

УДК 634.54

ББК 42.357

Б-59

Биганова Светлана Герсановна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры информационной безопасности и прикладной информатики факультета информационных систем в экономике и юриспруденции ФБГОУ ВПО «Майкопский государственный технологический университет», 385000, Республика Адыгея, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191, svetlanabiganova@yandex.ru

ИЗУЧЕНИЕ ЭНТРОПИИ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОВ ЛЕЩИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

(рецензирована)

Изучена относительная энтропия качественных показателей плодов лещины в популяции, субпопуляции, у перспективных форм, известных сортов фундука. Установлена связь между относительной энтропией, коэффициентом вариации и числом наблюдений в опыте. Предложен метод расчёта объёма выборки по значениям относительной энтропии.

Ключевые слова: относительная энтропия, лещина, качество плодов, вкус, крепость скорлупы, неразрушаемость ядра, наличие шелухи на ядре, цвет скорлупы, коэффициент вариации, объём выборки.

Biganova Svetlana Gersanovna, Candidate of Agricultural Sciences, associate professor of the Department of Information Security and Applied Computer Science of the Faculty of Information Systems in Economics and Law of FSBEI HPE "Maikop State Technological University", e-mail: svetlanabiganova@yandex.ru

STUDY OF ENTROPY OF QUALITATIVE INDICATORS OF COMMON HAZELNUT FRUIT

(reviewed)

The relative entropy of qualitative indicators of hazelnut fruit in the population, subpopulation, in promising forms, common hazelnut varieties have been studied. The connection between the relative entropy, the coefficient of variation and the number of observations in the experiment has been revealed.

The method of calculation of sample size on the values of the relative entropy has been offered. Keywords: relative entropy, hazelnut, fruit quality, taste, shell strength, kernel indestructibility, husk availability at the nucleus, shell color, the coefficient of variation, the sample size.

Введение

Энтропия – это функция распределения вероятностей стационарной системы. Популяция является сложной биологической системой. В ней протекают различные процессы. Одни из них – такие как генетическое разнообразие, различия в условиях произрастания способны увеличить энтропию, другие – искусственная селекция уменьшают её. Изучению таких процессов на видовом уровне посвящён ряд исследований, в которых отмечается их перспективность и необходимость расширения [1]. На внутривидовом уровне энтропия изучена крайне недостаточно, а для ореховодства она носит эпизодический характер [5].

Объекты и методика

Исследования проводились в лесной зоне Республики Адыгея на высотах от 300 до 1500 м н. у. м. На пробных площадях с каждого из 522 кустов случайным образом отбиралось по одному ореху. Качественные показатели плодов изучали по методике Бигановой-Сухоруких [2, 5, 6] у 10 перспективных форм лещины и 10 сортов фундука, произрастающих в сходных условиях (плоды

собирали с одного растения каждого сорта или формы). Статистическая обработка данных проводилась общепринятыми методами [2, 3, 6], с использованием компьютерных программ.

Результаты и обсуждение

Энтропия позволяет оценить степень неопределённости распределения. Рассчитывается она не по значениям, а по их вероятностям, как отрицательная сумма взвешенных логарифмов статистического веса $p(y_j)$ данного стационарного состояния

$$H(y) = - \sum_j [p(y_j)] \log_2 p(y_j) \quad (1)$$

где $H(y)$ – энтропия распределения; j – номер категории переменной y ; $p(y_j)$ – вероятность (частота) появления j -го значения переменной y .

На этой основе разработано целое семейство теоретико-информационных коэффициентов связи [3, 4]. К их числу относится относительная энтропия. Она применяется для сравнения систем, различающихся по количеству градаций и вычисляется, как отношение конкретного значения энтропии к максимально возможной для данного испытания (2).

$$E = \frac{H}{H_{\max}} \quad (2)$$

где E – относительная энтропия распределения; H – вычисленная энтропия распределения; H_{\max} – максимальная энтропия для данного распределения

Этот показатель определяет относительную степень информационной эквивалентности системы по отношению к максимально возможной выравненности и принимает значения от 0 до 1. Нулевое значение означает, что все данные принадлежат к одной категории качества. Если результаты равновероятны, относительная энтропия будет максимальной и равной единице [4].

Изучена относительная энтропия в популяциях, слагающих её субпопуляциях, среди перспективных дикорастущих форм лещины и сортов фундука. Результаты представлены в (табл. 1).

Из данных таблицы следует, что относительная энтропия уменьшается по следующей схеме

$$H_p > H_{subp} > H_{sp} \quad (3)$$

где H_p – относительная энтропия популяции лещины; H_{subp} – относительная энтропия субпопуляции лещины; H_{sp} – относительная энтропия сортов и форм лещины.

Таблица 1 - Относительная энтропия в популяции, субпопуляции, в формах и сортах лещины

Объект	Относительная энтропия качественных показателей плодов лещины				
	Цвет скорлупы	Крепость скорлупы	Наличие шелухи на ядре	Неразрушаемость ядра	Вкус ядра
Популяция	0,78	0,75	0,86	0,34	0,78
Субпопуляция 1	0,60	0,79	0,80	0,31	0,63
Субпопуляция 2	0,71	0,81	0,81	0,36	0,75
Субпопуляция 3	0,81	0,65	0,68	0,18	0,70
Среднее по субпопуляциям	0,71	0,75	0,76	0,28	0,69
Форма №1	0,18	0,43	0,04	0	0,42
Форма №2	0,10	0,29	0,21	0,04	0,23
Форма №3	0	0,61	0,42	0	0,33
Форма №4	0	0,39	0,41	0	0,35
Форма №5	0	0	0,44	0	0,35
Форма №6	0	0	0,49	0	0,33
Форма №7	0	0,5	0,41	0	0,43
Форма №8	0,27	0,34	0,39	0	0,42
Форма №9	0	0,5	0,3	0	0,4
Форма №10	0	0	0,6	0	0,32
Среднее по формам	0,06	0,31	0,37	0,004	0,36
Черкесский 2 (стандарт)	0	0,3	0	0	0,42
Футкурами	0	0,48	0,39	0	0,27
Рясный	0	0	0,36	0	0
Академик Яблоков	0	0	0,23	0	0
Президент	0	0,37	0,45	0,46	0,36
Римский	0	0	0	0	0,2
Зоринский	0	0,5	0,49	0	0
Первенец	0	0	0,39	0	0
Кавказ	0	0	0,44	0	0
Хостинский	0	0	0,6	0	0,22
Среднее по сортам	0,00	0,17	0,34	0,05	0,15

Превышение H_p над H_{subp} связано с большой гетерогенностью растений и условий в первом случае. У дикорастущих форм, произрастающих в значительно неоднородных условиях, при различном освещении и внешнем воздействии сопутствующей растительности, относительная энтропия несколько выше, чем у сортов, произрастающих в сравнительно однородных условиях на плантациях.

Относительная энтропия показателя цвет скорлупы в популяциях и субпопуляциях имеет значительную величину 0,78-0,71. Это связано с большим разнообразием слагающих их генотипов. Внутри форм и сортов признак довольно стабилен и имеет крайне низкое значение 0-0,06.

Энтропия показателя крепость скорлупы среди генотипического разнообразия популяции и субпопуляций в среднем составила 0,75. У форм и сортов в 45% случаев она нулевая. У остальных изменяется от 0,29 до 0,61. Этот показатель менее стабилен и в большей степени зависит от условий выращивания.

По наличию шелухи на ядре в популяции относительная энтропия имеет высокое значение. Из этого возможно предположить, что естественный отбор в данном регионе направлен на выравнивание вероятностей появления форм со всеми возможными значениями этого признака и он зависит от условий выращивания. Отсутствие нулевой энтропии у форм и сортов, дополнительно свидетельствует о значительном изменении показателя и возможности его регулирования условиями выращивания.

Неразрушаемость ядра практически у всех форм и сортов имеет нулевую энтропию, следовательно, признак стабилен и корректировка условиями выращивания не требуется. В популяции этот признак также имеет невысокое значение – 0,34. Очевидно, это связано с генотипическим разнообразием вида.

Вкус ядра практически у всех форм неоднороден, относительная энтропия изменяется от 0,23 до 0,43. У сортов в 50% случаев энтропия нулевая, у остальных изменяется от 0,2 до 0,42. Следовательно, условиями выращивания возможно стабилизировать показатель в определённых пределах.

Среди форм у 30% имеется нулевая энтропия по трём показателям – цвет скорлупы, крепость скорлупы и неразрушаемость ядра. У сортов их больше – 70%. Сорт Римский имеет нулевую энтропию и близкое к ней значение по всем качественным показателям. У формы №2 относительная энтропия по всем показателям отлична от нуля.

Не исключено, что это связано с тем, что у некоторых генотипов условиями выращивания возможно добиться стабильности по нескольким показателям или они (генотипы) ориентированы на стабильность показателя. Тогда для получения максимального количества продукции определённого качества целесообразно выращивать сортофонд, у которого относительная энтропия нужных показателей близка к нулевой. Так же для вышеотмеченных целей их перспективно вовлекать в процесс искусственной селекции (гибридизации).

При изучении качественных признаков формы и сорта часто они распределяются по одной-трём градациям. Оценить распределение значений признака в таких случаях возможно с помощью вычисления относительной энтропии, которая не зависит от значений, а учитывает вероятности попадания значений в ту или иную градацию.

Показатель менее чувствителен к числу редких событий, тогда как коэффициент вариации может сильно возрастать и не отражать истинного положения событий.

Для показателя цвет скорлупы рассчитана энтропия и коэффициент вариации. Эти статистические характеристики обнаруживают зависимость, которая представлена на (рис. 1). В качестве переменной взята относительная энтропия, в качестве функции – коэффициент вариации. Наиболее подходящей аппроксимацией в этом случае является квадратичная функция вида:

$$y = 6,68 x^2 + 32,07 x + 4,87 \quad R^2 = 0,92$$

Задавая различные значения энтропии, определили коэффициенты вариации и по ним рассчитали объём выборки для оценки показателя цвет скорлупы. Затем установили связь объёма выборки с относительной энтропией для различных уровней значимости (рис. 2).

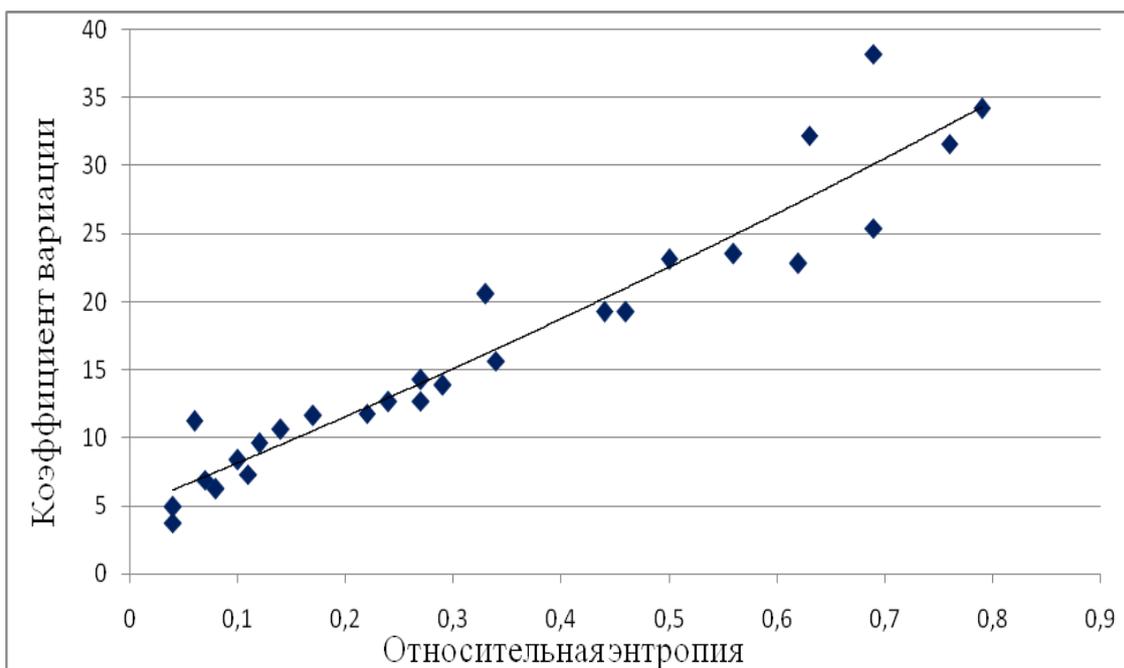


Рис. 1. Зависимость коэффициента вариации от относительной энтропии для показателя – цвет скорлупы плодов лещины

При большом количестве наблюдений данные по расчёту объёма выборки по известным методам [3] и по предложенному – равны. Ошибки, допускаемые в научной практике при использовании органолептического способа, обычно составляют 5-10% [7]. Для них рассчитан объём выборки по предложенной и известной методике (табл. 2).

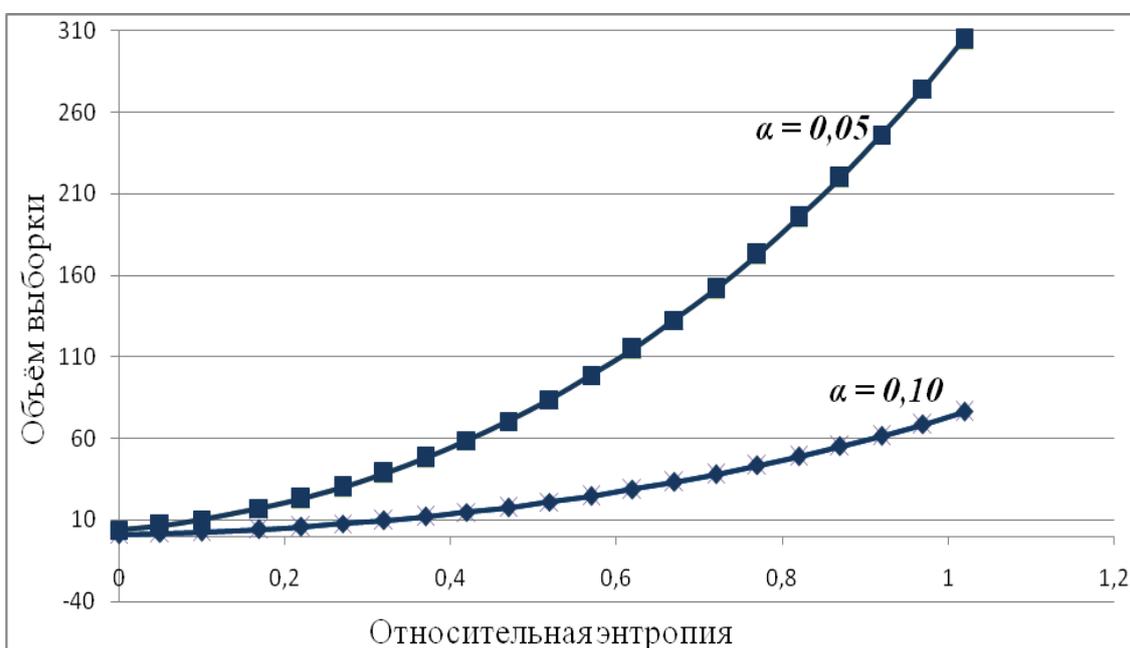


Рис. 2. Зависимость объёма выборки и относительной энтропии при разных уровнях значимости для показателя цвет скорлупы плодов лещины

Таблица 2 - Объем выборки для оценки органолептическим способом показателя цвет скорлупы плодов лещины, вычисленный по различным методикам

Ошибка, %, вариант	Относительная энтропия	Коэффициент вариации, %	Объем выборки по предлагаемой методике, шт.	Объем выборки по известной методике, шт.
2,5 %+	0,08	7,72	34	37
2,5% -	0,08	5,92	34	22
5% +	0,14	10,65	14	17
5% -	0,14	8,34	14	11
5% +-	0,17	9,86	17	15
10% +	0,23	14,31	6	8
10% -	0,23	11,7	6	5
10% +-	0,28	13,89	8	7

Примечание: «+» – завышенные ошибочные значения; «-» – заниженные ошибочные значения; «+-» – ошибочные значения занижены и завышены в равном соотношении.

Анализируя данные (табл. 2), можно отметить, что предложенный метод не реагирует или слабо изменяется (2-3 наблюдения) при отклонениях ошибки в сторону увеличения или уменьшения. Известная методика даёт более сильно отличающиеся значения (2-15 наблюдений). С возрастанием ошибки, различия сглаживаются.

Во избежание неточностей опыта от ошибки, объем выборки предлагается вычислять по предложенной методике. Она является более корректной по сравнению с известной.

Выводы:

1. Энтропия уменьшается от таксонов более высокого ранга к низким: популяция – субпопуляция – сорт (форма).
2. Энтропия как мера неоднородности, информативна при оценке изменчивости признака внутри вида, сорта (формы).
3. В популяции лещины обыкновенной, произрастающей в Республике Адыгея по качественным показателям имеется значительное природное разнообразие, что подтверждается высокими значениями энтропии.
4. Сорта фундука и формы лещины имеют различную стабильность качественных показателей и это следует учитывать при выращивании и селекции на однородность продукции.
5. Относительная энтропия и коэффициент вариации цвета скорлупы обнаруживают высокую зависимость, которая хорошо аппроксимируется квадратичной функцией.
6. Объем выборки возможно устанавливать по значениям относительной энтропии. При этом предложенная методика обладает устойчивостью при ошибках измерений.

Литература:

1. Биганова С.Г., Сухоруких Ю.И., Исуцева Т.А. Изменчивость показателей качества плодов лещины обыкновенной в зависимости от условий произрастания // Новые технологии. 2013. Вып. 1. - С. 59-65.
2. Биганова С.Г. Разработка математических моделей для оценки качества плодов лещины // Лесной комплекс: состояние и перспективы развития: сборник научных трудов. Брянск, 2003. Вып. 5. - С. 17-21.
3. Елисеева И.И., Юзбашев М.М. Общая теория статистики: учебник. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Финансы и статистика, 2004. - 656 с.
4. Количественные методы экологии и гидробиологии: сборник научных трудов / отв. ред. Г.С. Розенберг. Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. - 404 с.

5. Сухоруких Ю.И., Биганова С.Г. Оптимизация оценки качества плодов ореха грецкого. Майкоп: Качество, 2003. - 80 с.

6. Лесные плодовые виды Северо-Западного Кавказа. В 3 кн. Кн. 1. Кизил, лещина, облепиха, орех грецкий / Ю.И. Сухоруких [и др.]. Майкоп: Качество, 2010. - 192 с.

7. Сухоруких Ю.И., Луговской А.П., Биганова С.Г. Программа и методика селекции ореха грецкого. Майкоп: Качество, 2007. - 57 с.

References:

1. Biganova S.G., Sukhorukikh Y.I., Isuscheva T.A. Variability in quality indicators of common hazel fruit depending on growing conditions // *New technologies*. 2013. Issue 1. P. 59 - 65.

2. Biganova S.G. Development of mathematical models to assess the quality of hazelnut fruit // *Forest complex: condotion and development prospects: collection of scientific works*. 2003. Issue 5. P. 17 - 21.

3. Eliseeva I.I., Yuzbashev M.M. *General theory of statistics: textbook*. 5th ed., rev. and add. M.: Finance and Statistics, 2004. 656 p.

4. *Quantitative methods of ecology and hydrobiology: collection of scientific papers* / Ed. G.S. Rosenberg. Togliatti: SamSC RAS, 2005. 404 p.

5. Sukhorukikh Y.I., Biganova S.G. *Optimization of the quality assess of fruits of walnut*. Maikop: Quality, 2003. 80 p.

6. *Forest fruit species of the Northwest Caucasus. In 3 Vol. B. 1. Dogwood, hazel, buckthorn, walnut* / Y.I. Sukhorukikh [and oth.]. Maikop: Quality, 2010. 192 p.

7. Sukhorukikh Y.I., Lugovskoi A.P., Biganova S.G. *Program and method of selection of walnut*. Maikop: Quality, 2007. 57 p.