

УДК 634.2: 631.541

**ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ
СОРТОВ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР
К ГРИБНЫМ БОЛЕЗНЯМ
ПО ДАННЫМ МНОГОЛЕТНИХ
НАБЛЮДЕНИЙ**

Кузнецова Анна Павловна
канд. биол. наук
зав. лабораторией питомниководства
[E-mail:anpalkuz@mail.ru](mailto:anpalkuz@mail.ru)

*Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Северо-Кавказский
зональный научно-исследовательский
институт садоводства и виноградарства»,
Краснодар, Россия*

Главная цель работы – оптимизация методов получения многолетних данных о динамике балла поражения грибными болезнями плодовых растений. Балл поражения растений представляет собой результат сложного взаимодействия в системе «хозяин – возбудитель – среда», преобразующейся в соответствии с условиями зоны и с условиями года. В качестве материала для исследований из коллекционных насаждений было взято 140 сортообразцов черешни для изучения устойчивости к коккомкозу. Для изучения устойчивости к монилиозу – 134 сортообразца. Результат дисперсионного анализа, который был проведен в начале исследования, подтвердил сложность выделения форм с полигенным типом устойчивости по многолетним данным. Исследования дисперсии в многолетнем испытании четко показали, что значительное влияние на изменчивость балла поражения сортов косточковых культур коккомикозом и монилиозом оказывают условия года и взаимодействия сорт × год. Нами предложен статистический метод, который обеспечивает минимизацию эффекта всех факторов, кроме генетического различия сортоформ. Для этого были заимствованы показатели специфики реакции сорта на изменение

UDC 634.2: 631.541

**ASSESSMENT OF STABILITY
OF FRUIT CROPS VARIETIES
TO FUNGAL DISEASES
ACCORDING TO LONG-TERM
OBSERVING**

Kuznetsova Anna
Cand. Biol. Sci.
Head of Laboratory of Nursery
[E-mail:anpalkuz@mail.ru](mailto:anpalkuz@mail.ru)

*Federal State Budget Scientific
Organization “North Caucasian
Regional Research Institute
of Horticulture and Viticulture”,
Krasnodar, Russia*

The main purpose of work is optimization of methods of obtaining of long-term data on the dynamics of defeat degree of fruit plants by fungal diseases. The point of plants defeat is the result of complex interaction in the system "owner – activator – medium", transformed in accordance with area conditions and with conditions of year. As a material for research it was taken 140 sweet cherries varieties from plantings collection for study of stability to coccomycosis. For study of resistance to monilia 134 varieties samples were taken. The result of the dispersive analysis, which was carried out at the beginning of research, confirmed the complexity of allocation of forms with polygenic type of stability according to long-term data. Dispersion research in long-term test accurately showed that considerable influence on variability of defeat point of stone fruit cultures by coccomycosis and monilia have the conditions of year and “variety-year” interactions. We offered a statistical method which ensure the minimization of the effect of all factors, except genetic difference of varieties forms. Indicators of specific reactions of variety to environment

среды из области оценки экологической пластичности сортов. Предлагаемый нами подход заключается в установлении такого критерия селекционной ценности образца, который включает в себя относительно низкий средний балл поражения болезнью, показатели его устойчивости в варьирующих условиях среды и характеристики популяции патогена. На основе предложенного подхода выделены лучшие по устойчивости к коккомикозу формы черешни. Ценность такого подхода заключается в том, что с его помощью могут быть использованы обширные данные по динамике устойчивости сельскохозяйственных растений к патогенам.

Ключевые слова: ПЛОДОВЫЕ КУЛЬТУРЫ, СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД, МЕТОДЫ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ, БАЛЛ ПОРАЖЕНИЯ

change using the assessment of ecological plasticity of varieties were taken for this purpose. The approach offered by us consists the establishment of such criterion of breeding value of sample which includes the relatively low average point of diseases defeat, the indicators of its stability in the varying conditions of the environment and the characteristics of pathogen population. On the basis of the offered approach the best sweet cherry forms with high resistance to coccomycosis are allocated. The value of such approach is that with its help the extensive data on dynamics of resistance of agricultural plants to pathogens can be used.

Key words: FRUIT CULTURES, STATISTICAL APPROACH, METHODS OF ASSESMENT OF RESISTANCE, DEFEAT POINT

Введение. Отбор растений на повышение устойчивости к заболеваниям сталкивается с проблемой идентификации ценных групповых генотипов. Она возникает из неоднозначного соответствия между генотипом и фенотипом. Балл поражения не является синонимом генетически обусловленной устойчивости растений к патогенам. Он представляет собой результат сложного взаимодействия в системе «хозяин – возбудитель – среда», преобразующейся в соответствии как с условиями зоны, так и с условиями года [1, 2, 3].

Существенные расхождения данных о поражении одноименных сортов в различные годы, даже в пределах одной и той же зоны, указывают на сложность выделения форм с полигенным типом устойчивости и, как следствие, на необходимость безотлагательной разработки адекватных методов анализа данных многолетних наблюдений, которые можно было бы использовать без серьезной модификации.

Попытки описать и исследовать систему «хозяин – возбудитель – среда» в рамках математического моделирования единичны. Стил ь изложения этих немногих работ труднодоступен, а главное они не реализованы в простые методы, позволяющие фитопатологу выполнить корректную сравнительную оценку сортов и выбирать из них лучшие.

В установке на оптимизацию методов получения многолетних данных о динамике балла поражения и заключается одна из главных целей работы, определяющая её актуальность.

Объекты и методы исследований. В качестве материала для исследований из коллекционных насаждений было взято 140 сортообразцов черешни для изучения устойчивости к коккомозу. Для изучения устойчивости к монилиозу – 134 сортообразца. Балл поражения образцов коккомикозом (*Blumeriella jaapii* Rehm.v.Arх.) учитывали три раза в течение сезона в 1989, 1990, 1992, 1996-2000 гг.; балл поражения монилиозом на плодах черешни (*Monilia fructigena* West.) – в 1992, 1997-2000.

При оценке устойчивости сортообразцов черешни к коккомикозу в полевых условиях использовали шестибалльную шкалу учета поражения:

- 0 – поражение отсутствует;
- 0,1 – поражены единичные листья, пятна мелкие со слабым спороношением или без него;
- 1 – поражено от 5 до 10 % листьев на дереве, пятна мелкие, единичные или в незначительном количестве, спороношение слабо развито;
- 2 – поражено от 11 до 25 % листьев на дереве, спороношение хорошо развито, листья желтеют и опадают на однолетнем приросте текущего года и в других частях кроны;
- 3 – поражено от 26 до 50 % листьев, пятна на листьях сливаются, спороношение обильное, листья опадают по всей кроне;

4 – поражено более 50 % листьев на дереве, обильное пожелтение и опадение листьев [4, 5].

Поражение плодов монилиозом в полевых условиях оценивали по следующей шкале:

- 0 – отсутствие болезни;
- 0,1– единичные поражения плодов на дереве;
- 1 – поражено 1-10 % плодов на дереве;
- 2 – поражено 11-25 % плодов на дереве;
- 3 – поражено 26-50 % плодов на дереве;
- 4 – поражено свыше 50 % плодов на дереве.

Обсуждение результатов. Селекция плодовых на устойчивость к болезням имеет ряд специфических особенностей. При этом ошибки в определении задач и тактики работы могут в будущем привести к потере продуктивных насаждений на больших площадях.

Результат дисперсионного анализа, который был проведен в начале исследования, подтвердил сложность выделения форм с полигенным типом устойчивости по многолетним данным. Исследования дисперсии в многолетнем испытании четко показали, что значительное влияние на изменчивость балла поражения сортов коккомикозом и монилиозом оказывают условия года и взаимодействия сорт × год (табл. 1, 2).

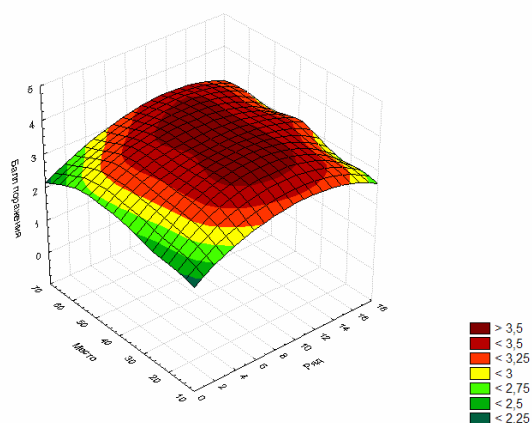
Таблица 1 – Дисперсионный анализ изменчивости балла поражения сортов черешни коккомикозом в начале массового проявления заболевания

Изменчивость	df	mS	F	Дисперсия	Вклад в общую дисперсию, %
Между сортами	49	2,70	13,8*	0,157	21,9
Между годами	4	28,44	141,7*	0,175	24,7
Взаимодействие «сорт × год»	196	0,80	4,0*	0,186	26,3
Остаточная	557	0,20	–	0,200	27,1

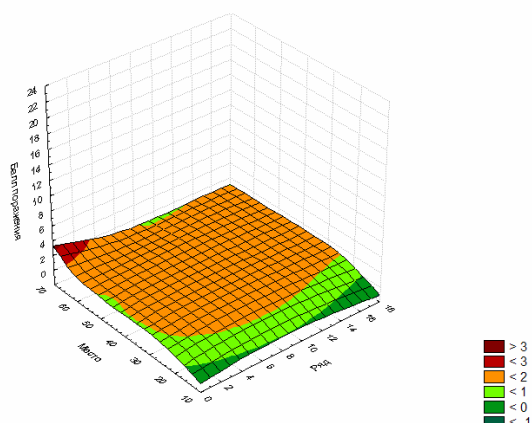
Таблица 2 – Дисперсионный анализ изменчивости балла поражения сортообразцов черешни коккомикозом в середине заболевания

Изменчивость	df	mS	F	Дисперсия	Вклад в общую дисперсию, %
Между сортами	76	1,410	7,58*	0,131	19,6
Между годами	2	56,466	303,56*	0,235	35,1
Взаимодействие «сорт × год»	152	0,549	2,95*	0,117	17,4
Остаточная	487	0,186	—	0,186	27,9

В число эффектов, которые негативно влияют на оценку исследуемого материала, также входит и различие фона возбудителей в пределах квартала сада, которое хорошо прослеживается во все годы исследований во всех изучаемых нами посадках (рис.). При поражении коккомикозом неравномерность распределения балла по годам схожая, то есть на рисунке видно, что внутри сада наблюдается наибольшее поражение болезнью, а по краям – наименьшее. При эпифитотийном развитии монилиоза чаще наблюдается такое же распределение балла, но бывают года, когда развитие инфекции идет по другому сценарию.



Поражение коккомикозом (1999 г.)



Поражение монилиозом (1999 г.)

Рис. Неравномерное распределение балла поражения деревьев черешни коккомикозом и монилиозом в пределах одного квартала сада, ОПХ «Центральное» (Краснодар)

Нами предлагается статистический метод, который обеспечивает минимизацию эффекта всех факторов, кроме генетического различия сортов. Для этого были заимствованы показатели специфики реакции сорта на изменение среды из области оценки экологической пластичности сортов. Один из наиболее популярных здесь методов, предложенный С. Эберхартом и В. Расселом, исходит из представления, что наилучшим образом за изменением условий года «следят» сами исследуемые сорта [6].

С этих позиций в качестве характеристики условий данного года может быть выбран показатель среднего урожая (а в нашем случае – средний балл поражения) по всей изучаемой совокупности сортов. Его называют индексом среды [7].

Предлагаемый нами подход заключается в установлении такого критерия селекционной ценности образца, который включает в себя не только относительно низкий средний балл поражения болезнью, но и показатели его устойчивости в варьирующих условиях среды и характеристики популяции патогена. Статистически такую задачу предлагается решить следующим образом:

- объединить в линейную комбинацию средний многолетний балл поражения, коэффициент линейной регрессии балла поражения на индекс среды и дисперсию отклонений годовых баллов поражения данного сорта от линии регрессии;
- определить координаты изучаемых сортов в ортогональном пространстве главных компонент;
- оценить в этом пространстве расстояние каждой из сортов до точки, отвечающей идеальному объекту; определить в качестве координат наименьший в совокупности данных средний многолетний балл поражения, наименьшее значение коэффициента регрессии и наименьшее значение дисперсии отклонения от линии регрессии;

– по наименьшему расстоянию от точки идеального объекта выбрать лучший по устойчивости сорт (или группу сортов).

При большем количестве изучаемых сортоформ с чисто статистических позиций решение задачи можно упростить за счёт предварительной группировки (кластеризации) сортов на основе указанных трёх параметров изменчивости балла поражения.

Группировку необходимо проводить, используя комбинацию двух методов кластерного анализа: метода Уорда и К-средних [8].

Первый из них позволяет определить число кластеров в пределах изучаемой коллекции сортов, второй – уточнить состав кластеров по критериям минимума внутрикластерной дисперсии и максимума межкластерных расстояний [9, 10, 11]. Корректность кластерного решения необходимо подтверждать результатами дискриминантного анализа.

На основе предложенного нами подхода выделены лучшие по устойчивости к коккомикозу формы черешни: Винка, клон Дайбера черная-12-20, Киевская, 2-16, Аэлита, Дагестанская ранняя, Поздняя Лермонтова, Уголек, Гинь ранняя Риверса, Рубиновая Кубани и к монилиозу – Орлеанская красавица, 13-23, Гинь ранняя Риверса, Кавказская плотная, Бигарро Тараса.

Выводы. Предложен метод, авторская новизна которого заключается в оптимизации оценки устойчивости, учитывающей данные многолетних наблюдений за счет использования математико-статистических методов из категории многомерных. Оценка генетически обусловленной устойчивости к патогенам построена на объединении основных компонентов системы «сорт в изменяющихся условиях произрастания».

В качестве обобщенной характеристики условий года обоснованно выбраны: генотип сорта, индекс среды, оцениваемый по среднему баллу поражения всей совокупности изучаемых сортов, и две основные характеристики динамики балла поражения, а именно коэффициент регрессии годичного балла поражения сорта на индекс среды и дисперсия отклонения годичных баллов от линии регрессии.

Ценность предложенного подхода заключается в том, что с его помощью могут быть с большой пользой использованы (утилизированы) обширные данные по динамике устойчивости сельскохозяйственных растений к патогенам, которые уже накоплены селекционерами и специалистами по сортоиспытанию, но часто практически не используются из-за отсутствия простых и доступных методов анализа и зачастую противоречивых данных.

Литература

1. Кузнецова А.П. Ускоренная оценка устойчивости черешни и вишни к коккомикозу и монилиозу / А.П. Кузнецова // Садоводство и виноградарство, 2005.– № 1.– С. 19-20.
2. Кузнецова, А.П. Выделение эффективных источников устойчивости к коккомикозу из форм подвоев для мелкокосточковых селекции СКЗНИИСиВ / А.П. Кузнецова, М.С. Ленивцева, В.В. Шестакова, О.А. Соколов // [Плодоводство и ягодоводство России](#). 2012. Т. 34. № -1. С. 407-413.
3. Кузнецова, А.П. Оценка генотипической структуры популяции иммунных и высоко устойчивых к биотическим стрессорам форм для конструирования агроэкосистем. Параметры адаптивности многолетних культур в современных условиях развития садоводства и виноградарства / А.П. Кузнецова // Научные труды ГНУ СКЗНИИСиВ «Методологическое обеспечение селекции садовых культур и винограда на современном этапе».– Краснодар.– Т. 1, 2013.– С. 143-149.
4. Кузнецова, А.П. Иммунологический подход к созданию высокоадаптивных форм косточковых культур / А.П. Кузнецова, М.С. Ленивцева, М.В. Маслова, О.В. Еремина / Плодоводство и виноградарство Юга России [Электронный ресурс].– Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2011.– № 10(4).– С. 42-48.– Режим доступа:<http://www.journal.kubansad.ru/pdf/11/04/04.pdf>.
5. Методические указания по фитосанитарному и токсикологическому мониторингам плодовых пород и ягодников.– Краснодар, 1999. – 85 с.
6. Изучение устойчивости черешни и вишни к коккомикозу: Методические указания / Сост. М.С. Чеботарева.– Л., 1985. – 29 с.
7. Eberhart S.A., Russel W.Y. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. – 1966, vol. 6, N 1, pp. 36-40.
8. Олдендерфер М.С., Блэшфилд С.К. Кластерный анализ / В кн.: Факторный, дискриминантный и кластерный анализ.– М.: Мир, 1989.– С. 139-210.
9. Волчков, Ю.А. Оценка коллекции сортоформ черешни к коккомикозу и монилиозу на основе комплекса показателей уровня и стабильности полевой устойчивости / Ю.А. Волчков, А.П. Кузнецова // Пути интенсификации и кооперации в селекции садовых культур и винограда. – Краснодар, 2002. – С. 145-149.
10. Кузнецова, А.П. Новый статистический подход к эколого-генетическому анализу устойчивости плодовых косточковых культур к болезням / А.П. Кузнецова, Ю.А. Волчков, А.В. Алексеенко // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук, 2001. – № 5.– С. 17.

11. Статистический метод оценки устойчивости сортов плодовых культур к грибным болезням по данным многолетних наблюдений Волчков Ю.А., Кузнецова А.П., Алексеенко А.В. В сборнике: Методики опытного дела и методические рекомендации Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства Методический сборник. Е.А.Егоров (главный редактор).– Краснодар, 2002.– С. 116-118

References

1. Kuznetsova A.P. Uskorennaya otsenka ustoychivosti chereszni i vishni k kokkomikozu i moniliozu / A.P. Kuznetsova // Sadovodstvo i vinogradarstvo, 2005.– № 1.– S. 19-20.

2. Kuznetsova, A.P. Vydelenie effektivnykh istochnikov ustoychivosti k kokko-mikozu iz form podvoev dlya melkokostochkovykh selektsii SKZNIISiV / A.P. Kuznetsova, M.S. Lenivtseva, V.V. Shestakova, O.A. Sokolov // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. 2012. T. 34. № 1. S. 407-413.

3. Kuznetsova, A.P. Otsenka genotipicheskoy struktury populyatsii immunnykh i vysoko ustoychivyykh k bioticheskim stressoram form dlya konstruirovaniya agroekosi-stem. Parametry adaptivnosti mnogoletnykh kul'tur v sovremennykh usloviyakh razvitiya sadovodstva i vinogradarstva / A.P. Kuznetsova // Nauchnye trudy GNU SKZNIISiV «Metodologicheskoe obespechenie selektsii sadovykh kul'tur i vinograda na sovremen-nom etape».– Krasnodar.– T. 1, 2013.– S. 143-149.

4. Kuznetsova, A.P. Immunologicheskii podhod k sozdaniyu vysokoadaptivnykh form kostochkovykh kul'tur / A.P. Kuznetsova, M.S. Lenivtseva, M.V. Maslova, O.V. Eremina / Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii [Elektronnyj resurs].– Krasnodar: SKZNIISiV, 2011.– № 10(4).– S. 42-48.–

Rezhim dostupa:<http://www.journal.kubansad.ru/pdf/11/04/04.pdf>.

5. Metodicheskie ukazaniya po fitosanitarnomu i toksikologicheskomu monito-ringam plodovykh porod i yagodnikov.– Krasnodar, 1999. – 85 s.

6. Izuchenie ustoychivosti chereszni i vishni k kokkomikozu: Metodicheskie ukazaniya / Sost. M.S. Chebotareva.– L., 1985. – 29 s.

7. Eberhart S.A., Russel W.Y. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. – 1966, vol. 6, N 1, pp. 36-40.

8. Oldenderfer M.S., Bleshfield S.K. Klasterniy analiz / V kn.: Faktorniy, diskriminantnyy i klasterniy analiz.– M.: Mir, 1989.– S. 139-210.

9. Volchikov, Yu.A. Otsenka kollektzii sortoform chereszni k kokkomikozu i moniliozu na osnove kompleksa pokazateley urovnya i stabil'nosti polevoy ustoychivosti / Yu.A. Volchikov, A.P. Kuznetsova // Puti intensivifikatsii i kooperatsii v selektsii sado-vykh kul'tur i vinograda. – Krasnodar, 2002. – S. 145-149.

10. Kuznetsova, A.P. Novyy statisticheskiy podhod k ekologo-geneticheskomu analizu ustoychivosti plodovykh kostochkovykh kul'tur k boleznyam / A.P. Kuznetsova, Yu.A. Volchikov, A.V. Alekseenko //Doklady Rossiyskoy akademii sel'skohozyaystven-nykh nauk, 2001. – № 5.– S. 17.

11. Statisticheskiy metod otsenki ustoychivosti sortov plodovykh kul'tur k gribnym boleznyam po dannym mnogoletnykh nablyudeniy Volchikov Yu.A., Kuznetsova A.P., Alekseenko A.V. V sbornike: Metodiki opytного dela i metodicheskie rekomen-datsii Severo-Kavkazskogo zonal'nogo nauchno-issledovatel'skogo instituta sadovodst-va i vinogradarstva Metodicheskiy sbornik. E.A.Egorov (glavnyy redaktor).– Krasno-dar, 2002.– S. 116-118