

УДК 634.1:574:575

МЕТОДИКА ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ АДАПТИВНОСТИ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР

Лопатина Лидия Михайловна
канд. биол. наук

Драгавцева Ирина Александровна
д-р с.-х. наук, профессор

Государственное научное учреждение Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства Россельхозакадемии, Краснодар, Россия

Представлена методика эколого-генетической оценки адаптивности плодовых культур, учитывающая генетическое разнообразие и индивидуальные особенности реакции сортов на метеофакторы среды по периодам развития.

Ключевые слова: ПЛОДОВЫЕ КУЛЬТУРЫ, МЕТЕОФАКТОРЫ, ФАЗА РАЗВИТИЯ, АДАПТИВНОСТЬ, МЕТОДИКА, МОДЕЛЬ

UDC 634.1:574:575

THE METHOD OF ECOLOGICAL AND GENETIC EVALUATION OF FRUIT CULTURE'S ADAPTABILITY

Lopatina Lidiya
Cand. Biol. Sci.

Dragavtseva Irina
Dr. Sci. Agr., Professor

State Scientific Organization North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture of the Russian Academy of Agricultural Sciences, Krasnodar, Russia

The method of ecological and genetic evaluation of fruit culture's adaptability, that takes into consideration the genetic diversity and individual features of varieties reaction on the meteorological factors of environment in the various periods of development, is presented.

Key words: FRUIT CULTURES, METEOROLOGICAL FACTORS, PHASE OF DEVELOPMENT, ADAPTABILITY, METHOD, MODEL

Введение. Необходимость изучения и понимания взаимоотношений между генными системами и определёнными компонентами внешней среды не вызывает сомнения. Выведение сортов плодовых культур с заданными генетическими особенностями не всегда возможно, поэтому для достижения максимальной продуктивности имеющихся в данное время сортов необходимо знание их реакции как на контролируемые, так и на неконтролируемые лимитирующие факторы, и пределы возможных градиентов среды возделывания.

Территория Северного Кавказа расположена в зоне рискованного плодводства, особенно для возделывания косточковых культур. Отсюда возникает прямая необходимость как знания типичных лимитов в типичные сроки для каждой географической ниши, так и наличия сортов, имеющих генетический механизм адаптации к этим лимитам в конкретные сроки вегетации. Благоприятные и неблагоприятные сочетания внешних факторов (перепады температур в зимне-весенний период, абсолютный минимум температуры, морозы и т.д.) иногда создают условия для гибели цветковых почек, древесины и урожая, а в иных случаях – оптимальные условия для формирования урожая.

В связи с этим учёт внешних лимитирующих факторов должен быть комплексным, а методы математического анализа многомерными [1, 2].

Для оценки связи многих признаков растительного организма с откликами часто применяется множественный регрессионный анализ, в частности при составлении линейных климатических моделей [3, 4, 5], а также – агроклиматической модели [6, 7]. Поэтому нам представляется чрезвычайно важной идеология подхода к использованию многофакторных моделей связи.

Новизна нашего методического подхода состоит в следующем – внешние факторы необходимо учитывать не по месяцам, декадам и т.д., как это часто делается исследователями [3, 8], а строго привязывать к конкретным периодам развития растений и к конкретным признакам [9, 10].

Кроме того, прежде чем переходить к составлению множественной многомерной модели, предлагается выяснить, какие из учтённых признаков среды входят в главные факторы системы «организм-среда». Затем следует перейти к построению модели связи изучаемого признака с внешними лимитирующими факторами, детерминирующими его формирование в рамках генетической нормы реакции.

Одна из задач использования разработанной нами методики – помочь селекционеру в создании высокоадаптированных сортов плодовых культур и сортоведы – в установлении причинно-следственных связей в системе генотип-среда.

Обсуждение результатов. Урожайность сортов плодовых культур – самый важный и сложный признак, связанный с другими биологическими признаками или признаками продуктивности. Наблюдая за детерминацией второстепенных показателей, легче видеть формирование результирующего признака. При этом каждый компонент может формироваться на фоне конкретного лимитирующего фактора, то есть один компонент может детерминироваться одним спектром генов, другой – другим спектром (при смене лимитирующего фактора) или тем же, что и первый компонент (в случае сохранения лимитирующего фактора).

В связи с тем, что модель эколого-генетического контроля предполагает лабильность спектра генов, детерминирующих изменчивость признака при смене лимитирующих факторов внешней среды, то исследователь должен позаботиться о достаточном разнообразии экологических градиентов. Возможно ставить экологические эксперименты в зонах, различающихся продолжительностью дня и погодными условиями на одинаковых этапах развития, можно использовать разнообразие условий по годам в одной зоне, если погодные условия здесь не стабильны для выращивания изучаемой культуры. Особенно это существенно при ретроспективном анализе исходных родительских линий для подбора родительских пар и для оптимизации размещения плодовых культур в экологических нишах.

Для того чтобы точек опыта было не менее 10, можно сочетать разнообразие лет и разнообразие географических пунктов. Все иные условия (площадь посадки, тип подвоя, характер обрезки и другие приёмы) должны быть одинаковыми во всех точках опыта (пункты × годы). Желательно,

чтобы не было резких отличий по типам почв. Следует учитывать осадки, влажность воздуха, температуру среднесуточную, минимальную, максимальную, суммы температур, продолжительность светового дня и т.д., которые являются внешними лимитирующими факторами.

В период проведения опытов в каждом пункте ежегодно учитывают наступление различных фенологических фаз. Если нужны основные характеристики, то учитываются крупные фенологические фазы (период покоя, фаза набухания, распускания цветковых почек, цветение, созревание). Для более углублённого эколого-генетического анализа можно отмечать, например в период покоя, – I, II, III археспориальную фазу, материнские клетки пыльцы. В момент распускания цветковых почек – фазы редукционного деления, тетрад, одноклеточной, двуклеточной пыльцы, крахмального максимума. В период созревания – этапы морфогенеза (появление, уплощение конуса нарастания, появление чашелистиков, лепестков, тычинок, пестика). Пример вида подачи информации приведён в табл. 1

Таблица 1 – Фазы развития и некоторые учитываемые признаки

Сорт	Даты					Изучаемые признаки		
	Период покоя	Набухание цветковых почек	Распускание цветковых почек	Цветение	Созревание урожая	Морозостойкость	Балл повреждения болезнью	Урожайность

Примечание. Таблицы должны быть заполнены полностью, наличие пропусков не допускается, так как восстановленные значения, даже по многолетним данным снижают точность оценки.

Кроме вышеуказанных данных требуется информация о суточном значении внешних лимитирующих факторов окружающей среды за весь изучаемый период, которая накапливается и хранится на магнитных носи-

телях. Поэтому целесообразно и экономически более выгодно иметь банки многолетних данных.

Построение моделей регрессионных связей. Элементы живого организма составляют единую систему и изменение одного из них влечёт за собой изменение других. Для воспроизведения самых важных черт системы целесообразно применение регрессионного анализа [12, 13].

Главным является не столько математический подход, сколько правильное его применение и четкая интерпретация полученных результатов.

Так, использование множественного регрессионного анализа для оценки формирования урожая в зависимости от метеофакторов, взятых по декадно, слабо отражает причинно-следственные связи, его детерминацию и не раскрывает механизма возникновения гомеостаза. Предложенный авторами принцип вкладывания метеоданных в рамки периодов онтогенеза позволяет объединить в одном уравнении признаки двух систем – растения и среды [1, 9].

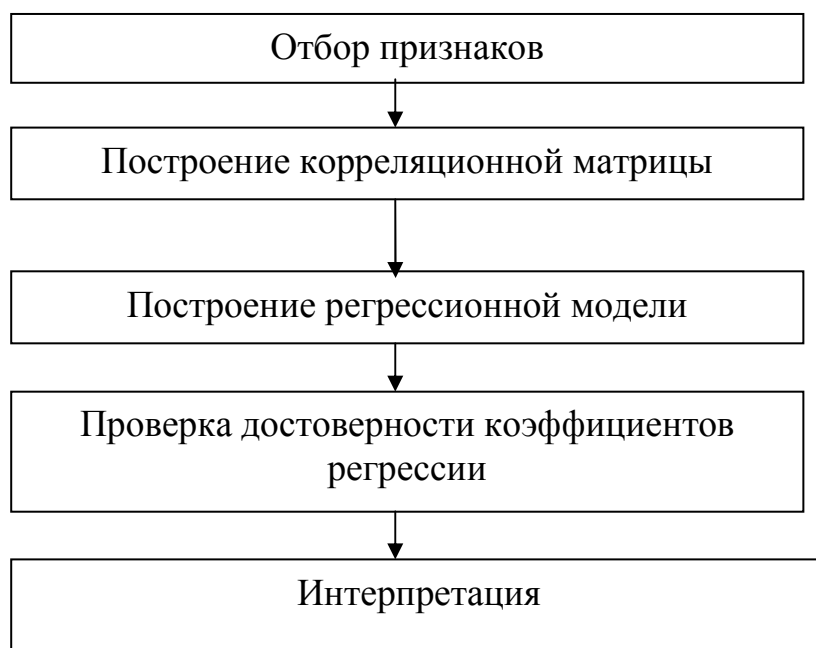


Рис. Блок-схема эколого-генетического анализа адаптивных свойств сортов

Эколого-генетический анализ, проведенный по этому принципу, помогает вскрыть механизмы, определяющие зависимость фенотипического разнообразия от средовых факторов, установить направления и доли влияния отдельных лимитирующих факторов на детерминацию конкретных признаков и их результирующую величину (рис.).

Для проверки ограничений применения регрессионного подхода [11] вначале проводится статобработка изучаемого и факторных признаков с оценкой средних величин, их ошибок, дисперсии, вариации, t-критерия, коэффициентов корреляции отклика с факторными признаками, то есть проверяются статистическая достоверность и репрезентативность выборки признаков рядов.

Далее рассчитывается корреляционная матрица факторных признаков каждого с каждым. Поскольку мы *строим линейную регрессионную модель* (1), то должны выполняться требования минимума дисперсии σ_e^2 и минимума корреляционных связей факторных признаков, включённых в комплекс:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + e_1, \quad (1)$$

где Y – изучаемый признак (отклик);
 x_i – факторные признаки;
 n – число факторных признаков;
 e – средовая изменчивость;
 β_0 – коэффициент регрессии при переменной.

После выполнения условия $R^2 \leq 1$ можно составить линейную регрессионную модель (R^2 – множественный коэффициент детерминации).

Вычислительная работа заканчивается проверкой достоверности коэффициентов уравнения, адекватности модели и долей влияния каждого факторного признака на отклик. Заканчивается работа интерпретацией полученных результатов, где требуются определённые знания биологии, генетики, математики.

При использовании многомерных анализов, основанных на методе наименьших квадратов, чтобы система была определена, число точек опыта должно быть не меньше числа признаков, включённых в уравнение. По предложенной методике пофазовой оценки факторных признаков получается:

$$n \times m,$$

где n – число учитываемых метеофакторов;

m – число учтённых фаз развития, то есть более 20-25.

Следует отметить, что предоставить такое же количество точек опыта исследователю, во-первых, очень сложно, во-вторых, не нужно, поскольку многие из признаков окажутся несущественными при формировании отклика.

Выбор признаков для анализируемого комплекса начинают с факторного анализа или с *составления монофакторных регрессионных моделей*. Исходным материалом для получения монофакторных моделей являются программно составленные на ЭВМ таблицы по форме, указанной в табл. 2. Для единовременных заказов такие таблицы составляет заказчик. Под каждым фактором записываются его значения: средние или суммарные в каждую фазу онтогенеза.

Таблица 2 – Изменение внешних условий по фазам онтогенеза сорта

Условия опыта (год, пункт)	Фазы			
	1	2	3

	1 фактор (температура воздуха)			
1				
2				
.....				
	2 фактор (влажность воздуха)			
1				
2				
.....				
	3 фактор (например, количество осадков и т.д.)			
1				
2				
.....				

Вначале составляют монофакторные регрессионные модели, когда неизвестными являются значения одного и того же фактора, но по разным периодам развития.

Например, температурная модель:

$$Y = a_0 + a_1 t_1 + a_2 t_2 + \dots + a_m t_m$$

где t_i – средняя температура за i -ю фазу развития (или сумма температур за фазу, если требуется энергетическая характеристика среды).

В монофакторной модели

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^m a_i x_i$$

x_i – любой погодный фактор в динамике.

В результате этой части работы получена серия монофакторных уравнений:

$$Y_1 = a_{10} + a_{11} x_{11} + a_{12} x_{12} + \dots + a_{1m} x_{1m}$$

$$Y_2 = a_{20} + a_{21} x_{21} + a_{22} x_{22} + \dots + a_{2m} x_{2m}$$

.....

$$Y_n = a_{n0} + a_{n1} x_{n1} + a_{n2} x_{n2} + \dots + a_{nm} x_{nm}$$

Каждое уравнение проходит проверку на достоверность коэффициентов уравнения и адекватность модели с оценкой доли влияния каждого фактора на изучаемый признак и общий коэффициент детерминации. Полученные уравнения участвуют в интерпретации результатов, как и коэффициенты парной корреляции отклика с факторными признаками. Кроме того, они помогают составить многофакторные регрессионные модели.

Для завершающего расчётного комплекса отбирают факторы с наибольшей долей влияния, убирают высококоррелирующие и *составляют*

многофакторную регрессионную модель зависимости изучаемого признака от изменения погодных факторов в разные фазы развития сорта.

Теперь в уравнении

$$Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_{mn}x_{mn}$$

x_i – может быть любой из n факторов в любую из m -фаз.

После проверки многофакторной регрессионной модели на достоверность коэффициентов и адекватность модели приступают к описанию (интерпретации) полученных результатов.

Знаки «+» перед коэффициентами (при высокой доле влияния) означают повышенную потребность отклика в данном факторе в эту фазу.

Знаки «-» говорят о негативной реакции растений на указанный фактор в эту фазу (с учётом доли влияния).

Завершается эколого-генетический анализ характеристикой сорта с указанием устойчивых или слабых адаптивных генетических систем на разных этапах развития и рекомендацией экологических условий, которые были бы оптимальными для получения большего урожая сорта.

Заключение. Представленную методику эколого-генетической оценки адаптивности плодовых культур можно использовать для:

- дифференцированной оценки адаптивных свойств сортов различных сельскохозяйственных культур;
- при подборе родительских пар;
- в процессе селекции при отборе гибридных форм;
- для оценки требований сорта к экологическим условиям при оптимальном его размещении в производстве.

Данная методика открывает большие возможности для оптимизации селекционного процесса и эффективности размещения культур в сельскохозяйственном производстве.

Литература

1. Лопатина, Л.М. Дрейф коэффициентов пластичности и его объяснение с помощью многомерных анализов / Л.М.Лопатина, Д.Ю. Папазов / Сб.научн.тр.– Краснодар, 1984.– Вып. 27.– С. 183-189.
2. Лопатина, Л.М. Планирование экологических испытаний и оценка экологической пластичности сортов и гибридов сельскохозяйственных культур с помощью регрессионных моделей / Л.М. Лопатина // Вестн. с.-х. науки.– 1986.– №4.– С. 71-79.
3. Белобородова, Г.Г. Агрометеорологические основы повышения продуктивности плодовоговодства / Г.Г. Белобородова.– Л.– 1982.– 128 с.
4. Thomsom Z.M. Weather and technology in corn production – Proc. WMO Simp. On the Agronomieology of the Moixe (corn). Crop. Ames. I ower, 1976, 59, p 309-313.
5. Yiang De-Hua-Actageorg. Sin, 1983, 38, 2, 188-196.
6. Ollivier M., mallet P. Un modele d'action des technigues culturales sur le ble – Anales agronomiges, 1979, 30,6 p.529-551.
7. Ряднова, И.М. Покой плодовых деревьев / И.М. Ряднова // Вестник с/х науки. №7.– 1963.– С. 78-85.
8. Нестеров, Я.С. Биологические особенности и селекция яблони в условиях Северного Кавказа / Я.С. Нестеров.– Воронеж, 1962. –305 с.
9. Драгавцев, В.А. Управление продуктивностью сельскохозяйственных культур на основе закономерностей их генетических и фенотипических изменений при смене лимитов внешней среды / В.А Драгавцев., И.А. Драгавцева, Л.М.Лопатина.– Краснодар, 2003.– 211 с.
10. Смиряев, А.В. Биометрические методы в селекции растений / А.В.Смиряев, М.В. Гохман.– М.: Агропромиздат, 1985.– 486 с.
11. Афифи, А. Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ / А. Афифи, С. Айзен.– М.: Мир, 1982.– 486 с.
12. Лопатина, Л.М. О генетических механизмах становления и изменчивости параметров гомеостаза сортов сельскохозяйственных растений/ Л.М. Лопатина, Д.Ю. Папазов, И.А. Драгавцева // Генетика, 1986.– Т. 22, № 9.– С. 2295-2302.
13. Дрейпер Н., Смит П. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, П. Смит. – М.: Статистика, 1973.– Т. 2.– 350 с.