

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ В УСЛОВИЯХ ПТИЦЕФАБРИКИ

Н. ЛАЗАРЕВА, канд. с.-х. наук, компания «Коудайс МКорма»

Практически каждому специалисту по кормлению и ветеринарному врачу, работающим в промышленном птицеводстве, приходилось оценивать эффективность действия разных кормовых добавок, ветеринарных препаратов, каких-либо изменений в технологии. На большинстве птицефабрик подчас очень сложно провести производственный опыт с учетом всех требований методики. Необходимо подобрать идентичные группы птицы, создать условия содержания, отличающиеся только по одному параметру, действие которого требуется аттестовать. Конечно, методы математической статистики позволяют проанализировать влияние нескольких одновременно действующих факторов, но об этом в другой раз.

Зачастую можно слышать от сотрудников крупных предприятий: вот, попробовали новый препарат (фермент, подкислитель, антибиотик и т.д.), а ничего не изменилось, или наоборот: нам очень понравилось, действительно работает. Хорошо, когда люди делятся своим мнением, оценкой результатов своей работы, но, к сожалению, во многих случаях, когда пробуешь получить более конкретную информацию, все ограничивается разговорами. Итог может быть плачевным — выброшенные деньги, уменьшение выхода продукции. Поэтому в этой статье мы решили обсудить, как в производственных условиях современной птицефабрики грамотно подойти к оценке испытаний, в которых проверяется действие одного фактора — влияет он на развитие и рост птицы или нет.

Рассмотрим наиболее распространенную ситуацию, когда сравниваются результаты выращивания в разных птичниках.

Например, на бройлерной фабрике N решили оценить влияние новых кормовых добавок на потребление и усвоение корма, следовательно, на прирост массы птицы. Были подобраны восемь птичников с одинаковым оборудованием, расположенные в одном ряду и заселяемые цыплятами в течение трех дней. Инкубационные яйца получены от одновозрастного родительского стада и проинкубированы в равных условиях. Живая масса цыплят при посадке составила в среднем 42–43 г. Птицу четырех птичников кормили комбикормами стандартной рецептуры, принятой в хозяйстве, другие четыре — такими же комбикормами, но с вводом в них новой кормовой добавки №1. После сдачи птицы и подсчета результатов по закрытым партиям провели сравнение данных, в частности по среднесуточному приросту живой массы (табл. 1).

Таблица 1. Среднесуточный прирост живой массы цыплят-бройлеров по птичникам при испытании добавки №1

Птичники			Разница, г
Номера	Контрольные	Опытные	
1	54	54	0
2	55	58	+3
3	57	56	-1
4	54	60	+6
<i>Статистические расчеты</i>			
Среднее арифметическое \bar{x} , г	55	57	+2
Среднеквадратическое отклонение σ_{n-1}	1,414	2,582	
Дисперсия σ_{n-1}^2	2	6,667	
Квадрат ошибки среднего $S^2 dx$	0,5	1,667	

Примечание. Стандартная ошибка среднего Sdx равна отношению среднеквадратического отклонения к корню квадратному из объема выборки, то есть

$$Sdx = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}},$$

где n — объем выборки

и, соответственно, квадрат ошибки среднего

$$S^2 dx = \frac{\sigma_{n-1}^2}{n}.$$

На первый взгляд, испытываемая кормовая добавка вроде бы оказала положительное влияние на прирост массы птицы: разница по среднесуточному приросту составила 2 г, а в масштабах птицефабрики это очень ощутимая величина. Но, во-первых, в нашем случае показатели между птичниками внутри каждой группы значительно отличаются друг от друга, то есть имеет место большая вариабельность признака. Во-вторых, мы оцениваем очень маленькие выборки — всего по четыре члена в каждой (по четыре птичника). И если мы учтем разброс между величинами среднесуточного прироста живой массы среди птичников — рассчитаем дисперсию и, соответственно, ошибку среднего — станет ясно, что достоверной разницы между контрольными и опытными птичниками нет.

Действительно, ошибка разности средних арифметических будет равна:

$$Sd = \sqrt{S^2 dx_{опыт} + S^2 dx_{контроль}} = \sqrt{(0,5 + 1,667)} = 1,472. \quad \Rightarrow$$

Далее рассчитываем критерий Стьюдента по формуле:

$$t = \frac{x_{\text{опыт}} - x_{\text{контроль}}}{Sd} = 57 - 55 / 1,472 = 2 / 1,472 = 1,3587.$$

С учетом нашего объема выборок по таблице t-распределений Стьюдента (см. приложение 1) находим, что даже для доверительной вероятности 90% критерий Стьюдента должен быть больше 1,943 (для 95% — 2,447). Поскольку 1,3587 меньше этих величин, можно сделать вывод о недостоверности различий по приросту живой массы бройлеров в разных группах (опыт и контроль).

Математическую оценку результатов удобно проводить с помощью калькулятора в режиме «статистика». Он автоматически рассчитывает среднее значение (x) и среднеквадратическое отклонение (σ_{n-1}), которые используются при оценке разности средних величин малых выборок, как в нашем примере, когда $n < 30$, поскольку на каждый вариант опыта приходится по четыре птичника.

Предположим, что в другом случае мы получили несколько иные результаты, и разница между опытными и контрольными птичниками по среднесуточному приросту была больше. Как видно из данных таблицы 2, вариабельность значений присутствует и здесь, но разница между средними значениями более существенна: $58 - 54 = 4$ г. С помощью калькулятора (режим работы «статистика») определяем дисперсию. В контрольных птичниках она равна 2, в опытных — 3,333. Ошибка разности средних значений составит: $\sqrt{0,5 + 0,833} = \sqrt{1,333} = 1,155$. И, наконец, критерий Стьюдента: $t = 4 / 1,155 = 3,463$. По таблице t-распределений Стьюдента определяем доверительную вероятность различий. Для нашего количества степеней свободы доверительная вероятность составит более 98%. Поэтому можно считать разницу по среднесуточному приросту живой массы между опытными и контрольными птичниками статистически достоверной, сделав вывод об эффективности применения добавки №2. Заметим, что практическая интерпретация понятия доверительной вероятности следующая. В нашем случае 98% означает, что при использовании данной кормовой добавки в 98 случаях из 100 она даст положительный эффект по усилению прироста живой массы бройлеров.

Конечно, при сравнении очень маленьких выборок (как в нашем примере: $n = 4$) возникает вопрос о правомерности использования критерия Стьюдента для оценки достоверности различий между группами, поскольку данный критерий справедлив для выборок, подчиняющихся закону нормального распределения. Безусловно, более корректно было бы применить какой-либо непараметрический критерий, подразумевающий ранжирование полученных данных (например, критерий Вилкоксона, или U-критерий). Но этот подход требует громоздких и долгих вычислений, если нет специальных статистических программ по анализу данных. Поэтому в производственных условиях можно применить так называемый критерий знаков для оценки

Таблица 2. Среднесуточный прирост живой массы цыплят-бройлеров по птичникам при испытании добавки №2

Птичники			Разница, г
Номера	Контрольные	Опытные	
1	53	56	+3
2	54	59	+5
3	56	57	+1
4	53	60	+7
Статистические расчеты			
Среднее арифметическое x , г	54	58	+4
Среднеквадратическое отклонение σ_{n-1}	1,414	1,826	
Дисперсия σ_{n-1}^2	2	3,333	
Квадрат ошибки среднего $S^2 dx$	0,5	0,833	

разности показателей. Суть его заключается в том, чтобы результаты выражать не числами, а знаками «+» или «-», в зависимости от эффекта воздействия. При этом нулевые разности, то есть ситуации, когда нет ни положительного, ни отрицательного результата воздействия, в расчет не берутся. Так, для нашего первого примера, в котором использовалась новая кормовая добавка №1, в двух случаях наблюдений из четырех получен положительный результат (увеличился прирост живой массы в опытных птичниках), один случай отрицательный (прирост уменьшился) и один нулевой (прирост одинаковый в контрольных и опытных птичниках). Во втором примере, с добавкой №2, все четыре наблюдения дали положительный результат — во всех опытных птичниках прирост массы увеличился по сравнению с контрольными. Чтобы сделать вывод о доверительной вероятности наблюдаемых различий, надо оценить результаты, то есть посчитать, сколько «плюсов» и «минусов», и воспользоваться специальной таблицей «критические значения z-критерия знаков при разных уровнях значимости и объеме выборки» (см. приложение 2).

Необходимо помнить, что минимальный объем выборки, если использовать критерий знаков, должен равняться 6. Когда все члены контрольной выборки отличаются одним знаком от всех членов опытной выборки, доверительная вероятность различий будет 95%. Понятно, что для наших примеров ($n = 4$) критерий знаков применить нельзя. Если бы в каждой группе было по шесть птичников и, как во втором случае, во всех опытных птичниках прирост живой массы бройлеров был больше, чем в контрольных (не важно, на какую величину), тогда мы сделали бы вывод о том, что использование кормовой добавки действительно стимулировало рост цыплят.

Как мы установили, критерий знаков легок в применении (не надо выполнять какие-либо расчеты), но он менее «мощен» по сравнению с тем же критерием Стьюдента.

Действительно, критерий Стьюдента позволил доказать, что кормовая добавка №2 влияет на рост цыплят даже при испытании всего на четырех птичниках (плюс четыре контрольных). Критерий знаков же требует увеличения объема выборки. Однако о нем полезно знать, когда под рукой нет ни компьютера, ни калькулятора, а в полевых условиях надо быстро оценить ситуацию. Например, требуется аттестовать действие нового антибиотика на сохранность бройлеров на откорме (12 птичников). Антибиотик выпаивали в течение одного тура выращивания. Результаты представлены в таблице 3 за два тура выращивания: без применения антибиотика и с его применением.

Таблица 3. Сохранность цыплят за два тура

Номера птичников	Сохранность, %		Оценка различий, знак
	Без антибиотика	С антибиотиком	
1	93,5	94,5	+
2	95,5	96,2	+
3	94,3	95,0	+
4	93,7	93,9	+
5	93,9	93,7	–
6	92,2	93,8	+
7	92,8	93,5	+
8	94,3	94,8	+
9	95,7	96,0	+
10	94,6	95,1	+
11	92,9	92,0	–
12	93,1	93,5	+

Здесь мы имеем 12 пар наблюдений, то есть объем выборки равен 12. В 10 из них сохранность птицы при использовании нового препарата была выше («плюс»), чем в тех же птичниках, но без применения антибиотика. В двух случаях сохранность была ниже («минус»). Вроде бы результат есть. Чтобы оценить статистическую значимость эффекта нового препарата, обращаемся к таблице «критических значений z-критерия». При наличии эффекта в 10 случаях из 12 доверительная вероятность равна 95%. Поэтому можно считать, что, применяя данный антибиотик, в каждом 95 случаях из 100 мы получим положительный эффект по сохранности цыплят. Однако надо понимать, что, используя критерий знаков, мы не оцениваем величину этого эффекта, то есть на сколько процентов повысится сохранность. Другими словами, если речь идет об оценке экономической целесообразности применения данного препарата, критерий знаков нам не подойдет. Необходимо будет произвести расчеты с помощью какого-либо другого критерия значимости, который учтет величину получаемого эффекта.

Основные формулы для расчета критерия Стьюдента выделены в тексте жирным шрифтом. Также в приложениях 1 и 2 приведены таблицы для определения уровня доверительной вероятности при использовании критерия Стьюдента и критерия знаков (z-критерий). Напомним, что уровни значимости соответствуют доверительной вероятности, представленной в таблице 4.

Таблица 4. Уровень значимости и доверительная вероятность

Уровень значимости	Доверительная вероятность, %
0,1	90,0
0,05	95,0
0,01	99,0
0,001	99,9

Приложение 1. t-распределение Стьюдента

Число степеней свободы	Уровни значимости			
	0,10	0,05	0,01	0,001
3	2,358	3,182	5,841	12,920
4	2,132	2,776	4,604	8,610
5	2,015	2,571	4,032	6,869
6	1,943	2,447	3,707	5,959
7	1,895	2,365	3,499	5,408
8	1,860	2,306	3,355	5,041
9	1,833	2,262	3,250	4,781
10	1,812	2,228	3,169	4,587
11	1,796	2,201	3,106	4,437
12	1,782	2,179	3,055	4,318
20	1,725	2,086	2,845	3,850
30	1,697	2,042	2,750	3,646
Более 30	1,645	1,960	2,576	3,291

Приложение 2. Критические значения z-критерия знаков

Объем выборки (n)	Уровни значимости	
	0,05	0,01
6	6	—
7	7	—
8	8	8
9	8	9
10	9	10
11	10	11
12	10	11
13	11	12
14	12	13
15	12	13
16	13	14
17	13	15
18	14	15
19	15	16
20	15	17
30	21	23
100	61	64