

УДК 634.1:631.52:58.084.2:519.233

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПРИЗНАКОВ В СЕЛЕКЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ С ПЛОДОВЫМИ РАСТЕНИЯМИ

**Любовь Андреевна Михайлова**

аспирант

mihaylova.mgau@mail.ru

**Лариса Викторовна Бобрович**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

bobrovich63@mail.ru

**Наталья Викторовна Картечина**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

kartechnatali@mail.ru

**Лариса Ивановна Никонорова**

lenaniknrva@rambler.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

Мичуринск, Россия

**Аннотация.** В статье представлены результаты анализа ряда многомерных подходов для оценки экологической пластичности и прогнозирования количественных признаков в селекционных исследованиях с плодовыми культурами.

**Ключевые слова:** плодовые растения, генотип, условия среды, экологическая пластичность, статистические методы, количественная оценка, нечеткие множества.

**Введение.** Исследование взаимодействия генотипа с условиями среды и его количественная оценка имеют важное значение в селекционно-генетических исследованиях. Это позволяет охарактеризовать генотипы с точки зрения их реакции на внешние воздействия (стабильность или пластичность их признаков). Эта проблема разработана явно недостаточно, особенно в отношении плодовых растений [3, 6, 7, 8].

Можно выделить ряд подходов, основанных на многомерных статистических методах, которые используются в основном для оценки экологической пластичности однолетних монокарпических растений (размножающихся - цветущих или плодоносящих - только один раз в течение жизни). Рассмотрим возможности их применения к изучению данной проблемы у плодовых культур - многолетних поликарпических растений.

Большое применение в научном плодоводстве получили методы, основанные на многофакторном дисперсионном анализе [1, 2, 4, 5]. Отличительной особенностью дисперсионного анализа (или анализа вариантов) является то, что вариация признаков у сортов количественно характеризуется дисперсией. Сравнивая дисперсии соответствующих распределений, можно охарактеризовать взаимодействие между генотипом и средой.

**Результаты исследований.** Мы провели анализ наиболее широко используемых при оценке экологической пластичности растений методов. Прежде всего, это методы, основанные на множественном регрессионном анализе. С помощью регрессионного анализа генотип характеризуется с помощью двух независимых параметров: среднего значения признака и реакции его на условие среды, измеряемой коэффициентом регрессии [1, 6]. Наибольшую известность получил метод Эберхарта-Рассела, согласно которому определяются линейная функция взаимодействия генотипа со средой через коэффициент линейной регрессии и нелинейная функция через среднеквадратическое отклонение от линии регрессии. Фактор среды выражается индексом среды (обобщенной величиной самих признаков сравниваемых генотипов в каждом отдельном варианте условий среды).

Применительно к плодовым растениям был предложен модифицированный метод Эберхарта-Рассела по признаку «средняя масса плода» [1]. В этом методе учитываются возраст плодовых растений и нагрузка их урожаем, существенно влияющие на индекс среды.

В упомянутом модифицированном методе взаимосвязи индекса среды с основными метеорологическими показателями (средней, минимальной и максимальной температурой воздуха, суммой осадков, температурой почвы) за различные промежутки вегетационного периода позволяет проанализировать применение множественной корреляции. Метод показал свою работоспособность в исследованиях на яблоне при обработке данных учетов средней массы плода, возраста деревьев и нагрузки их урожаем для 4 сортов за 6 лет и на сливе - 8 сортов за 10 лет (ВНИИГиСПР им. И. В. Мичурина).

Эффективность применения метода множественной регрессии существенно зависит от взаимной корреляции признаков, что затрудняет анализ результатов. Поэтому при исследовании экологической пластичности растений перспективным является использование методов, позволяющих исключить влияние взаимодействия факторов. К ним относятся такие методы, как анализ путевых коэффициентов, кластерный анализ, факторный анализ, анализ главных компонент и др. Но для исследования экологической пластичности плодовых растений наибольший интерес, на наш взгляд, представляет метод главных компонент.

Для создания новых сортов плодовых растений с заданными хозяйственно ценными признаками большое значение имеет разработка математической модели наследования количественных признаков.

Большинство признаков, представляющих хозяйственный интерес, оценивается в баллах. При использовании балльной оценки в исследование вносится субъективный элемент, границы между градациями признака разные люди могут оценивать по-разному, поэтому такие границы становятся нечеткими.

Это, соответственно, приводит к понятию нечеткого множества, впервые введенного Д. А. Заде в 1965 году [2]. Теория нечетких множеств в настоящее время интенсивно развивается и находит применение в таких областях, где участие человека в получении исходной информации и ее оценке является обязательным.

При использовании нечетких множеств проявление какого-либо признака у конкретного сорта можно представить, например, таким нечетким множеством:

$$A = ((p_1/x_1), (p_2/x_2), (p_3/x_3), (p_4/x_4), p_5/x_5)),$$

где  $p_1, p_2, p_3, p_4, p_5$  можно рассматривать как доли растений соответственно с очень низким, низким, средним, высоким и очень высоким проявлением признака.

Совокупность чисел  $M = (p_1, p_2, p_3, p_4, p_5)$  называют функцией принадлежности элемента  $x$  к нечеткому множеству  $A$ .

Для прогнозирования результатов скрещивания необходимо составить таблицу скрещиваний. Так, в рамках полимерной модели наследования в случае двух локусов с аллелями  $A$  и  $a$ ,  $B$  и  $b$ , если считать, что вклады доминантных аллелей равны единице, а рецессивных - нулю, то для генотипов  $aavv, Aavv, aaVv, AaVv, AAvv, aaVV, AaVV, AAVV$  получим значения признака 0, 1, 1, 2, 2, 2, 3, 3, 4 соответственно. Если относить к классу  $x_1$  генотипы со значением признака 0, к классу  $x_2$  - генотипы со значением признака 1, к классу  $x_3$  - генотипы со значением признака 2 и т. д., то можно получить распределение признака для каждой комбинации скрещивания.

Для большего числа локусов каждый класс  $x_2$  будет содержать несколько генотипов, и для получения функции принадлежности гибридов комбинации нужно будет проанализировать результаты скрещиваний по каждому генотипу, входящему в эти классы, и взять среднее значение принадлежностей.

Расчеты для разного числа локусов (от 2 до 9) показали, что с ростом числа локусов наблюдается некоторая стабилизация функции принадлежности. Для большего числа локусов трудоемкость таких расчетов повышается, но

возможно, что функция принадлежности для большего числа локусов не очень сильно будет отличаться от таковой для 8, 9-локусной, но этого нужно проведение дальнейших исследований в этом направлении.

**Заключение.** В целом можно заключить, что поиск и совершенствование методов математической статистики, которые дают возможность объективной оценки взаимодействий между генотипами плодовых многолетних растений на основе анализа количественных характеристик взаимосвязей между растениями и воздействующими на них факторами окружающей среды с целью выявления наиболее хозяйственно ценных признаков для использования в селекционном процессе является в настоящее время необходимостью для садоводов.

#### Список литературы:

1. Антуганова Л.С. Статистические методы исследования экологической пластичности плодовых растений // Повышение эффективности сельскохозяйственного производства – опыт и проблемы: Краткие тезисы докладов областной научно-производственной конференции. Мичуринск. 1993. С. 233-234.
2. Бутенко А.И. Использование нечетных множеств для прогнозирования количественного признака в потомстве при гибридизации плодовых растений // Повышение эффективности сельскохозяйственного производства – опыт и проблемы: Краткие тезисы докладов областной научно-производственной конференции. Мичуринск. 1993. С. 27-28.
3. Математические модели и инструментальные методы в селекции / Драгавцева И.А., Драгавцев В.А., Ефимова И.Л. [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50, № 5. С. 590-599.
4. Пирс С. Полевые опыты с плодовыми деревьями / М.: Колос. 1969. 224 с.
5. Повышение точности определения вариационно-статистических характеристик и оценки различий в исследованиях / Л.В. Бобрович, Н.В. Андреева, Н.В. Картечина [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей

промышленности АПК - продукты здорового питания. 2019. № 3 (29). С. 69-75.  
EDN PKWVHE.

6. Потапов В.А., Бобрович Л.В., Петрушин В.Н. Биометрия плодовых культур / Мичуринск: Изд-во МичГАУ. 2004. 332 с. EDN QKWTYN.

7. Щеглов С.Н. Применение биометрических методов для ускорения селекционного процесса плодовых и ягодных культур / Краснодар: Кубанский Гос. ун-т. 2005. 106 с. EDN QYVIFF.

8. Practical application of variance analysis of four-factor experience data as a technology of scientific research / N.V. Kartechina, L.V. Bobrovich, L.I. Nikonorova, N.V. Pchelinceva, R.N. Abaluev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. С. 52030. EDN ELNJXC.

**UDC 634.1:631.52:58.084.2:519.233**

## **QUANTITATIVE EVALUATION OF TRAITS IN BREEDING STUDIES WITH FRUIT PLANTS**

**Lyubov A. Mikhailova**

Postgraduate student  
mihaylova.mgau@mail.ru

**Larisa V. Bobrovich**

Doctor of Agricultural Sciences, Professor  
bobrovich63@mail.ru

**Natalia V. Kartechina**

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor  
kartechnatali@mail.ru

**Larisa I. Nikonorova**

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

lenaniknrva@rambler.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

**Abstract.** The article presents the results of the analysis of a number of multidimensional approaches for assessing ecological plasticity and predicting quantitative characteristics in breeding studies with fruit crops.

**Key words:** fruit plants, genotype, environmental conditions, ecological plasticity, statistical methods, quantitative assessment, fuzzy sets.

Статья поступила в редакцию 05.09.2023; одобрена после рецензирования 16.10.2023; принята к публикации 27.10.2023.

The article was submitted 05.09.2023; approved after reviewing 16.10.2023; accepted for publication 27.10.2023.