

УДК 634.11:631.52

## МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ЖАРОСТОЙКОСТИ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР. ОБЗОР

**Андрей Валентинович Будаговский**

доктор технических наук

**Ольга Николаевна Будаговская**

доктор технических наук

[budagovsky@mail.ru](mailto:budagovsky@mail.ru)

Федеральный Научный Центр имени И.В. Мичурина  
Мичуринский государственный аграрный университет  
г. Мичуринск, Россия

**Аннотация.** Проведен критический анализ существующих методов количественной оценки жаростойкости плодовых растений.

**Ключевые слова:** жаростойкость, методы оценки, сублетальные температуры, листья, экспресс-диагностика.

Усиливающаяся нестабильность климата, засухи и аномально высокие летние температуры делают проблему диагностики жаростойкости плодовых растений всё более актуальной. Для этой цели используют различные методы, которые по способу моделирования экстремального воздействия можно разделить на 3 группы.

В первой – растения, как правило, проростки, выращивают в фитотронах или климокамерах при заданных параметрах внешней среды: температуре, влажности и освещённости. О реакции растений судят по морфофизиологическим и биохимическим показателям (всхожести семян, величине прироста, накоплению биомассы, содержанию хлорофилла, гидролизу статолитного крахмала и др.) [1-5, 6]. Такие условия вегетации в наибольшей степени соответствуют природным, что обеспечивает корректную оценку засухо- и жаростойкости различных культур. Однако эта группа методов имеет ограниченное применение. У гетерозиготных форм, к которым относится большинство плодовых, невозможно использовать сеянцы, а взрослые, привитые растения сложно разместить в климокамере. К тому же подобные способы диагностики нельзя отнести к экспрессным. Период испытаний занимает несколько дней или даже недель. Более оперативное получение информации обеспечивают разработанные В.С. Шевелухой ауксонометрические методы, позволяющие по изменению скорости ростовых реакций судить о функциональном состоянии организма в различных условиях среды обитания [7]. Такие измерения наиболее просто реализуются на однолетних растениях и занимают от нескольких часов до нескольких минут.

Для оценки жаростойкости многолетних плодовых культур обычно используют отдельные ткани и органы, например, побеги, листья или фрагменты листьев (высечки). Эти модельные растительные объекты подвергают кратковременному действию сублетальных температур или иссушению. Такой подход основан на предположении, что резистентность у отделённых и неотделённых от растения листьев и побегов не будет существенно различаться [8]. Его нельзя считать бесспорным, так как не

принимаются во внимание влажность почвы, функционирование корневой системы, защитные свойства кроны, особенности онтогенеза и т.п. Однако во многих случаях результаты лабораторных испытаний показывают удовлетворительное совпадение с полевыми оценками [8, 9].

Во второй группе методов диагностики жаростойкости растений фотосинтезирующие ткани нагревают в водяной бане при различных фиксированных температурах в течение 5...10 минут. Далее по методу Ф.Ф. Мацкова их обрабатывают слабым раствором соляной или азотной кислоты [10]. О тепловом повреждении судят по степени побурения ткани вследствие разрушения клеточных мембран и превращения в кислой среде хлорофилла в феофитин. По методу П.А. Генкеля срезы предварительно прогретой ткани выдерживают в плазмолизирующем растворе сахарозы и подсчитывают долю клеток, у которых плазмолиз не наблюдался, т.е. погибших [11]. Предельную теплоустойчивость ткани определяют также по прекращению фототаксиса хлоропластов [12] или движения цитоплазмы [12, 13], её вязкости [11], температуре коагуляции водорастворимых белков [14], выходу электролитов из тканей [15], параметрам флуоресценции хлорофилла и замедленной люминесценции [16].

Третья группа методов диагностики жаростойкости основана на искусственном обезвоживании тканей растений. Достигается это разными способами. Наиболее часто отделённые от растения листья или побеги в течение нескольких часов подвергают завяданию при низкой влажности и определённой, в т.ч. высокой, температуре [8, 9, 17-19]. Далее проводят их насыщение водой. Измерение веса образцов на соответствующих этапах эксперимента позволяет определить оводнённость, водоудерживающую и водовосстанавливающую способности тканей. Для ускорения обезвоживания используют также суховейные камеры, адсорбенты, осмотики.

Кроме оценки водного баланса существуют и другие критерии устойчивости растительных тканей к иссушению. Ещё в первой половине прошлого века Н.А. Максимовым [20] было установлено повышение

проницаемости протоплазмы под действием неблагоприятных факторов, в частности засухи. Об этом судили по выходу электролитов из клеток в дистиллированную воду и изменению её удельной проводимости. Такое явление было использовано при разработке методов диагностики состояния сельскохозяйственных растений в условиях засухи [21].

Жаростойкость определяют также по изменению (до и после завядания) содержания пигментов в листьях, их толщины [22] или сопротивления электрическому току [22, 23]. С этой же целью используют измерение биопотенциалов [24] и сверхслабого свечения [25].

Разнообразие способов моделирования жары и оценок её воздействия на растительные организмы говорит об отсутствии оптимального методического подхода. Получаемые данные весьма противоречивы. В зависимости от выбора репрезентативного показателя (плазмолиз, флюоресценция, движение цитоплазмы и др.) появление признаков теплового повреждения у одного и того же растения регистрируют при существенно различающихся температурах: от 40 до 60°C [13]. Другой распространённый критерий – водоудерживающая способность также далеко не всегда коррелирует с жаростойкостью [11].

Критический анализ классических методов оценки жаростойкости позволяет сделать следующие выводы о необходимости усовершенствования методологии в следующих направлениях:

1. Применение оптических неразрушающих методов, позволяющих дистанционно оценивать состояние растений *in situ* и в динамике (например, медленную индукцию флуоресценции хлорофилла, спекл-интерферометрию).

2. Представление жары, как комплексного природного явления, характеризующегося на большей территории России низкой влажностью, высокой температурой и интенсивной инсоляцией; моделирование жары в искусственных условиях по этим трём показателям.

3. Сохранение условий транспирации в процессе моделирования жары.

4. Оценка функционального состояния фотосинтезирующих тканей не только сразу после воздействия экстремального фактора (жары), но и через

интервалы времени, достаточные для развития в них репарационных и адаптационных процессов.

5. Разработка и создание аппаратуры, позволяющей реализовать комплексное моделирование жары и циклические измерения состояния растений как во время действия жары, так и в пост-стрессовый период (до нескольких суток).

### Список литературы:

1. Ивакин А.П. Определение жаростойкости овощных культур по ростовой реакции проростков после прогревания // Физиология растений. 1981. Т.28, № 2. С. 444-447.
2. Мошков Б.С. Актиноритмизм растений. Москва. ВО «Агропромиздат». 1987. 272 с.
3. Альтерготт В.Ф. Действие повышенной температуры на растение в эксперименте и природе. М.: Наука, 1981. 56 с.
4. Методические указания. Сравнительная оценка фотосинтетической способности сельскохозяйственных растений по фотохимической активности хлоропластов. /Сост.: М.И. Зеленский, Г.А. Могилёва.Л., 1980. 36 с.
5. Генкель П.А., Баданова К.А., Левина В.В. О новом лабораторном способе диагностики жаро- и засухоустойчивости для селекции // Физиология растений. Т.17, вып. 2. 1970. С. 431-435.
6. Волкова А.М. Оценка жаростойкости полевых культур // Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям. (Методическое руководство). Л. 1988. С. 35-46.
7. Шевелуха В.С. Рост растений и его регуляция в онтогенезе. М.: Колос, 1992. 594 с.
8. Еремеев Г.Н. Методы оценки засухоустойчивости плодовых культур // Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. Под редакцией Г.В. Удовенко. Л.: Колос, 1976. С. 101-115.

9. Гончарова Э.А. Оценка устойчивости к разным стрессам плодово-ягодных и овощных (сочноплодных) культур // Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям. (Методическое руководство). Л. 1988. С. 46- 62.
10. Мацков Ф.Ф. Распознавание живых, мёртвых и повреждённых хлорофиллносных тканей растений по реакции образования феофитина при оценке устойчивости к экстремальным воздействиям // Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. Под редакцией Г.В. Удовенко. Л.: Колос, 1976. С. 54-60.
11. Генкель П.А. Диагностика засухоустойчивости культурных растений и способы её повышения (методические указания). АН СССР. М.: 1956. 71 с.
12. Ломагин А.Г. Оценка теплоустойчивости растительных клеток по движению цитоплазмы и фототаксису хлоропластов // Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. Под редакцией Г.В. Удовенко. Л.: Колос, 1976. С. 60-70.
13. Александров В.Я. Цитофизиологическая оценка различных методов определения жизнеспособности растительных клеток // Труды Ботанического института АН СССР. 1955, сер. 4., Т. 10. С 309-355.
14. Хлебников Н.А. О жаростойкости растений // Известия АН СССР. 1932. №8. С. 1127-1131 .
15. Васильева Н.Г. Влияние высоких температур на коллоидно-химические свойства протоплазмы растений // Доклады АН СССР. 1953. Т. 88. №2. С. 341-344.
16. Веселовский В.А., Веселова Т.В. Люминесценция растений: Теоретические и практические аспекты. М.: Наука, 1990. 200 с.
17. Кушниренко М.Д., Печерская С.Н. Физиология водообмена и засухоустойчивости растений. Кишинёв. Штиинца, 1991. 306 с.
18. Кушниренко М.Д., Гончарова Э.А., Курчатова Г.П., Крюкова Е.В. Методы сравнительного определения засухоустойчивости плодовых растений.

Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды / Под редакцией Г.В. Удовенко. Л.: Колос, 1976. С. 87-101.

19. Предварительный отбор перспективных генотипов плодовых растений на экологическую устойчивость и биохимическую ценность плодов (методические рекомендации) / Леонченко В.Г., Евсеева Р.П., Жбанова Е.В., Черенкова Т.А. Мичуринск, 2007. 72 с.

20. Максимов Н.А., Сойкина Г.С. Влияние засухи на проницаемость протоплазмы растительных клеток // Учёные записки Саратовского Университета. 1940. Т. 15. С. 229-248.

21. Кожушко Н.Н. Выход электролитов как критерий оценки засухоустойчивости и особенности его использования для зерновых культур // Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. Под редакцией Г.В. Удовенко. Л.: Колос, 1976. С. 32-42.

22. Экспресс-методы диагностики жаро-, засухоустойчивости и сроков полива растений. Кишинёв. Штиинца, 1986. 38 с.

23. Ивакин А.П. Оценка жароустойчивости овощных культур по электрическому сопротивлению тканей листа // Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. Под редакцией Г.В. Удовенко. Л.: Колос, 1976. С. 83-87.

24. Зубкус О.П., Новосёлова А.Н., Севрова О.К. Использование ответной биоэлектрической реакции для оценки жаростойкости растений // В кн. Тезисы докладов совещания «Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды». Л., 1973, с. 19-21.

25. Тарусов Б.Н., Веселовский А.В. Сверслабые свечения растений и их прикладное значение. Изд. Московского университета. 1978. 150 с.

**UDC 634.11:631.52**

**METHODS FOR DIAGNOSING HEAT RESISTANCE  
FRUIT CROPS. REVIEW**

**Andrey V. Budagovsky**

doctor of technical sciences

**Olga N. Budagovskaya**

doctor of technical sciences

budagovsky@mail.ru

Michurinsk State Agrarian University

Federal research Center named after I. V. Michurin

Michurinsk, Russia

**Annotation.** A critical analysis of existing methods for quantifying the heat resistance of fruit plants has been carried out.

**Keywords:** heat resistance, assessment methods, sublethal temperatures, leaves, express diagnostics.

Статья поступила в редакцию 30.01.2025; одобрена после рецензирования 21.03.2025; принята к публикации 31.03.2025.

The article was submitted 30.01.2025; approved after reviewing 21.03.2025; accepted for publication 31.03.2025.