of Mountain Agriculture on the Balkan (Bulgaria)*. — 2011. — P. 86–94.

8. Hossein Ava S. Study of Evaluation of Adaptability of exotic Cultivars of Plum and Prune / Ava S. Hossein. — 2009. — 96 p.

9. Genkel P.A. Fiziologiya i biohimiya kul'turnyh rastenij [Physiology and biochemistry of cultivated plants] / P.A. Genkel. — M., 1976. — V.2. — 132 p. [in Russian]

10. Kushnirenko M.D. Fiziologiya vodoobmena i zasuhoustojchivosti plodovyh rastenij [Physiology of water exchange and drought resistance of fruit plants] / M.D. Kushnirenko. — Chisinau, 1975. — 215 p. [in Russian]

11. Majorov E.V. Metodika opredeleniya zasuhoustojchivosti zemlyaniki v usloviyah Severo-Zapada Nechernozemnoj zony RSFSR [Method for determining the drought resistance of strawberries in the conditions of the North-West of the Nonchernozem zone of the RSFSR] / E.V. Majorov, E.A. Goncharova, L.G. Dobrenkova // *Nauchno-tehnicheskij byulleten' instituta rastenievodstva im. N.I. Vavilova* [Scientific and technical bulletin of the Institute of Plant Industry. N.I. Vavilov]. — Leningrad, 1990. — Vol. 199. — P. 75-77. [in Russian]

12. Eremeev G. N. Laboratorno-polevoj metod ocenki zasuhoustojchivosti plodovyh i drugih rastenij i kratkie rezul'taty ego primeneniya [Laboratory-field method for assessing drought resistance of fruit and other plants and brief results of its application] // *Trudy Gos. Nikitskogo bot. Sada* [Proceedings of the State. Nikitsky bot. Sada], 1964. — Vol. 37. — P. 472-489 [in Russian].

13. Leonchenko V. G. Predvaritel'nyj otbor perspektivnyh genotipov plodovyh rastenij na ekologo-geneticheskuyu ustojchivost' i biohimicheskuyu cennost' plodov: metod. rek. [Preliminary selection of promising genotypes of fruit plants for ecological and genetic stability and biochemical value of fruits: method.rec.] / V. G. Lenchenko, R. P. Evseeva, E. V. Zhbanova — Michurinsk-naukograd RF, 2007. — 72 p. [in Russian]

14. Schreiber U. Pulse-Amplitude Modulation (PAM) fluorometry and saturation pulse method: an overview. In, *Chlorophyll a Fluorescence: A Signature of Photosynthesis* (Papageorgiou, G.C. and Govindjee, eds.) / U. Schreiber. — Springer, Dordrecht, Netherlands, 2004. — P. 279–319.