

## СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕТОДОВ УСКОРЕННОЙ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ФОРМ РОДА *CERASUS* MILL. К КОККОМИКОЗУ

А.П. КУЗНЕЦОВА, *кандидат биологических наук*

ГНУ Северо-Кавказской зональный

научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства Россельхозакадемии,  
Россия;

С.Н. ЩЕГЛОВ, *доктор биологических наук*

Кубанский государственный университет, Россия

### **Введение**

Основной сложностью при выделении форм плодовых культур как из селекционного материала, так и сортового, является длительность процесса изучения, т.к. эти многолетние растения представляют собой двухкомпонентную систему, состоящую из сорта и подвоя, которые обладают самостоятельными механизмами и структурами саморегуляции.

Разработка ускоренной оценки хозяйственно ценных параметров интродуцированных растительных ресурсов и новых отечественных на основе использования инструментальных методов последнего поколения является весьма актуальным направлением с позиций фундаментальных исследований, ориентированных на разработку ресурсосберегающих, экологически безопасных и экономически оправданных технологий возделывания плодовых культур.

Одним из главных биотических стрессоров, значительно снижающих урожайность, зимостойкость, засухоустойчивость как подвоев, так и привитых на них культурных растений рода *Cerasus* Mill., в условиях юга России является коккомикоз (возбудитель – *Coccotyces hiemalis* Higg.– сумчатая стадия и *Cylindrosporium hiemalle* Higg. – конидиальная стадия).

При изучении сложной системы «хозяин-патоген-среда», где хозяин представлен в виде двухкомпонентного организма, перспективным направлением явилось изучение биохимических показателей листьев устойчивых и неустойчивых к коккомикозу форм вишни в различных экологических условиях (различные годы и сезоны) как для прогнозирования поражения сортов вишни коккомикозом, так и для создания экспресс-оценки устойчивости к возбудителю болезни.

Наличие в СКЗНИИСиВ современной инструментальной лабораторной базы и разработанных в СКЗНИИСиВ методик позволило провести биохимический анализ листьев у поражаемых и не поражаемых коккомикозом растений.

Цель наших исследований – поиск связи между устойчивостью форм рода *Cerasus* к коккомикозу и биохимическими показателями для создания методов экспресс-оценки, а также обнаружение экологической составляющей этих признаков за счет использования современных биохимических и многомерных статистических методов. Использование методов многомерной статистики предполагает обращение к системному анализу рассматриваемого явления, основных его составляющих и связей, принятие решения о характере установленных закономерностей (распознавание с помощью дискrimинантного анализа).

### **Объекты и методы исследования**

Биохимический анализ листьев иммунных и поражаемых коккомикозом форм проводился в течение 2003-2008 гг. – весной, летом и осенью. Объекты исследований – представители рода *Cerasus*, поражаемые коккомикозом сорта: вишня Любская, Малышка, Краснодарская сладкая, черешня сорта Франц Иосиф и не поражаемые формы – сеянцы от свободного опыления образцов *C. lannesiana* Cart., *C. serrulata* Halle

Tolivetto, гибрид *C. lannesiana* × Франц Иосиф, а также подвои косточковых ВП1, ВСЛ-2. Исследовали образцы листьев, взятые с приростов текущего года, отобранные в разных зонах Краснодарского края. Содержание калия, натрия, магния, кальция, фенольных соединений и органических кислот в экстракте листьев определяли с помощью СВЧ-минерализатора «Минотавр-1», рН-метра pH 410, системы капиллярного электрофореза «Капель-103Р» [2, 4].

В работе был использован дискриминантный анализ, обеспечивающий объективное сравнение (разделение) групп за счет искусственной минимизации внутригруппового разнообразия (дисперсии), с учетом системы корреляций, более того, когда несколько групп уже разделены в дискриминантном анализе, возможно определить принадлежность неизвестного объекта к одной из них [1, 3].

### Результаты и обсуждение

Исследование содержания в клеточном соке катионов металлов (магния, кальция, калия, натрия), органических кислот (лимонной, яблочной, янтарной) и фенольных соединений начали с изучения количественной оценки влияния генотипа представителей рода *Cerasus* (сорт) и года выращивания на биохимические показатели с помощью двухфакторного дисперсионного анализа.

Было установлено, что генотип и год выращивания оказывают статистически достоверное влияние на все биохимические показатели. Результаты дисперсионного анализа данных за исследуемые годы показали, что структура изменчивости этих показателей в соке листьев растений различна.

Для нахождения оптимальных сроков выявления максимальных различий, достоверно подтверждаемых статистическими методами, химический анализ клеточного сока каждый год проводился весной, летом и осенью. С помощью однофакторного дисперсионного анализа было доказано, что результаты измерений по каждому году показывают статистически значимые различия и по временам года.

Была определена количественная оценка влияния года, вида, срока исследования и их взаимодействия на биохимические признаки (табл. 1).

Из таблицы 1 видно, что различия обнаружены по всем без исключения признакам, а доля влияния фактора «год» варьирует от 4,1 до 30,8%, фактора «вид» от 0,9 до 13,1%, фактора «срок измерения» от 2,4 до 27,9%, взаимодействия «год × вид» от 4,7 до 16,4%, взаимодействия «год × срок измерения» от 7,7 до 41,7%, взаимодействия «вид × срок измерения» от 2,6 до 21,3%, взаимодействия «год × вид × срок измерения» от 15,6 до 33,7%.

Можно сделать вывод, что на этот последний вид взаимодействия приходится наибольший вклад в общую изменчивость биохимических признаков. Для некоторых признаков отмечены высокие вклады влияния года – 30,8% (содержание Na) и взаимодействия «год × срок исследования» – 41,7% (содержание янтарной кислоты).

Для решения вопроса о стабильности различий устойчивых и неустойчивых видов по биохимическим признакам было проведено сравнение их средних значений т-критерием Стьюдента по срокам измерения и годам исследования (табл. 2).

Из общей картины видно, что все признаки оказались задействованы в идентификации устойчивых и неустойчивых сортов, но некоторые стабильно различались каждый год. Надежным идентификатором устойчивых и неустойчивых видов (показавшим статистически достоверные различия три года подряд) в мае является содержание янтарной и лимонной кислот, магния и кальция; в июле – содержание хлорогеновой, кофейной и яблочной кислот, калия; в сентябре – содержание лимонной кислоты (табл. 2).

Таблица 1

**Доля в общей дисперсии факторов, влияющих на изменчивость биохимических признаков (%)**

Изменчивость	Биохимические признаки									
	хлорогеновая кислота	кофейная кислота	янтарная кислота	яблочная кислота	лимонная кислота	калий	натрий	магний	кальций	
между годами	16,2	7,3	12,2	4,1	16,8	8,7	30,8	8,5	4,7	
между видами	7,6	11,1	0,9	7,3	7,7	13,1	1,7	2,8	6,9	
между сроками	16,4	2,4	21,2	18,9	4,2	4,7	12,7	23,7	27,9	
«год × вид»	10,2	16,4	5,6	10,9	7,8	14,0	4,7	6,4	14,8	
«год × срок»	13,2	8,7	41,7	14,3	12,5	7,7	26,1	32,2	2,2	
«вид × срок»	11,3	18,6	2,6	10,1	16,1	21,3	4,2	6,7	17,0	
«год × вид × срок»	24,3	29,8	15,6	33,6	33,7	27,0	17,7	19,3	26,3	
остаточная	0,8	5,8	0,2	0,7	1,1	3,4	2,1	0,3	0,3	

Таблица 2

**Сравнение средних значений устойчивых и неустойчивых видов на примере данных 2003-2005 гг.\***

Признак	Май			Июль			Сентябрь		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
хлорогеновая кислота	-	+	-	+	+	+	-	+	-
кофейная кислота	+	+	+	+	+	+	-	+	-
янтарная кислота	+	+	+	-	+	-	+	-	-
яблочная кислота	-	-	+	+	+	+	+	-	-
лимонная кислота	+	+	+	+	-	-	+	+	+
калий	-	-	-	+	+	+	-	+	+
натрий	+	-	+	-	+	+	-	-	-
магний	+	+	+	+	+	+	-	-	+
кальций	+	+	+	-	+	-	-	-	-

\*Примечание: знаком «+» обозначены статистически достоверные различия между устойчивыми и неустойчивыми формами рода *Cerasus*

Представляло интерес изучение содержания биохимических веществ в листьях до и после поражения коккомикозом. Их сравнение было проведено с помощью t-критерия Стьюдента. Была найдена экологическая составляющая содержания биохимических веществ в листьях вишни, зависящая от года. Установлено, что стабильные различия (в

течение трех лет) обнаружены в таких показателях, как содержание яблочной кислоты, натрия и кальция (их количество всегда растет после поражения).

По многолетним данным было установлено, что весной в период активного роста обнаруживаются статистически достоверные различия по наибольшему числу биохимических показателей. Сравнение средних значений химических показателей с помощью *t*-критерия Стьюдента между годами подтвердило вывод, что устойчивые и неустойчивые к коккомикозу формы статистически достоверно различаются по этим четырём признакам, содержанию магния, кальция, кофейной и янтарной кислот.

С учетом именно этих четырёх показателей был проведен дискриминантный анализ для окончательного разделения различных форм на устойчивые и неустойчивые к коккомикозу, который показал, что разделение представителей рода *Cerasus* по выделенным показателям проходит успешно (табл. 3).

В результате анализа по данным за четыре года были получены функции классификации и неравенство, позволяющее относить неизвестные образцы к устойчивым или неустойчивым образцам (патент РФ №2343697 от 2009 г.). Листовую диагностику проводят в период активного роста листьев путем определения в них количественного содержания магния, кальция, кофейной и янтарной кислот, а об устойчивости форм к коккомикозу судят сравнением полученных уравнений.

Устойчивые формы = 0,1015 · Содержание кофейной кислоты + 5,2659  
Содержание янтарной кислоты + 0,0122 · Содержание магния + 0,0277 · Содержание кальция – 12,1629.

Таблица 3

**Результаты дискриминантного анализа представителей рода  
*Cerasus* Mill., устойчивых и неустойчивых к коккомикозу**

Дискриминантная функция	Лямбда Уилкса	Хи-квадрат	Число степеней свободы	Уровень значимости
1	0,366	41,13	4	0,00

Неустойчивые формы = 0,01997 · Содержание кофейной кислоты + 7,46984 · Содержание янтарной кислоты + 0,0095 · Содержание магния + 0,02763 · Содержание кальция – 5,90917.

Генотип будет относиться к устойчивому и неустойчивому к коккомикозу при максимальном классификационном значении, полученном при умножении биохимических показателей на соответствующие коэффициенты.

### Выводы

Изучение структуры изменчивости биохимических показателей в процессе вегетации растений позволило найти их связь с устойчивостью к коккомикозу и разработать метод экспресс-оценки данного вида устойчивости.

Обнаруженная экологическая составляющая изменчивости биохимических признаков требует дальнейшего изучения для разработки новых методов прогнозирования развития инфекции.

*Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ и администрации Краснодарского края № 06-04-97142 и № 09-04-96601.*

### Список литературы

- Клекка У.Р. Дискриминантный и кластерный анализ // Факторный дискриминантный и кластерный анализ. – М.: Финансы и статистика, 1989. – С. 78-137.

2. Комаров Н.В., Каменцев Я.С. Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «Капель». – СПб.: ООО «Веда» 2008. – 212 с.
3. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990. – 293 с.
4. Якуба Ю.Ф. Применение СВЧ-экстракции и высокоэффективного капиллярного электрофореза для анализа вегетативных органов растений // Современное приборное обеспечение и методы анализа почв, растений и с/х сырья: Сб. науч. тр. по материалам II Междунар. конф. 6-9 декабря 2004 / Отделение земледелия РАСХН, ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, Москва. – М.: ВНИИА, 2004. – С. 71-74.

## **НОВЫЕ РАЙОНИРОВАННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СОРТА ЧЕРЕШНИ СЕЛЕКЦИИ НИКИТСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА**

Л.А. ЛУКИЧЕВА, *кандидат биологических наук*  
Никитский ботанический сад – Национальный научный центр

### **Введение**

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр является одним из старейших научных учреждений, занимающихся не только изучением интродуцированных, но и выведением новых сортов черешни – *Cerasus avium* (L.) Moench (*Prunus avium* L.) [4, 8]. Успешное решение задач по их созданию во многом определяется наличием разнообразного исходного материала, несущего различные признаки и свойства [9, 10].

В генофонде черешни НБС–ННЦ собрано более 400 сортообразцов из 19 стран мира, принадлежащих к 7 эколого-географическим группам. На основе многолетних исследований дана оценка генофонда по следующим показателям: хорошая приспособленность к местным условиям, зимостойкость, крупные плоды и высокие вкусовые качества, урожайность, скороплодность, транспортабельность, устойчивость к основным заболеваниям и к растрескиванию плодов, засухоустойчивость и др. В результате выявлены сорта – источники хозяйственно ценных признаков, которые и были использованы в селекционном процессе путем направленной гибридизации.

При оптимальной агротехнике черешня дает высокие стабильные урожаи и является высокорентабельной культурой [2]. Природно-климатические условия Крыма очень специфичны. Лимитирующим фактором при возделывании черешни являются частые оттепели в зимнее время и возвратные заморозки весной [1]. Наряду с этим, в последнее время существенное значение имеют меняющиеся климатические, экологические, экономические и другие условия [5]. Это требует постоянного совершенствования сортимента, способного быстро адаптироваться к изменяющимся условиям. Поэтому постоянно требуется внедрение новых сортов, способных адаптивно реагировать на возможные изменения климата, разный уровень технической обеспеченности, конъюнктуру рынка и другие объективные факторы. В связи с этим очевидна необходимость обновления существующего сортимента черешни новыми, перспективными сортами, в полной мере отвечающими требованиям сегодняшнего дня.

Целью исследования было изучение коллекционного и селекционного фонда черешни и выделение к районированию новых высокопродуктивных, стойких к болезням, адаптированных к условиям степной зоны Крыма сортов черешни, имеющих плоды различных сроков созревания.

### **Объекты и методы исследования**

За период исследований, с 1992 г. по настоящее время, проведена хозяйственно-биологическая и селекционная оценка генофонда черешни по основным хозяйственно-