

УДК 631.519.2

5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы экономики (физико-математические науки, экономические науки)

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПО РАСТЕНИЕВОДСТВУ И СЕЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ

Логвинов Алексей Викторович
к.с.-х. н.
SPIN-код автора: 5192-1789
РИНЦ AuthorID: 841688
Logvinov_alex@list.ru

Нешчадим Николай Николаевич
д. с.-х.н., профессор
SPIN-код автора: 8727-0250,
РИНЦ Author ID: 395160
neshhadim.n@kubsau.ru

Горпинченко Ксения Николаевна
д.э.н., доцент
SPIN-код автора: 9812-7883
РИНЦ Author ID: 516689
kubkng@mail.ru

Есипенко Леонид Павлович
д. биол. н., профессор
SPIN-код: 9362-7610,
РИНЦ AuthorID: 177177
*Кубанский государственный аграрный университет,
Краснодар, Россия*

Рассмотрены особенности применения статических методов исследования экспериментальных данных в агрономии для выявления наиболее эффективных вариантов в процессе наблюдений. Сформулированы условия при их выборе, учитывающие тип распределения, зависимость выборок, а также количественные характеристики данных. Разработан алгоритм выбора метода статистики в зависимости от подчинения нормальному закону распределения, числа групп и сопряженности данных. Предложены варианты применения параметрических и непараметрических критериев в агрономических и селекционных исследованиях. Выявлено, что при использовании непараметрических методов теряется информация о том, насколько одни значения выше (ниже) друг. Методы параметрической статистики зависят от числа наблюдений и от характера распределения случайной величины. На примере экспериментальных данных гибридов сахарной свеклы, полученных при скрещивании двенадцати линий с четырьмя тестерами, рассмотрен двухфакторный дисперсионный анализ, позволяющий выявить лучшие тестеры и лучшие линии-опылители

UDC 631.519.2

5.2.2. Mathematical, statistical and instrumental methods of economics (physical and mathematical sciences, economic sciences)

FEATURES OF APPLIATION OF STATISTICAL METHODS OF ANALYSIS IN CROP PRODUCTION AND PLANT BREEDING

Logvinov Alexey Viktorovich
Candidate of Agricultural Sciences
RSCI SPIN-code: 5192-1789
AuthorID: 841688
Logvinov_alex@list.ru

Neshchadim Nikolay Nikolaevich
Doctor of Agricultural Sciences, Professor
RSCI SPIN-code: 8727-0250,
Author ID: 395160
neshhadim.n@kubsau.ru

Gorpinchenko Ksenia Nikolaevna
Doctor of Economics, assistant Professor
RSCI SPIN-code: 9812-7883
Author ID: 516689
kubkng@mail.ru

Esipenko Leonid Pavlovich
Doctor of Biology Sc., professor
RSCI SPIN-code: 9362-7610,
AuthorID: 177177
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar,
Russia*

The peculiarities of application of static methods of experimental data research in agronomy to identify the most effective options in the process of observation are considered. The conditions for their selection are formulated, taking into account the type of distribution, dependence of samples, as well as quantitative characteristics of data. An algorithm for selecting a statistical method depending on the obedience to the normal law of distribution, the number of groups and the contiguity of data is developed. The variants of application of parametric and nonparametric criteria in agronomic and breeding research are proposed. It is revealed that when nonparametric methods are used, information is lost about how much one value is higher (lower) than the other. The methods of parametric statistics depend on the number of observations and on the nature of distribution of a random variable. On the example of experimental data of sugar beet hybrids obtained by crossing twelve lines with four testers, two-factor analysis of variance is considered, which allows to identify the best testers and the best pollinating lines

Ключевые слова: МЕТОД, КРИТЕРИЙ, ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ, ДАННЫЕ, ОПЫТ, СЕЛЕКЦИЯ

Keywords: METHOD, CRITERION, ANALYSIS OF VARIANCE, DATA, EXPERIENCE, SELECTION

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-203-04>

Введение. В основе любого научного исследования лежит комплекс операций, направленных на синтез данных, полученных из того или иного эксперимента, в их сравнении, выявлении черты различия и закономерностей, в предсказании определенных фактов и др. Без статистики выводы в большинстве случаев были бы интуитивными.

Статистика как наука позволяет описывать данные, группировать их, анализировать закономерности, в научных экспериментах.

В современном мире широкое распространение получили программные продукты для статистического анализа данных. Однако, необходимость владения основами статистических методов сохраняется [1, 2, 6, 7, 8, 9, 10]. Знание современных методов математической статистики позволяют давать количественную характеристику наблюдений и экспериментальных данных, оценивать состоятельность опыта и тенденцию распределения признака, выбирать наилучшие условия для осуществления опыта, выявлять закономерности на фоне случайностей, делать прогнозы. Множество методов статистического анализа, сложное описание алгоритмов применения, процедуры их выбора, зачастую смущают исследователей.

В связи с этим, целью является изучение особенностей применения возможных методов статистического анализа в экспериментальных исследованиях, разработка последовательности действий для описания и анализа результатов исследования.

Результаты и методы исследований. Методы статистики используют, прежде всего, при планировании опыта. В любом

<http://ej.kubagro.ru/2024/09/pdf/04.pdf>

агрономическом опыте должно быть достаточное число вариантов, повторений. Основная задача опыта в агрономии – формирование разных условий выращивания для рассматриваемого растения с целью выявления наиболее эффективных вариантов в процессе наблюдений.

Исследователь при выборе статического метода должен учитывать следующие условия:

1) тип распределения (проверка данных на соответствие нормальному распределению);

2) зависимость выборок. Если рассматриваемый признак изучается на одних и тех же объектах, то такие выборки называются зависимыми, а в случаях, когда измерение признака определяется на разных объектах - независимыми;

3) количественные характеристики данных. В данном случае, следует учитывать количество факторных признаков (однофакторные и многофакторные) и соответствующие им методы.

Применение большинства статистических методов основываются на том, что данные распределены нормально. Исходя из этого, первым этапом при выборе того или иного статистического метода является тестирование данных на нормальность распределения (рисунок 1), что возможно в результате проверки статистических гипотез об отсутствии или наличия различия между фактическими и теоретическими значениями. Применяют параметрические и непараметрические критерии, которым свойственны определенные методы [2].

Если выборка не подчиняется закону Гаусса, тогда используют непараметрические критерии. Параметрические критерии применяются тогда, когда выборочная совокупность подчиняется нормальному распределению (критерии t-Стьюдента, F-Фишера). Так как методы параметрической статистики являются асимптотическими, то важно знать

какое количество наблюдений необходимо и какова вероятность погрешности определения достоверности различий.

Следующий этап первичного агрономического исследования – определение числа групп. Возможно сравнение двух (парные) и более групп (множественные). При этом важно учитывать зависимость выборок. Так, зависимые включают информацию, полученную при изучении одной и той же группы, но за различный временной период с одинаковым количеством объектов. Независимые выборки – это исследование двух и более разных групп. Результаты одной группы не оказывают воздействие на результаты другой. Например, сравнение контрольной группы (без внесения удобрения, средств защиты) с экспериментальной (улучшенной технологией выращивания).

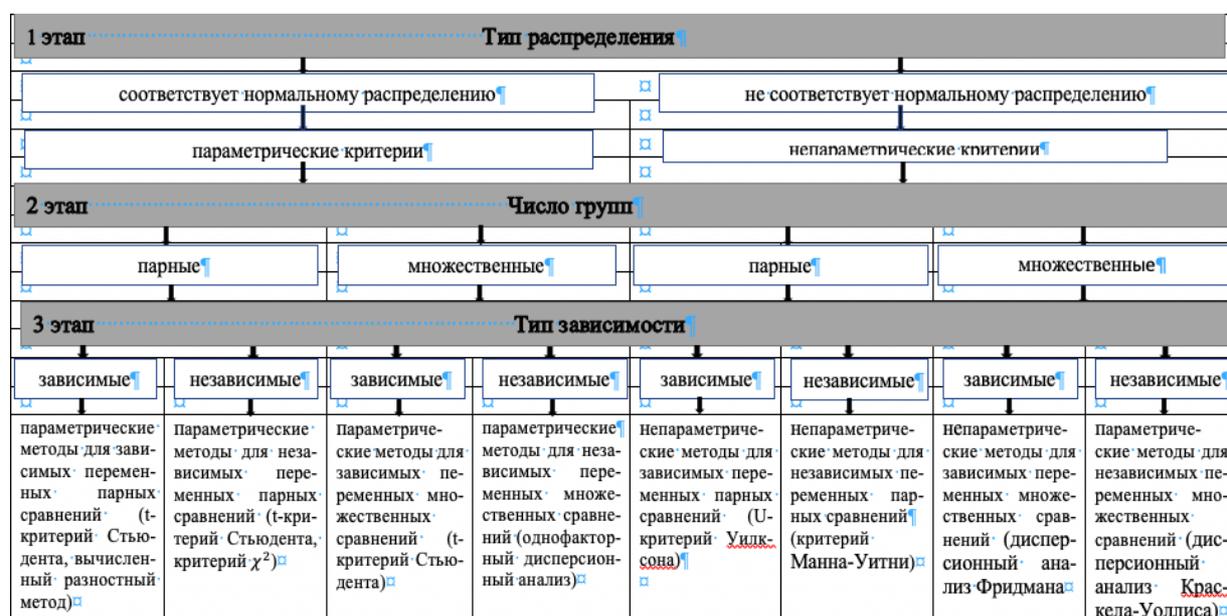


Рисунок 1 – Последовательность действий при первичной обработке экспериментальных данных

В данном случае по t-критерию Стьюдента возможно оценить существенность разности средних. Рассматриваемые выборки должны быть однородными, независимыми, подчиняться нормальному закону распределения.

Сравнение двух независимых групп, не подчиняющиеся нормальному закону распределения, производится с помощью U-критерия Манна-Уитни [3]. Анализируемая переменная является порядковой. В данном случае сравниваются не средние значения, стандартные отклонения, а итоги рангов по каждой из них. Метод определяет, достаточно ли мала зона перекрещивающихся значений между двумя рядами. Чем меньше значения критерия, тем различия между значениями в выборках достоверны.

Показатель χ^2 показывает различия между эмпирическими и теоретическими данными, соответствует ли выборка законам распределения. Достаточно часто критерий χ^2 применяется в генетическом анализе, например, при обнаружении отклонения от теоретически ожидаемого расщепления отклонением закономерным, для оценки независимости в распределении объектов совокупности, оценки соответствия двух эмпирических распределений между собой.

При сравнении двух зависимых выборок, в которой единицы наблюдения одной группы связаны общим условием с единицами наблюдения другой оценивается существенность средней разности (разностным методом). Например, сравнение содержание белка в двух сортах озимой пшеницы, выращенные на соседних участках. Таким образом, здесь сопряженные наблюдения и анализировать результаты нужно разностным методом попарных сравнений.

Оценка различий двух зависимых выборок, распределение которых отличается от нормального, возможна с помощью непараметрического метода Уилксона или Вилксона, основанный на рангах. При этом учитывается информация как о знаке разности между парами, так и о величине разности.

При сравнении нескольких групп увеличивается вероятность ошибки первого порядка (вероятность ложно отклонить нулевую гипотезу). Так,

чтобы обеспечить контроль ошибки, нужно разделить значение уровня значимости на число попарных сравнений. Для этого используются специальные методы.

Метод дисперсионного анализа разработан биологом Р. Фишером (1925 г.), для оценки влияния факторов на зависимую переменную [1]. Изначально данный метод активно использовался для анализа результатов научных исследований в области растениеводства и животноводства. Однако, в последствии обнаружилась возможность его применения в различных направлениях биологической науки, при планировании опыта и статистической обработки результатов исследований [4].

Дисперсионный анализ – статистический анализ изменчивости признака под влиянием одного, двух и более контролируемых факторов. Влияние таких факторов на результативный признак проявляется в появлении дисперсии. Задача сводится к тому, чтобы в общей дисперсии выделить: общую дисперсию, формирующаяся под влиянием всех факторов; факториальную, возникающая под влиянием исследуемых факторов; остаточную, обусловленная неучтенными факторами [2, 4]. Соотношение трех дисперсий осуществляется на основе F-критерий Фишера. При этом выдвигается нулевая гипотеза о том, что фактор не влияет на результативный признак. Данный метод невозможен для простых полевых опытов без повторений. В целях избегания больших статистических ошибок, однофакторные опыты проводятся в 4-6 кратной повторности. Многофакторный дисперсионный анализ возможен без повторений. При этом используется сумма квадратов взаимодействия, которая включает случайную дисперсию.

Вегетационные опыты зачастую объединяют несколько независимых выборок. Независимость вариант достигаются регулярным перемещением сосудов на вагонетке без повторений [2]. В данных случаях применяют однофакторный дисперсионный анализ без повторений. Однофакторный

дисперсионный анализ используется в условиях отсутствия существенного разброса в несопряженных данных, подчиненных нормальному закону распределения. С помощью него можно проверить гипотезу об отсутствии различий между выборками.

В случаях если выборки являются зависимыми, то возможно применение непараметрического дисперсионного анализа Фридмана в условиях однородности групп, связанный с одним и тем же индивидуумом. Например, каждое растение ровно один раз подвергается обработке средствами защиты в различные фазы выращивания. Однако, данный метод позволит установить отсутствие (наличие) различий между признаками, но не определяет какие именно группы различаются между собой.

Если опытные данные не подчиняются нормальному распределению используют непараметрический критерий Краскела-Уоллиса (H-критерий). Его применяют при сравнении средних трех и более выборок для характеристики различий между ними.

Стоит учесть, основная проблема использования методов непараметрической статистики – это их малая информативность. При переходе от исходных данных к рангам значительная доля информации исчезает, так как ранги указывают насколько большое число, а не насколько больше.

Формирование перспективных самоопыленных линий по комплексу хозяйственно-ценных признаков является важнейшим этапом получения высокопродуктивных гибридов при селекции на гетерозис сахарной свеклы [5]. У сахарной свеклы при самоопылении снижается урожайность корнеплодов. В опыте для получения линий применялись сростноплодные диплоидные популяции с высоким значением урожайности и содержания сахарозы сахарной свеклы. Экспериментальные данные установили, что гибриды, полученные с участием МС-тестеров СК 12173 и СК 12171

имели наибольшую урожайность (47,0-47,2 т/га), при наименьшей существенной разнице 0,70, что указывает на достоверность результатов.

О достаточно высокой комбинационной способности опылителей свидетельствуют результаты проведенного исследования. При комбинации с участием опылителя СКЛ 4950 урожайность составила свыше 50,3 т/га, с участием опылителя СКЛ 5121П96(99) – 49,8 т/га. При наименьшей существенной разницы 1,26 указанные гибриды превышают урожайность большинства других гибридов.

У гибрида, с участием тестера СК 4935, средняя сахаристость составила 17 %, что ниже средних значений с участием других тестеров.

Результаты исследования установили, что у тестера комбинационная способность выше, чем у линии. Сбор сахара у гибридов, полученных от скрещивания одних и тех же двенадцати опылителей с разными МС-тестерами, находится в пределах от 7,55 до 8,19 т/га.

Таблица 1 – Двухфакторный дисперсионный анализ гибридов сахарной свеклы в зависимости от генотипа родительских форм

Показатель	Число степеней свободы	Случайное отклонение	F- критерий Фишера фактический	Дисперсия	Доля от общей дисперсии, %
Урожайность корнеплодов					
Фактор А – МС – тестер	3,00	58,54	2,66	85,44	31,77
Фактор В – линия – опылитель	12,00	205,24	1,82	172,99	64,32
«МС – тестер х опылитель»	36,00	32,25	1,49	7,24	2,69
Остаточная	153,00	3,27	-	3,27	1,22
Сахаристость корнеплодов					
Фактор А – МС – тестер	3,00	5,24	2,66	15,97	83,66
Фактор В – линия – опылитель	12,00	3,28	1,82	2,95	15,48
«МС – тестер х опылитель»	36,00	0,33	1,49	0,06	0,29
Остаточная	153,00	0,11	-	0,11	0,57
Сбор сахара с 1 га					
Фактор А – МС – тестер	3,00	4,55	2,67	11,84	86,67
Фактор В – линия – опылитель	11,00	2,40	1,86	1,49	10,94
«МС – тестер х опылитель»	33,00	0,90	0,52	0,19	1,41
Остаточная	141,00	0,13	-	0,14	0,98

О различной реакции опылителя на тестер свидетельствуют результаты дисперсионного анализа (табл. 1). Дисперсия взаимодействия

«МС-тестеропылитель» выше остаточной дисперсии. Доля влияния опылителя в общую дисперсию урожайности выше, чем доля МС-тестера. В дисперсию сахаристости, доля влияния МС-тестера существенно выше, чем опылителя, дисперсия взаимодействия этих факторов в два раза меньше, по сравнению с остаточной дисперсией. Доля воздействия МС-тестера (фактор А) в дисперсию признака «сбор сахара» составляет 86,7 %, а фактора В (опылитель) – 10,9 %.

Выводы.

Представленная последовательность действий выбора статистических методов позволит исследователю избежать ложных выводов. Применение таких методов дает возможность избежать издержек в постанове опытов и интерпретации результатов. Установлено, что методы параметрической статистики зависят от числа наблюдений и от характера распределения случайной величины. Использование методов непараметрической статистики, характеризующие ранги значений, снижает ценность полученных результатов, так как теряется информация о том, насколько одни значения выше (ниже) других.

Двухфакторный дисперсионный анализ урожайности, сахаристости и сбора сахара, выявил лучшие тестеры наилучшие линии-опылители, согласно доли влияния на изменчивость зависимой переменной.

Библиографический список

1. Горпинченко, Е.А. Статистические методы контроля качества продукции / Е.А. Горпинченко, К.Н. Горпинченко, А.А. Панская // Тенденции развития науки и образования. - 2022. - № 92-5. - С. 11-14.
2. Горпинченко, К. Н. Статистические методы научных исследований в животноводстве/ К.Н. Горпинченко, Е. А. Горпинченко, Н. А. Басалаева // Тенденции развития науки и образования, № 93 -3. – Самара, 2023. – С. 52-56.
3. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования)/ Б. А. Доспехов/ 5-е изд. доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 395 с.
4. Зверев, А. А. Статистические методы в биологии// А. А. Зверев, Т. Л. Зефирова/ учебно-метод. пособие. - Казань: КФУ, 2013. – 42 с.

5. Костылева, Л. М. Биометрические методы в селекции растений. Курс лекций: учебн. пособ. / Л. М. Костылева, П. И. Костылев/ - Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт Донской ГАУ, 2017. – 120 с.

6. Логвинов, А.В. Селекция – как фактор ускорения эволюции сахарной свеклы /А.В. Логвинов// Монография. – 2020. – Краснодар. – 131 с.

7. Логвинов, А. В. Научные основы создания толерантных к церкоспорозу и гербицидам линий и гибридов сахарной свеклы: фенотипическое проявление, генотипические особенности и практическое их использование: автореф. дис... докт. с.-х. наук. / А. В. Логвинов. - Гулькевичи. - 2022. – 49 с.

8. Логвинов, А.В. Влияние приемов обработки почвы и сроков уборки на продуктивность перспективных гибридов сахарной свеклы / А.В. Логвинов, Л.В. Цаценко, К.Н. Горпинченко, Н.Н. Нецадим // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2022. - № 99. - С. 130-134.

9. Логвинов, А.В. Состояние и тенденции развития производства сахарной свеклы с использованием новых биотехнологических гибридов / А.В. Логвинов, Н.Н. Нецадим, К.Н. Горпинченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2022. - № 181. - С. 283-294.

10. Логвинов, А.В. Проблемы и пути их решения в российском семеноводстве сахарной свеклы / А.В. Логвинов, Н.Н. Нецадим, К.Н. Горпинченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2022. - № 183. - С. 194-203.

References

1. Gorpınchenko, E.A. Statisticheskie metody kontrolja kachestva produkcii / E.A. Gorpınchenko, K.N. Gorpınchenko, A.A. Panskaja // Tendencii razvitija nauki i obrazovanija. - 2022. - № 92-5. - S. 11-14.

2. Gorpınchenko, K. N. Statisticheskie metody nauchnyh issledovanij v zhivotnovodstve/ K.N. Gorpınchenko, E. A. Gorpınchenko, N. A. Basalaeva // Tendencii razvitija nauki i obrazovanija, № 93 -3. – Samara, 2023. – S. 52-56.

3. Dospëhov, B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanija)/ B. A. Dospëhov/ 5-e izd. dop. i pererab. – M.: Agropromizdat, 1985. – 395 s.

4. Zverëv, A. A. Statisticheskie metody v biologii// A. A. Zverëv, T. L. Zëfirov/ uchebno-metod. posobie. - Kazan': KFU, 2013. – 42 s.

5. Kostyleva, L. M. Biometricheskie metody v selekcii rastenij. Kurs lekciy: uchebn. posob. / L. M. Kostyleva, P. I. Kostylev/ - Zernograd: Azovo-Chernomorskij inzhenernyj institut Donskoj GAU, 2017. – 120 s.

6. Logvinov, A.V. Selekcija – kak faktor uskorenija jevoljucii saharnoj svekly /A.V. Logvinov// Monografija. – 2020. – Krasnodar. – 131 s.

7. Logvinov, A. V. Nauchnye osnovy sozdanija tolerantnyh k cercosporozu i gerbicidam linij i gibridov saharnoj svekly: fenotipicheskoe projavlenie, genotipicheskie osobennosti i prakticheskoe ih ispol'zovanie: avtoref. dis... dokt. s.-h. nauk. / A. V. Logvinov. - Gul'kevichi. - 2022. – 49 s.

8. Logvinov, A.V. Vlijanie priemov obrabotki pochvy i srokov uborki na produktivnost' perspektivnyh gibridov saharnoj svekly / A.V. Logvinov, L.V. Cacenko, K.N. Gorpınchenko, N.N. Neshhadim // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2022. - № 99. - S. 130-134.

9. Logvinov, A.V. Sostojanie i tendencii razvitija proizvodstva saharnoj svekly s ispol'zovaniem novyh biotehnologicheskikh gibridov / A.V. Logvinov, N.N. Neshhadim, K.N. Gorpinchenko // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2022. - № 181. - S. 283-294.

10. Logvinov, A.V. Problemy i puti ih reshenija v rossijskom semenovodstve saharnoj svekly / A.V. Logvinov, N.N. Neshhadim, K.N. Gorpinchenko // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2022. - № 183. - S. 194-203.