

田间饲料试验注意事项

Duane E. Reese 养猪推广专家

Kent M. Eskridge 统计学教授

Walter W. Stroup 统计学教授

我们建议养猪生产者生产经营时采用基于理想营养基础上的“最佳成本”饲喂方案。每磅增重的饲料成本是区分养猪生产者高利润和低利润的主要指标。大学和饲料行业人士可提供相关信息以协助生产者生产经营中开发合适的饲喂方案。然而，有时相关信息并不充分，需要进行田间试验以确定哪个饲料性价比最好。

注意！如果想要田间试验能够产生有效结果必须注意细节。粗略的方法将产生误导性的结果，即使进行仔细的试验，而没有采用合理统计方法也可能产生误导性结果。此外，欺骗性的结果将导致金钱的浪费。开展有意义的试验关键点如下：

- 1、 最大限度的减少由饲料之外的因素造成猪生产性能的差异；
- 2、 提供良好的基础以确保试验结果可信有效。

本文旨在提供开展饲料试验之前必须理解的一些基本信息，并将讨论改善田间试验结果可靠性的试验程序。本文描述的概念和程序适用于涉及到两种饲料比较的大多数情况，任何涉及两种以上饲料试验出现的问题超出本文的范畴，这些问题涵盖大学统计课程中的试验设计和分析。

对于生产者而言，最实用的饲料试验是涉及到生长猪（断奶到 50 磅或 50 磅到出栏）的试验，然而，涉及到猪群的饲料试验的困难在于难于获得足够的重复数。例如，准确测定每窝一半仔猪以发现母猪料之间的差异，每种母猪料需要 337 头母猪的样本量。

为了说明部分观点，假设养猪生产者想比较两种保育料来进行说明，一种饲料为对照（猪场目前现用饲料），另一种为试验料。

试验方法

对猪和饲料进行称重

一个可靠的磅秤来对猪和饲料进行称重是必不可少的。通过目视来估测猪的重量以及通过体积估测饲料用量是不可靠的，也是不可接受的。在整个试验期使用相同的称重设备，并确保在每次使用前进行准确校准。

如果饲料是袋装的，并且饲料袋重量一致（饲料袋之间重量的变化少于 2%），需要记录整个试验期使用的饲料袋数量，在试验结束，减去饲槽中剩余饲料重量

以得到使用饲料量。

在试验开始和结束时,应该对试验猪单独称重。如果试验过程中出现猪死亡,称重并记录数据,对数据进行调整。

理解和管理变异性或偶然变异

同窝相似的猪,在保育期或生长期相同饲养管理条件下,它们生长性能不一定完全相同。这是因为那些不能解释或预测的因素影响其生长性能,每个饲料试验都会发生变异,理解和管理这些变异非常重要。

为了帮助理解变异性或偶然变异的概念,需要五个人和一个硬币,假设如下:

- 1) 正面代表试验料;
- 2) 背面代表对照饲料
- 3) 哪种饲料好的结论取决于 10 次掷硬币后正面和背面出现的比例
- 4) 对照和试验料一致

每个人掷硬币 10 次,记录正面和背面出现的次数。有多少人记录到 5 次正面和 5 次背面以说明饲料没有差异呢?不可能每个人都能够做到,有的人可能记录的正面次数多于背面,有的人可能记录的背面次数多于正面,因此,有些人会因为偶然变异提供误导信息。

饲料试验中偶然变异的相对值通常通过变异系数(CV)测定,变异系数计算如下:

$$\text{变异系数 (CV)} = \text{标准差} \div \text{处理平均} \times 100$$

生长性能性状的变异系数低于繁殖性能性状的变异系数(表 1)。高变异系数使饲料之间的差异难以被测定,如果变异系数较小,则饲料间的差异容易发现。表 1 中列出性状的变异系数的变化范围大,意味着养猪生产者最好测定自己牧场的变异系数,否则,在特定猪场确定试验所需的重复数量时会犯大错误。

足够的重复数

重复意味着每种饲料至少观察两个栏。假如只有两栏猪可以提供开展饲料试验,试验结果显示饲喂试验料的猪好于对照组,我们是否可以得出结论说试验料好?我们不能确信两栏猪生长性能差异是由饲料造成的,也可能是其它因素引起的,例如,对照组供水故障或偶然变异。

每种饲料仅有 1 栏猪的试验可能造成误导性的结果,重复对于减小误差,确保正确结果至关重要,也就是说试验过程中每种饲料需要 1 栏以上的猪(图 1),否则,试验无效。

表 1 不同试验猪场生产性状变异系数(CV)范围汇总^a

指标	试验数	CV 变化范围, %
----	-----	------------

母猪		
断奶窝仔数	8	5.3-39.1
断奶窝重	6	11.7-32.7
哺乳母猪日均采食量	9	13.4-29.7
断奶到发情间隔	8	12.1-153.0
保育仔猪		
平均日增重	7	2.8-13.9
平均日采食量	7	3.9-14.5
料肉比	7	1.6-22.1
生长育肥猪		
平均日增重	7	2.4-4.5
平均日采食量	7	1.9-4.1
料肉比	7	1.0-6.9

^a Johnston, L.J.,A. Renteria and M.R.Hannon.2003.Improving validity of on-farm research. *Journal of Swine Health Production*. 11(5):240-246

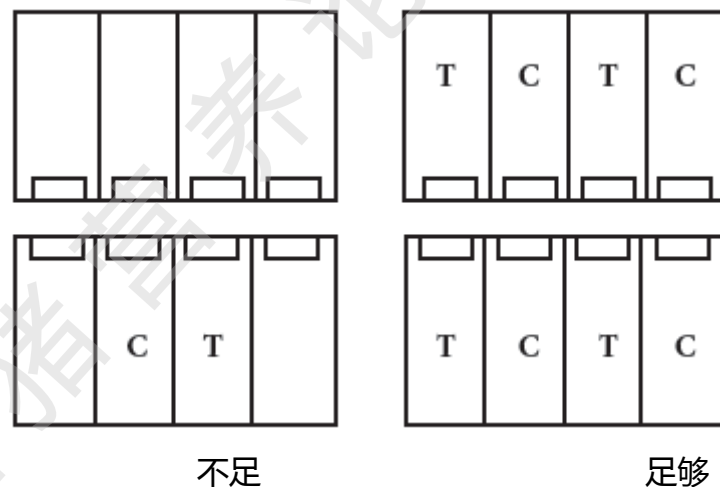


图 1 对照 (C) 和试验 (T) 饲料的重复数不足和足够示例

前面我们用掷硬币的例子来说明变异性或偶然变异的概念,我们将回顾试验重复的重要性。我们询问了有多少人记录到 5 次正面和 5 次背面,这意味着饲料没有差异。不可能每个人都能够做到,有的人可能记录的正面次数多于背面,有的人可能记录的背面次数多于正面,因此,有些人会提供误导信息。对这些结果进行平均处理将会发现会出现 5 次正面和 5 次背面,这说明饲料是相似的。所有的试验都会有偶然变异因素,重复会减少由于偶然变异造成的误差。

偶然性是如何卷入到饲料试验中的?如果有 20 头仔猪,每栏随机分配 10

头,我们期望每栏具有匹配相似猪样本,但是就像掷硬币一样,很难达到我们期望。然而,如果有几栏猪,平均分配到每种类型饲料的猪应该是相似的。在这种情况下,试验观察到的差异更可能来是饲料差异引起的,而非仅仅是来源于运气或偶然。

表 2 为测定两种饲料在合理置信范围的差异,每种饲料所需的重复数提供了指南。这个指南可以让生产者针对两种饲料的试验结果准确率达到 95%。

表 2 保育和生长育肥猪试验中每种饲料需要的试验猪栏数^a

CV, %	可测定与对照组的差异程度, %					
	5	10	15	20	25	30
2	5	3	2			
5	23	7	4	3	3	3
10	85	23	11	7	5	4
16	216	55	25	15	10	8
20	337	85	39	23	15	11

^a Berndston et al., 1991. A simple, rapid, and reliable method for selecting or assessing number of replicates for animal experiments. *Journal of Animal Science*. 69:67-76. Assumes 90 percent power at P <0.05.

例如,如果你希望测定保育猪日增重 15%改善(大约 0.1 磅每天),变异系数假定为 5%,试验中每种饲料需要 4 个栏(4 个重复)(表 2)。较少的栏(重复)将降低你准确测定两种料 15%差异的能力。较小的性能改善可能是经济的;更多的重复对于确保选择正确的饲料是必要的。

如果每种饲料所需的猪栏数不能同时满足,用接替的猪群重复该试验,并确保每个试验期每个饲料具有相同的重复数,同时在重复试验之前给各个试验栏重新分配饲料类型。(见试验猪栏的选择)

公用同一饲喂器的两栏不能构成两个重复,它们只能算着一个重复(没有重复)。同样,即使一栋猪舍有 40 个猪栏 1000 头猪,如果整栋提供一种饲料,这栋也只能算一个重复。

与其它猪分开单独关入栏中的猪可以作为重复,例如,在具有 24 个限位栏的怀孕母猪舍进行两种饲料测试,每种料选用 12 头母猪,具有 12 个重复。

许多养猪生产者面临的一个问题是如何适当地开展试验而不影响日常饲养管理。我们假设有一栋具有几个猪栏和一个套自动喂料系统的生长育肥舍,如果开展试验,饲喂器一半提供对照饲料,另一半提供试验料,但生产者不能利用现有的饲喂系统去那样做。为了利用猪舍饲喂系统,生产者必须先提供对照料,接下来提供试验料。试验采用这种方式主要是想获得足够的重复数。这种饲喂方式

混淆颠倒了饲料类型和时间因素的影响,增加了得出关于饲料的错误结论的几率。决定是否进行这样的试验,应根据成本和生产者愿意接受这种无效结果的风险决定。

合适猪栏的选择

所有试验猪栏必须大小相同,并且硬件一致(地板、饲喂器、饮水器等),同时,猪栏所在位置不能影响试验结果,否则,一种饲料表现优异仅仅是因为该栏猪所处的环境好的缘故。

模块化是一种很好的技术可以确保尽可能公平和准确地比较两种饲料,通过模块化,可在已知变异源中随机分配处理,从而让试验更有效。降低试验中重复数量。具有独立料槽的邻近的两个栏构成一个栏模块。每个栏模块分配一个对照和试验栏。

在母猪试验中运用模块化可以随机分配饲料到同一胎次的母猪。众所周知,母猪繁殖性能随胎次变化而变化。为减少胎次变化影响,根据胎次进行模块化,也就是每种饲料中具有相同数量的1胎和2胎母猪。

为说明保育猪饲养试验模块化运用,假定利用8个栏来比较对照饲料和试验料。

- 1、 划分相邻的两个栏到一个栏模块(图2a)
- 2、 剪两个小纸片分别写上C和T
- 3、 折起纸片、混合并抽取一个

抽取的第一个小纸片揭示模块A第1栏所提供的饲料,没有被选中的饲料则提供给模块A第2栏。重复抽取纸片和上述过程直到所有栏被分配一种饲料(图2b)。

通常方便使用一侧的猪栏或走道一边用一种料,另一边用另一种料。这种安排仅仅在确立走道两边的猪表现相同后有效,因为需要大量的研究证明走道两边猪表现相似,建议按照前面段落描述把饲料分配到栏模块中。

在根据体重和性别把猪分配到各栏后,检查每栏相同血统猪的数量,如果一栏猪中有 3 头或更多猪来源于同一窝,交换体重类似的猪到其它栏,使栏中来源于同一窝的猪不超过 2 头。

选择合适的试验动物

有时试验过程中会出现猪死亡的问题,在猪用于试验之前仔细筛选将有助于减少这种问题。

如果试验过程中出现猪死亡,出现死亡的栏的数据必须调整,调整试验开始时的栏体重,从总重中减去死亡猪的试验开始时的体重。调整栏采食量数据,通过测定猪死亡之前每头猪日均采食量,乘以 0.75 以估测死亡猪的日采食量。计算死亡猪的试验开始之后的总采食量,并从栏总采食量中减去死亡猪的采食量。死亡猪死亡当天料槽中剩料必须称量。

试验中所有猪必须有相同背景,例如,在试验之前饲喂相同饲料、接种相同疫苗。如果试验为获得有效猪数量而必须选用不同背景的猪,在这种情况下,确保这些背景的猪在各种饲料中的均衡。

饲料同时测试

对照饲料和试验料的饲喂必须在同一天开始,否则将不能从时间影响中分离饲料的效果。在试验结束时,称量猪的体重和料槽中剩余饲料重量。慎重对待比较使用前和使用后数据后得出的结果。

确定试验持续时间

在预定的时间内进行保育试验(3-8周),生长育肥猪试验应该在达到预定体重时结束。

汇总结果,得出结论

计算试验中每个反应变量的栏平均值,例如,日增重、日采食量、饲料效率、增重饲料成本等。确定对照组和试验组性能的总平均值(表3)。

表 3 保育猪饲料试验平均日增重

模块	对照组		试验组	
	栏号	日增重,lb	栏号	日增重,lb
A	1	0.79	2	0.83
B	3	0.83	4	0.80
C	5	0.83	6	0.88
D	7	0.79	8	0.86
	平均	0.81	平均	0.84

人们经常在看了表 3 的数据后就得出试验料优于对照饲料的结论,这种结论得出是基于没有认识到性能的差异是由饲料引发的几率。

统计是一种工具,研究人员可以运用它来确定观察到饲料之间差异是由饲料引起的还是样本分配中随机差异造成的。为得到最佳结果,我们建议咨询统计专家来分析数据。

得出有效结论的数据分析过程见表 4。表 3 中的数据用于说明该过程,同时需要一个具有平方根功能的便携计算器。

表 4 中第 14 行数据大于第 13 行 (3.182 vs 1.451), 生长率每天 0.81 磅和 0.84 磅没有差异, 因此, 合适的结论是, 与对照饲料相比, 试验料在日增重方面没有优势。虽然, 0.84 磅大于 0.81, 这种差异是由饲料差异引起的可能性比较小。如果第 13 行数据大于第 14 行, 就可以得出适当的结论, 试验料优于对照饲料。在得出全面的结论之前, 应该对日采食量、饲料效率、增重饲料成本应用同样的分析过程。

日增重的数据差异 (0.84 磅 vs 0.81 磅) 对于养猪生产者可能具有重要的经济意义。然而, 除非再次用同样饲料进行试验, 试验料改善生产性能的准确性不能达到 95%。

应该记住的是试验结果在短时间内有效, 饲料企业会改变其配方, 因此, 测定过的饲料应该限时使用。

表 4 中使用的计算方法能够编程到电子表格中, 使得数据统计分析更为方便。

饲喂试验可以证明针对牧场条件选择饲养策略的价值。这里提出的建议会为生产者提供更好的信息。数据分析空白表格见表 5。

表 4 试验数据统计评估表格

反应变量: 日增重

1、完善试验各模块表格				
模块	列 1 对照组栏 平均	列 2 试验组栏 平均	列 3 差异 (列 2-列 1)	列 4 列 3 平方
A	0.79	0.83	0.04	0.0016
B	0.83	0.80	-0.03	0.0009
C	0.83	0.88	0.05	0.0025
D	0.79	0.86	0.07	0.0049
总和			0.13	0.0099
2、输入试验中模块数量			2、 4	

3、第 2 行减去数字 1	3、 3
4、输入第 3 列总和	4、 0.13
5、输入第 4 列总和	5、 0.0099
6、第 4 行数字÷第 2 行数字	6、 0.0325
第 6 行是对照组和试验组平均差异	
7、计算第 4 行平方值	7、 0.0169
8、第 7 行÷第 2 行	8、 0.0042
9、第 5 行—第 8 行	9、 0.0057
10、第 9 行÷第 3 行	10、 0.0019
11、第 10 行÷第 2 行	11、 0.005
12、输入第 11 行的平方根	12、 0.0224
第 12 行是差异的标准误差	
12a、第 10÷2	12a、 0.0010
12b、输入第 12a 的平方根	12b、 0.0316
12c、第 12b 行÷试验平均值 【(0.81+0.84) /2】	12c、 0.0383
12d、第 12c×100	12d、 3.83
第 12d 是变异系数 (CV)	
13、第 6 行÷第 12 行 注：忽略负号	13、 1.451
14、请参阅第 2 行，并选择从下表中相应的值	14、 3.182
模块数 (第 2 行)	值
2	12.706
3	4.303
4	3.182
5	2.776
6	2.571
7	2.447
8	2.365
9	2.306
10	2.262
11	2.228
12	2.201
15、选中相应的复选框	

第 13 > 第 14 行 →→ 结论：对照组生长性能与试验存在差异

第 13 < 第 14 行 →→ 结论：对照组生长性能与试验没有差异

表 5 试验数据统计评估表格

反应变量：

1、完善试验各模块表格				
模块	列 1 对照组栏 平均	列 2 试验组栏 平均	列 3 差异 (列 2-列 1)	列 4 列 3 平方
总和				
2、输入试验中模块数量			2、	
3、第 2 行减去数字 1			3、	
4、输入第 3 列总和			4、	
5、输入第 4 列总和			5、	
6、第 4 行数字 ÷ 第 2 行数字			6、	
第 6 行是对照组和试验组平均差异				
7、计算第 4 行平方值			7、	
8、第 7 行 ÷ 第 2 行			8、	
9、第 5 行 - 第 8 行			9、	
10、第 9 行 ÷ 第 3 行			10、	
11、第 10 行 ÷ 第 2 行			11、	
12、输入第 11 行的平方根			12、	
第 12 行是差异的标准误差				
12a、第 10 ÷ 2			12a、	
12b、输入第 12a 的平方根			12b、	
12c、第 12b 行 ÷ 试验平均值 【(0.81+0.84) / 2】			12c、	
12d、第 12c × 100			12d、	

第 12d 是变异系数 (CV)	
13、第 6 行 ÷ 第 12 行 注：忽略负号	13、
14、请参阅第 2 行，并选择从下表中相应的值	14、
模块数 (第 2 行)	值
2	12.706
3	4.303
4	3.182
5	2.776
6	2.571
7	2.447
8	2.365
9	2.306
10	2.262
11	2.228
12	2.201
15、选中相应的复选框	
<input type="checkbox"/> 第 13 > 第 14 行 →→ 结论：对照组生长性能与试验存在差异	
<input type="checkbox"/> 第 13 < 第 14 行 →→ 结论：对照组生长性能与试验没有差异	

评估饲料试验结果清单

出现在销售会议和宣传材料中的饲养试验结果关于试验如何进行的细节很少，在接受和应用试验结果之前，了解良好试验设计和试验方法的一些基本原则。运用这个清单去帮助评估试验结果。“是”表明试验运用了合理的试验方法，试验结果可能有效。

- 1、 是否一个栏以上的猪饲喂同一种饲料？（注：公用一个料槽的两个栏算一个栏）
- 2、 如果是，每种饲料饲喂多少栏？
- 3、 每栏猪的头数、饲料类型、每头猪占用面积以及每头猪饮水空间是否一致？
- 4、 是否采取措施减少猪栏所在猪舍位置对试验结果的影响？
- 5、 是否试验各组平均重的差异小于整体平均重的 2%？
- 6、 每栏的公母比例是否一样？
- 7、 结果是否来自同时饲喂对照饲料和试验料？
- 8、 饲料之间差异的标准误差是如何评估的？（注：如果饲料之间的平

均差异值 (表 4, 第 6 行) 小于差异标准误差值的两倍 (表 4, 第 12 行), 被评估的结果可能在特定猪场是无法重现的。)

研究报告中部分统计符号的解释

饲料试验的结果有时会伴随有统计符号或术语, 例如 $P < 0.05$ 、标准误差、线性、二次方、相关, 它们代表什么意义, 如何应用这些术语来帮助解读数据?

统计是用来计算由试验猪分组时偶然因素造成处理间差异的概率, 概率越低, 真正的处理效应存在的可能性就越高。事实上, 当这种概率小于 0.05 (标记为 $P < 0.05$), 观察到处理间的差异由偶然因素而非饲料引发的几率少于 5%, 试验结论就是处理效应真实存在并造成处理组中的猪表现出生产性能差异。但是, 请记住, 如果研究人员得到这种结果在每 100 个试验中, 5 个试验的差异被认为是真实存在的时候, 然而这种差异是由偶然因素引起的。有时统计分析计算所得概率为 $P < 0.01$, 即偶然因素造成处理差异的概率小于 1%, 表明真实处理差异性非常强。

一般当 $P < 0.05$ 时, 表示差异显著, 当 $P < 0.01$ 时表示差异极显著; P 值的范围位于 0-1 之间。然而, 当 P 值位于 0.05-0.10 之间时, 有的研究者说处理之间存在差异的趋势。趋势的引入主要是因为我们不能确信差异是否真实, 随机抽样造成处理差异的概率位于 1:20 和 1:10 之间。

有的研究者报告平均标准误差或标准误差, 这些都是根据测量处理变异性和处理的样本数计算得出的。处理平均可以表示为 11 ± 0.8 , 其中“11”是观察到的平均值, “0.8”是平均标准误差 (SEM)。处理平均值加和减去平均标准误差 (SEM) 或标准误差 (SE), 这意味着给出一个范围。如果相同处理被应用于无数动物数量的概率为 0.68 (1=完全确定), 它们平均值将不超过观察平均值的标准误差, 例如其范围为 10.2-11.8。

有的研究者报告了处理的线性和二次方反应, 研究者增加一个因素增量作为处理并测定这些影响, 例如, 进行测量时增加日粮中赖氨酸或能量数量, 或增加日龄或体重。线性和二次表明描述处理均重变化的线条的形状, 直线就是线性, 曲线就是二次方。例如, 如果育肥猪日粮中含有 0.7、0.7、0.8% 的赖氨酸, 每天增重分别为 1.6、1.8、2.0 磅, 则描述对赖氨酸的反应为线性, 相反, 如果日增重分别为 1.6、1.8、1.8 磅, 则增加日粮赖氨酸的反应为二次方反应。

测定这些影响的概率的解释和前面段落描述一致, 概率是衡量随机抽样造成观察结果的几率。因此, 如果发现二次方影响的 $P < 0.01$, 则说明由于处理组猪之间的随机差异造成观察反应的几率小于 1%。有的报告包含了性状之间相关性

或线性关系，关系可以是正向（两个性状一起变大或变小）或负向的（一个性状变大，另一个性状变小）。完全相关为 1（+1 或-1），如果没有关系，则相关为零。

中国猪业论坛技术资料