А. Н. Юшков, зав. СГЦ–ВНИИГиСПР им. И. В. Мичурина, д. с.-х. н.,
Н. В. Борзых, внс, к. с.-х. н.
ФГБНУ «ФНЦ им. И. В. Мичурина», Россия, г. Мичуринск
cglm@rambler.ru

УДК 634.11:631.524.85

DOI 10.31676/2073-4948-2019-56-9-14

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЗИМОСТОЙКОСТИ СОРТОВ И ФОРМ ЯБЛОНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МНОГОМЕРНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Резюме. Методами искусственного промораживания и многомерного статистического анализа выявлен общий потенциал зимостойкости более чем у 50 сортов и форм яблони. Проведено ранжирование изученных генотипов по общей степени зимостойкости с учетом основных ее компонентов и физиологической неравноценности повреждаемых тканей, основанное на близости объекта к модели идеального сорта.

Ключевые слова: яблоня, сорта, селекция, морозостойкость, компоненты зимостойкости.

Summary. Using the methods of artificial freezing and multidimensional statistical analysis, the total winter hardiness potential of more than 50 varieties and forms of apple trees has been revealed. The ranking of the genotypes according to the general degree of winter hardiness, taking into account its main components and the physiological disparity of the damaged tissues, was carried out. It was based on the proximity of the object to the model of the ideal variety.

Keywords: apple, varieties, breeding, frost resistance, winter resistance components.

Введение

Несмотря на многочисленные усилия селекционеров и пловодоводов, направленные на расширение экологической пластичности садовых агроценозов, повреждающие факторы периода перезимовки наносят отрасли серьезный экономический ущерб. В связи с этим проблема создания новых сортов с повышенной устойчивостью к низким температурам по-прежнему сохраняет свою актуальность. Отмечается, что потери от зимних повреждений, в том числе в плодородстве, больше, чем от любого другого стрессора абиотической или биотической природы [1].

В настоящее время в селекционной практике при оценке зимостойкости сортов и гибридного материала широко и успешно используется метод прямого лабораторного промораживания, предложенный М. М. Тюриной и Г. А. Гоголевой с сотрудниками [2, 3]. Его разработка позволила значительно ускорить характеристику зимостойкости сортов по основным компонентам устойчивости к низким температурам на основе моделирования повреждающих факторов для конкретной климатической зоны. Согласно этой общепринятой в настоящее время методике, учет повреждений побегов

проводится после искусственного промораживания при «пограничных» для региона испытаний температурах. Отдельно оцениваются повреждения каждой ткани и почек для всех компонентов зимостойкости. Таким образом, для каждой изученной формы фиксируются данные по двадцати показателям, каждый из которых в определенной степени характеризует зимостойкость. При этом общая оценка и ранжирование форм по устойчивости, особенно при изучении гибридного фонда, вызывает затруднения в связи с необходимостью приведения всех полученных значений к одному итоговому. В этой связи целью работы являлась разработка методических подходов для ранжирования генотипов яблони после искусственного промораживания по четырем компонентам зимостойкости с учетом различной физиологической значимости повреждений отдельных тканей и почек.

Материалы и методы

Работа выполнена в Селекционно-генетическом центре ФГБНУ «ФНЦ им. И. В. Мичурина» в 2013-2017 годах. В качестве объектов исследования были использованы сорта и формы яблони с различной зимостойкостью по ее компонентам. Искусственное промораживание побегов в зимний период осуществляли в низкотемпературных установках НС 280/75 (Фригера) и ТС-180 Jeio Tech согласно общепринятым методикам [2, 3].

Варианты опытов:

- устойчивость к ранним морозам в осенне-зимний период – закалка при -5, -10 °C (I компонент), промораживания при -30 °C;
- максимальная морозостойкость в середине зимовки (II компонент) – закалка при -5, -10 °C, промораживание при -40 °C;
- устойчивость к резким перепадам температуры после оттепели (III компонент) – оттепель +3 °C в течение 5 дней, промораживание при -28 °C.
- способность восстанавливать морозостойкость при повторной закалке после оттепелей (IV компонент) – промораживание при -35 °C после оттепели +3 °C в течение 5 дней и повторной закалики при -5, -10 °C. Экспозиция во всех вариантах составляла 18 часов, скорость снижения температуры 5 °C в час.

Анализ данных производили с помощью пакетов программного обеспечения для Windows 7 – Microsoft Excel 2010, Статистика 6.0.

Обсуждение результатов

Многолетние климатические данные по Тамбовской области свидетельствуют, что с учетом некоторого запаса прочности зимостойкий сорт должен выдерживать ранние морозы в -30 °C в начале зимы, развивать максимальную устойчивость -40 °C, выдерживать до -28 °C после оттепелей и -35 °C при повторной закалке после оттепели. В соответствии с пороговыми значениями температуры был предложен идеальный объект – модель зимостойкого сорта,

не повреждающегося при указанных температурах. Изученные генотипы сравнивали с моделью сорта по комплексу признаков (степень подмерзания коры, камбия, древесины, сердцевины и почек по I-IV компонентам зимостойкости). Степень отклонения каждого параметра от значения его у модели определяли методом расчета квадрата евклидова расстояния. Минимальное суммарное его значение свидетельствовало о максимальной устойчивости генотипа.

При оценке повреждения сорта необходимо учитывать различную физиологическую ценность отдельных тканей для выживаемости растения. Был использован подход, предложенный А. И. Бутенко с сотрудниками [4, 5], Н. В. Жуковой [6] при разработке автоматизированного метода оценки повреждений побегов, основанный, в свою очередь, на работах В. И. Будаговского [7] и В. Ф. Денисова [8]. Для каждой ткани или структуры был принят условный коэффициент с учетом ее ценности: для коры – 3, камбия – 9, древесины – 4, сердцевины – 1, почек – 8. Делением каждого коэффициента на их сумму был получен нормированный вектор весов для каждого показателя (для коры – 0,12, камбия – 0,36, древесины – 0,16, сердцевины – 0,04, почек – 0,32).

Степень сходства изученных генотипов с моделью сорта по комплексу признаков определялась с использованием кластерного анализа, что позволило выразить математически зимостойкость каждого генотипа. При этом интегральным критерием степени зимостойкости служили отклонения квадратов евклидовых расстояний у 20 показателей повреждения изученных форм от аналогичных параметров модели сорта. Предложенный метод позволяет провести всестороннюю оценку морозостойкости и ранжировать их по уровню зимостойкости без использования балльной шкалы. Минимальные значения интегрального критерия свидетельствуют о близости образца к идеальной модели и, следовательно, максимальной зимостойкости.

По результатам кластерного анализа изученные генотипы были ранжированы по степени убывания зимостойкости и распределены по четырем условным группам. Наиболее близкими к модели сорта показателями морозостойкости тканей и почек характеризовались сорта и формы яблони, отнесенные в группу высокзимостойких – яблоня робуста, яблоня ягодная, отборная форма 18-2 (КВ-5 х Якутская), Уральское наливное, Бердское, Юбиляр, Имрус, Скала, Успенское, Антоновка обыкновенная, Былина (показатель расстояния не более 0,2). Относительно высокая степень устойчивости (показатель расстояния от 0,21 до 0,50) выявлена у сортов Благовест, Академик Казаков, Ковровое, Вымпел, Чародейка, Кандиль орловский, Веняминовское, Синап орловский, Флагман, Беркутовское, Анис полосатый, Фрегат, Лобо, Подснежник, Память есаулу, Красуля, Имант и яблони замечательной. В группу с меньшим сходством с моделью сорта по морозостойкости и, соответственно, меньшей зимостойкостью

были включены сорта яблони Рождественское, Коваленковское, Пасхальное, Фростбайт, Сочи 26/3, Хани Крисп, Казачка кубанская, Гала, Сочи 80/6, Бреберн. Наибольшие значения показателя расстояния (более 1,0) имели сорта яблони южной зоны и интродуцированные – Ришелье, Лигол, Кубань спур, Лето красное, Аленушкино, Топаз, Солнце Кубани, Персиковое, Лучистое, Галарина, а также яблоня обильноцветущая, что позволяет считать их менее устойчивыми по комплексу признаков, характеризующих зимостойкость.

Рассмотренный подход позволяет использовать в качестве референтного варианта не только гипотетическую модель сорта, но и любую форму с заведомо высокой зимостойкостью, например, Антоновку обыкновенную, и рассчитывать степень сходства образцов с этим сортом. При этом результаты, в отличие от методики ранжирования, не зависят от набора и количества изучаемых сортов.

Хотя полевая оценка после суровых зим не может полностью охарактеризовать устойчивость генотипа в связи с воздействием, как правило, только одного повреждающего фактора, однако она, по мнению многих исследователей, является одним из наиболее объективных методов диагностики зимостойкости. В этой связи данные, полученные при интегральной оценке генотипов плодовых культур, были сопоставлены со степенью их повреждения после экстремальных морозов суровой зимы 2005/2006 гг. (табл. 1).

Таблица 1.

Корреляции между степенью повреждения тканей и почек плодовых культур после суровой зимы 2005/2006 гг. и рассчитанным показателем степени зимостойкости

Показатели	Евклидово расстояние
Евклидово расстояние*	1,00
Кора, балл повреждения	0,84**
Камбий, балл повреждения	0,80**
Древесина однолетнего прироста, балл повреждения	0,81**
Средний балл повреждения по тканям	0,87**
Вегетативные почки, балл повреждения	0,68**
Генеративные почки, балл повреждения	0,61**
*значения сумм квадратов евклидовых расстояний между показателями повреждения тканей и почек изученных форм после искусственного промораживания по всем компонентам зимостойкости с учетом весовых коэффициентов и аналогичными параметрами модели сорта	
**достоверно при уровне значимости 0,01 (критическое значение $p_{0,01} = 0,52$)	

Как следует из данных, представленных в таблице, рассчитанный на базе евклидова расстояния интегральный показатель статистически достоверно коррелирует с полевой устойчивостью сортов и форм.

Максимальные коэффициенты корреляции отмечаются между уровнем подмерзания коры, камбия, древесины, средним баллом подмерзания по тканям и показателем степени зимостойкости. Несколько ниже были аналогичные коэффициенты для вегетативных и генеративных почек (0,68 и 0,61 соответственно), однако достоверность их также подтверждается с высокой вероятностью.

Выводы

Таким образом, в результате проведенных исследований предложена методика интегральной оценки зимостойкости яблони по четырем компонентам, основанная на отличии изучаемых генотипов от модели идеального сорта и учитывающая физиологическую ценность отдельных тканей и почек. Ее эффективность подтверждается выявленной корреляционной зависимостью с полевой зимостойкостью тканей побегов ($r = 0,80-0,87$) и почек ($r = 0,61-0,68$). Выделены сорта и формы яблони с наиболее близкой к модели сорта морозостойкостью тканей и почек – яблоня робуста (*M. robusta*), яблоня ягодная (*M. baccata*), отборная форма 18-2 (КВ-5 х Якутская), Уральское наливное, Бердское, Юбиляр, Имрус, Скала, Успенское, Антоновка обыкновенная, Былина.

Список использованной литературы

1. **Rodrigo J.** Spring frosts in deciduous fruit trees –morphological damage and flower hardiness // *Scientia Horticulturae*, 2000. – №85. – P. 155-173.
2. **Тюрина М. М., Гоголева Г. А.** Ускоренная оценка зимостойкости плодовых и ягодных растений. Методические рекомендации. – М., 1978. – 38 с.
3. **Тюрина М. М., Гоголева Г. А., Ефимова Н. В., Голоулина Л. К., Морозова Н. Г., Эчеди Й. Й., Волков Ф. А., Арсентьев А. П., Матяш Н. А.** Определение устойчивости плодовых и ягодных культур к стрессорам холодного времени года в полевых и контролируемых условиях. – М., 2002. – 120 с.
4. **Бутенко А. И., Савельев Н. И., Юшков А. Н., Жукова Н. В.** Автоматизация оценивания степени повреждения тканей и почек сортов яблони при искусственном промораживании // *Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. Сер. Технические науки*, 2008. – Т. 2, № 2 (12). – С. 43-49.
5. **Бутенко А. И., Жукова Н. В., Савельев Н. И.** Интегральная оценка морозостойкости сортов яблони методом анализа иерархий // *Вестник РАСХН*, 2010. – № 4. – С. 36-38.

6. Жукова Н. В. Совершенствование методики оценки морозостойкости сортов яблони: Дисс. ... к. с.-х. наук. 06.01.05. – Мичуринск, 2011. – 147 с.

7. Будаговский В. И. Зимостойкость корневой системы у карликовых и полукарликовых подвоев яблони // Изв. АН СССР. Серия Биология, 1954. – № 6. – С. 11–25.

8. Денисов В. Ф. Методика лабораторного промораживания корней и побегов плодовых культур // Бюлл. ЦГЛ им. И. В. Мичурина, 1961. – Вып. 11–12. – С. 79–81.

A. N. Yushkov, N. V. Borzykh

I. V. Michurin Federal Scientific Center, Russia, Michurinsk

**INTEGRAL EVALUATION OF WINTER HARDINESS OF APPLE VARIETIES
USING MULTIDIMENSIONAL STATISTICAL ANALYSIS**