

# 实验五 方差分析

动科 223 12122127 程文博

## 一、实验目的

了解方差分析的基本概念和分析原理;  
掌握利用 Excel 电子表格和 SPSS 软件进行方差分析的数据输入格式和基本操作方法;  
学会解释和分析统计结果。

## 二、实验原理

### 1、单因素方差分析

当需要对  $k(k \geq 3)$  个总体平均数进行比较时,将产生  $\frac{1}{2}k(k-1)$  个差数,如果要对这些差数逐一进行检验,会随着  $k$  值的增加而大大增加犯 I 型错误的概率,导致试验误差增大、估计精确降低。因此,不能直接应用  $t$  检验或  $u$  检验进行两两平均数之间的假设检验。统计学家为此提出了检验  $k \geq 3$  系统中是否存在显著性影响因素的方法,其实质就是对观测值变异原因的量化分析,并称其为方差分析(ANOVA)。

### 2.两因素方差分析

当被研究性状同时受到两个因素的影响,需要同时对两个因素进行分析时,可进行两因素方差分析。各影响因素的相对独立作用称为该因素的主效应(main effect)。如果某一因素在另一因素的不同水平上所产生的效应不同,则两因素间存在交互作用,简称互作(interaction)。因素间互作显著与否关系到主效应的利用价值,若互作不显著,则各因素的效应可以累加,各因素的最优水平组合起来,即为最优的处理组合;若互作显著,则各因素的效应就不能直接累加,最优处理的选定应根据各处理组合的直接表现选定。

## 第一题（单因素方差分析）

**题目：**为研究饲料对猪肉品质的影响，用研发的 4 种新配方饲料进行饲养,每种饲料喂各饲喂 16 头育肥猪。试验结束后进行屠宰,并测定肌肉剪切力(N),结果见下表。试分析 4 种饲料对猪肌肉嫩度的影响有无显著差异。

表 1-1 饲喂结果

A	B	C	D
40.3	85.4	63.7	48.7
41.0	84.0	54.7	48.6
42.5	78.9	66.5	56.4
40.2	89.9	54.3	51.3
43.9	71.8	53.8	50.9
38.2	73.9	51.5	45.7
40.5	75.0	47.4	51.4
40.5	84.7	55.6	44.1
49.8	63.1	56.5	46.2

49.8	64.0	66.2	47.8
47.5	63.3	67.5	46.4
47.3	57.3	64.0	48.6
47.2	53.2	61.3	47.6
47.0	73.8	68.6	46.8
43.8	74.5	55.9	48.8
47.6	55.0	53.5	47.4

### 操作步骤:

打开 SPSS 软件,在“变量视图”中定义变量,在“名称”列中分别输入“饲料水平”和“肌肉剪切力”,将小数点位数分调到 0 和 1,其他参数均为默认;将变量“饲料水平”值标签设置如图 1-2,在 Excel 中输入表 1-1 的数据,数据输入格式如图 1-3,在 SPSS 中打开数据。

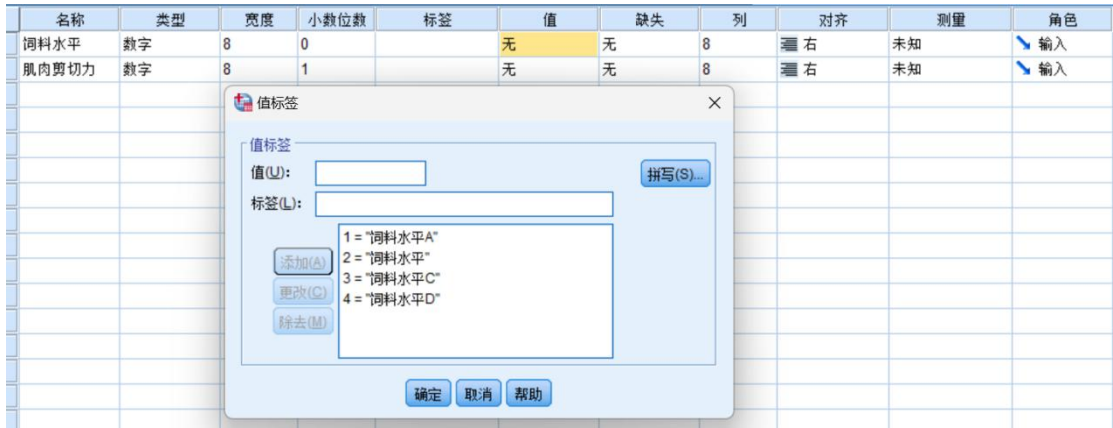


图 1-1 单因素方差分析 SPSS 数据输入格式

	A	B
1	饲料水平	肌肉剪切力
2	1	40.3
3	1	41.0
4	1	42.5
5	1	40.2
6	1	43.9
7	1	38.2
8	1	40.5
9	1	40.5
10	1	49.8
11	1	49.8
12	1	47.5
13	1	47.3
14	1	47.2
15	1	47.0
16	1	43.8
17	1	47.6
18	2	85.4
19	2	84.0
20	2	78.9
21	2	89.9
22	2	71.8
23	2	73.9
24	2	75.0
25	2	84.7

图 1-2 单因素方差分析 Excel 数据输入格式

【分析(A)】→【比较平均值】→【单因素 ANOVA 检验】，将左侧变量列表中“肌肉剪切力”选入“因变量列表(E)”框中,将“饲料水平”选入“因子”栏中,点击“选项”，打开“选项”子对话框，在统计来那个中选择“描述”和“方差同质性检验”，单击“继续”，返回“单因素 ANOVA 检验”主对话框，打开“事后比较”子对话框。选择如图 1-4 的选项，点击确定，输出结果。

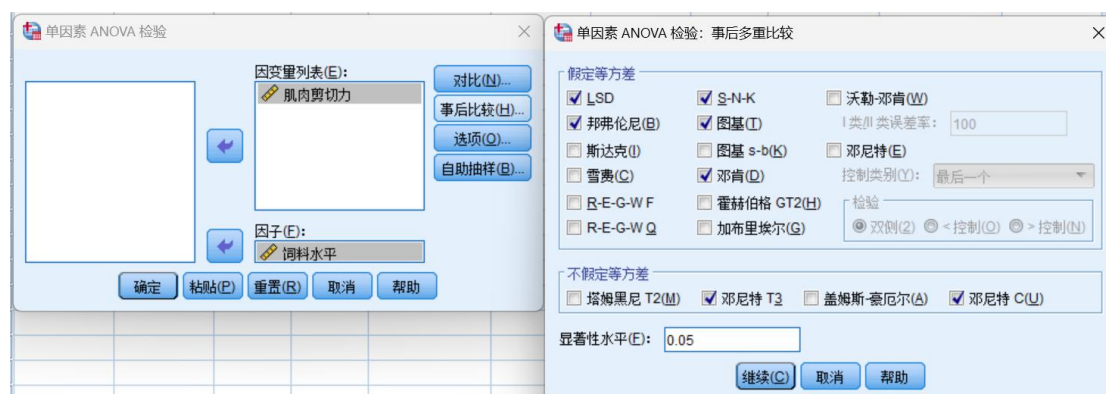


图 1-3 SPSS 单因素 ANOVA 检验事后多重比较对话框

图表和结论：

表 1-2 肌肉剪切力描述性统计量表

	个案数	平均值	标准 偏差	标准 错误	平均值的 95% 置信区间		最小值	最大值
					下限	上限		
饲料水平 A	16	44.194	3.8261	.9565	42.155	46.233	38.2	49.8
饲料水平 B'	16	71.738	11.4057	2.8514	65.660	77.815	53.2	89.9
饲料水平 C	16	58.813	6.5341	1.6335	55.331	62.294	47.4	68.6
饲料水平 D	16	48.544	2.9079	.7270	46.994	50.093	44.1	56.4
总计	64	55.822	12.6899	1.5862	52.652	58.992	38.2	89.9

表 1-3 方差齐性检验表

		莱文统计	自由度 1	自由度 2	显著性
肌肉剪切力	基于平均值	12.696	3	60	.000
	基于中位数	8.280	3	60	.000
	基于中位数并具有调整后自由度	8.280	3	30.374	.000
	基于剪除后平均值	12.682	3	60	.000

表 1-4 单因素方差分析表

	平方和	自由度	均方	F	显著性
组间	7206.966	3	2402.322	49.057	.000
组内	2938.184	60	48.970		
总计	10145.149	63			

表 1-5 LSD 法事后多重统计量表

因变量: 肌肉剪切力

	(I) 饲料水平	(J) 饲料水平	平均值差值 (I-J)	标准 错误	显著性	95% 置信区间	
						下限	上限
LSD	饲料水平 A	饲料水平 B'	-27.5438*	2.4741	.000	-32.493	-22.595
		饲料水平 C	-14.6187*	2.4741	.000	-19.568	-9.670
		饲料水平 D	-4.3500	2.4741	.084	-9.299	.599
	饲料水平 B'	饲料水平 A	27.5438*	2.4741	.000	22.595	32.493
		饲料水平 C	12.9250*	2.4741	.000	7.976	17.874
		饲料水平 D	23.1938*	2.4741	.000	18.245	28.143
	饲料水平 C	饲料水平 A	14.6187*	2.4741	.000	9.670	19.568
		饲料水平 B'	-12.9250*	2.4741	.000	-17.874	-7.976
		饲料水平 D	10.2688*	2.4741	.000	5.320	15.218
	饲料水平 D	饲料水平 A	4.3500	2.4741	.084	-.599	9.299
		饲料水平 B'	-23.1938*	2.4741	.000	-28.143	-18.245
		饲料水平 C	-10.2688*	2.4741	.000	-15.218	-5.320

\*. 平均值差值的显著性水平为 0.05。

表 1-6 邓肯法事后多重比较表

			Alpha 的子集 = 0.05		
	饲料水平	个案数	1	2	3
邓肯 <sup>a</sup>	饲料水平 A	16	44.194		
	饲料水平 D	16	48.544		
	饲料水平 C	16		58.813	
	饲料水平 B'	16			71.738
	显著性		.084	1.000	1.000

将显示齐性子集中各个组的平均值。

a. 使用调和平均值样本大小 = 16.000。

由表 1-3 得： $P=0.000<0.01$ ,说明各处理组间存在极显著差异（方差齐性检验），由表 1-4 得： $P=0.000<0.01$ ，说明各饲料水平间肌肉剪切力存在极显著差异（统计结果）。

由表 1-5 得：只有饲料水平 A 与 D 之间不存在显著差异，其余两两之间均存在显著差异。表 1-6 为邓肯法，结果与 LSD 法一致

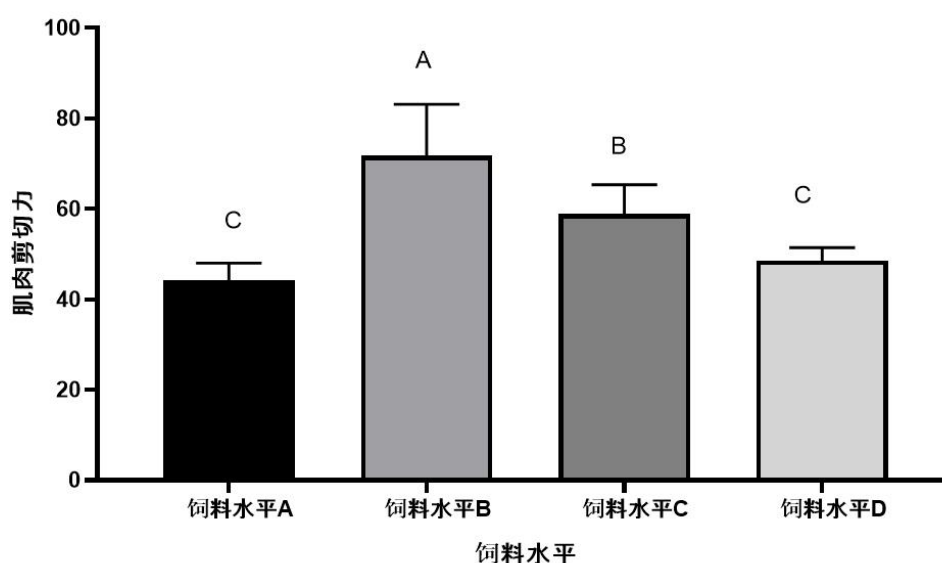


图 1-4 饲料水平对猪肌肉剪切力的影响

综上所述：肌肉剪切力越小，肉质越嫩，只有饲料水平 A 与 D 之间不存在显著差异，其余两两之间均存在显著差异。饲料水平 A 和饲料水平 D 能喂养出肉质最嫩的猪，其次是饲料水平 C，最后是饲料水平 B。

## 第二题（组内无重复观测值的两因素方差分析）

**题目：**为了研究某饲料添加剂对增重的影响，现采用该添加剂 4 种不同浓度，测定 3 个品种牛的增重，每个品种随机抽取初始体重相近的 4 头牛，随机分配到 4

种添加剂浓度的饲料组，其余条件均相同，经 90 天育肥后测定活重(kg)，数据如下表所示。试分析添加剂浓度及品种对增重是否存在影响。

表 2-1 饲料添加剂浓度与品种对猪增重数据

品种	饲料			
	A1	A2	A3	A4
B1	505	545	590	530
B2	490	515	535	505
B3	445	515	510	495

操作步骤:

在 Excel 中输入格式如图 2-1 的数据，在 SPSS 中打开数据，【分析】→【一般线性模型】→【单变量】。在“单变量”主对话框中,将“增重”变量选入“因变量(D)”栏中,将“品种”“饲料添加剂浓度”变量选入“固定因子(F)”栏中,见图 2-2;



	A	B	C
1	品种	饲料添加剂浓度	增重
2	B1	1	505
3	B1	2	545
4	B1	3	590
5	B1	4	530
6	B2	1	490
7	B2	2	515
8	B2	3	535
9	B2	4	505
10	B3	1	445
11	B3	2	515
12	B3	3	510
13	B3	4	495
14			
15			

图 2-1 Excel 数据输入格式

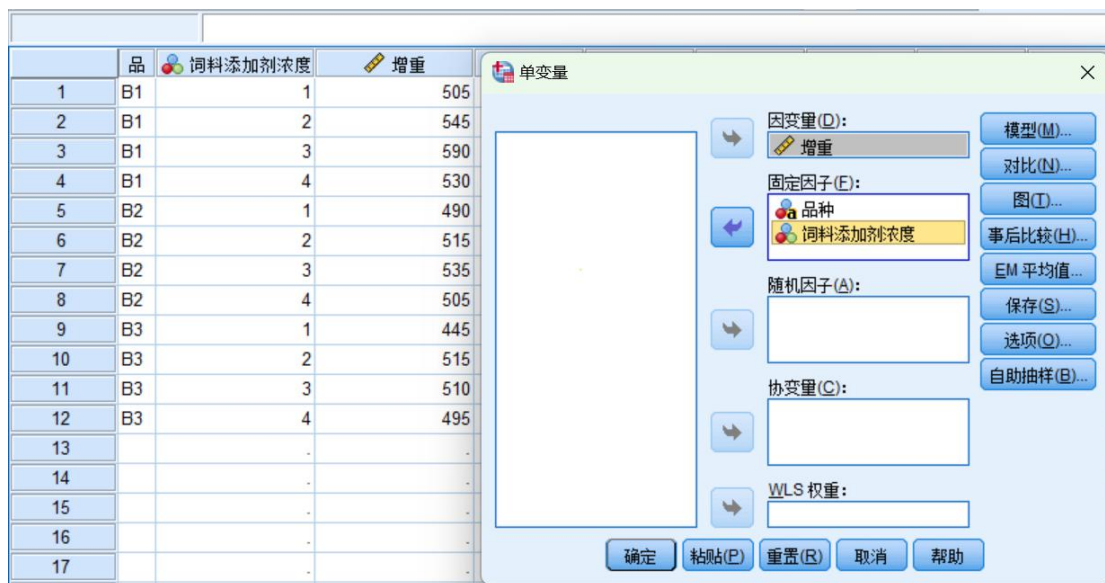


图 2-2 SPSS 无重复观测值两因素资料方差分析单变量主对话框

点击【模型(M)】在“指定模型”框中选择“设定”，将“品种”和“饲料添加剂浓度”导入模型中，点击“继续”；单击【事后比较】，将“品种”和“饲料添加剂浓度”从“因子(F)”列表中导入“下列各项的事后检验(P)”栏中，在“假定等方差”下面选项中选择“LSD”与“邓肯(D)”，见图 2-3；

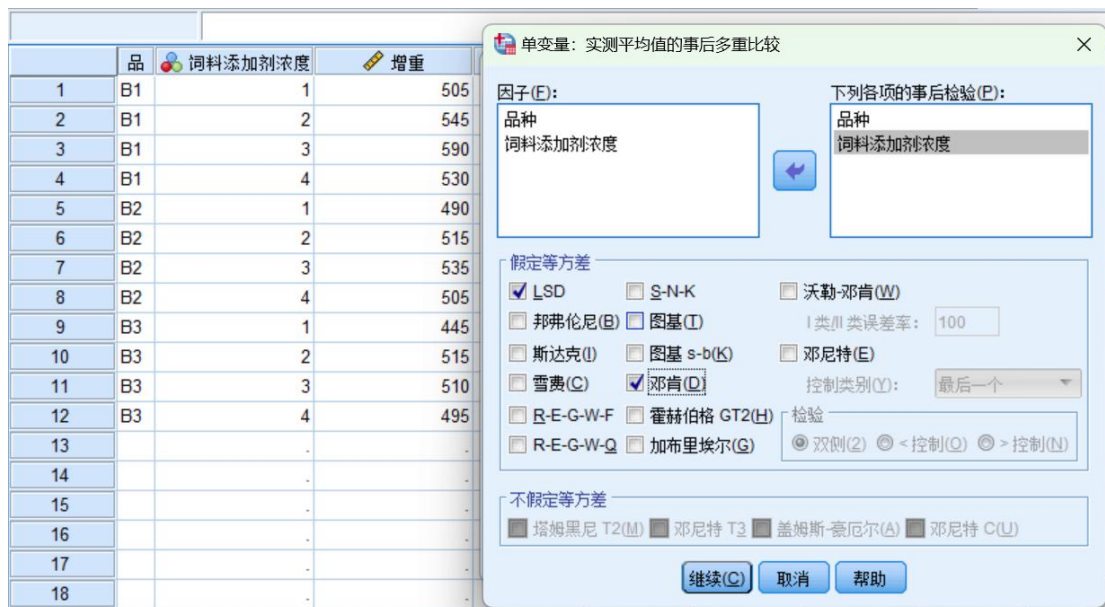


图 2-3 SPSS “单变量：实测平均值的事后多重比较”主对话框

点“继续”返回“单变量”主对话框；单击【EM 平均值】按钮，打开“单变量：估计边际平均值”对话框，在“显示下列各项的平均值(M)”栏中导入“品种”和“饲料添加剂浓度”，勾选“比较主效应”，“置信区间调整”选 LSD。见图 2-4，点击“继续”按钮返回主对话框，单击【选项】按钮。打开“单变量选项”对话框。选择“描述统计”“齐性检验”和“效应值估算”。见图 2-5，点击“继续”返回“单变量”主对话框，单击“确定”。



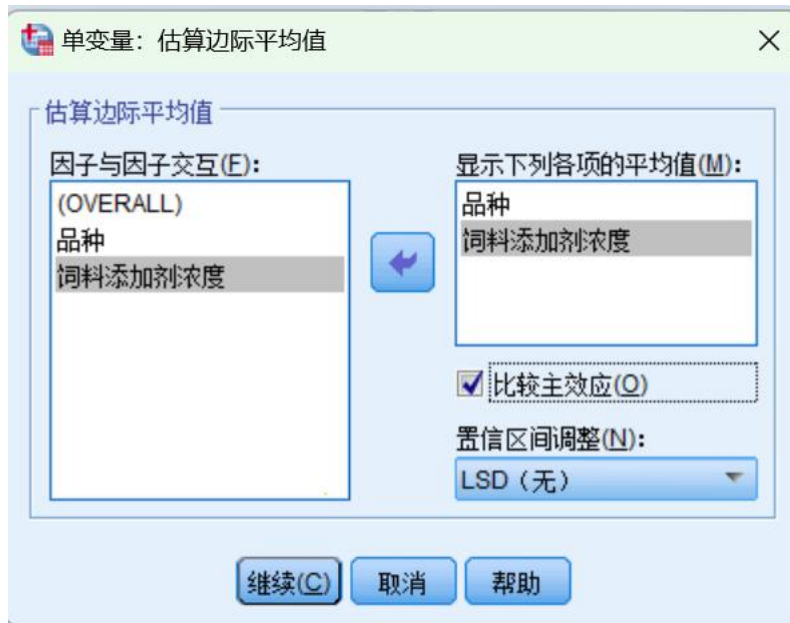


图 2-4 SPSS “单变量：估算边际平均值”对话框



图 2-5 SPSS “单变量：选项”对话框



图表和结论：

表 2-1 误差方差的莱文等同性检验<sup>a</sup>

F	自由度 1	自由度 2	显著性
.	11	0	.

检验“各个组中的因变量误差方差相等”这一原假设。a. 设计：截距 + 品种 + 饲料添加剂浓度

表 2-2 主体间效应表

源	III 类平方和	自由度	均方	F	显著性	偏 Eta 平方
修正模型	12087.500 <sup>a</sup>	5	2417.500	11.963	.004	.909
截距	3182700.000	1	3182700.000	15749.443	.000	1.000
品种	5337.500	2	2668.750	13.206	.006	.815
饲料添加剂浓度	6750.000	3	2250.000	11.134	.007	.848
误差	1212.500	6	202.083			
总计	3196000.000	12				
修正后总计	13300.000	11				

a. R 方 = .909（调整后 R 方 = .833）

2-3 s 品种间成对比较表（LSD）

(I) 品种	(J) 品种	平均值差值 (I-J)	标准误差	显著性 <sup>b</sup>	差值的 95% 置信区间 <sup>b</sup>	
					下限	上限
B1	B2	31.250 <sup>*</sup>	10.052	.021	6.654	55.846
	B3	51.250 <sup>*</sup>	10.052	.002	26.654	75.846
B2	B1	-31.250 <sup>*</sup>	10.052	.021	-55.846	-6.654
	B3	20.000	10.052	.094	-4.596	44.596
B3	B1	-51.250 <sup>*</sup>	10.052	.002	-75.846	-26.654
	B2	-20.000	10.052	.094	-44.596	4.596

基于估算边际平均值

\*. 平均值差值的显著性水平为 .05。

b. 多重比较调节：最低显著差异法（相当于不进行调整）。

表 2-4 饲料间成对比较表（LSD）

(I) 饲料添加剂浓度	(J) 饲料添加剂浓度	平均值差值 (I-J)	标准误差	显著性 <sup>b</sup>	差值的 95% 置信区间 <sup>b</sup>	
					下限	上限
1	2	-45.000 <sup>*</sup>	11.607	.008	-73.401	-16.599
	3	-65.000 <sup>*</sup>	11.607	.001	-93.401	-36.599
	4	-30.000 <sup>*</sup>	11.607	.042	-58.401	-1.599
2	1	45.000 <sup>*</sup>	11.607	.008	16.599	73.401

3	3	-20.000	11.607	.136	-48.401	8.401
	4	15.000	11.607	.244	-13.401	43.401
	1	65.000*	11.607	.001	36.599	93.401
	2	20.000	11.607	.136	-8.401	48.401
4	4	35.000*	11.607	.024	6.599	63.401
	1	30.000*	11.607	.042	1.599	58.401
	2	-15.000	11.607	.244	-43.401	13.401
	3	-35.000*	11.607	.024	-63.401	-6.599

基于估算边际平均值

\*. 平均值差值的显著性水平为 .05。

b. 多重比较调节：最低显著差异法（相当于不进行调整）。

表 2-5 不同品种间邓肯法事后多重比较结果

			子集		
	饲料添加剂浓度	个案数	1	2	3
邓肯 <sup>a,b</sup>	1	3	480.00		
	4	3		510.00	
	2	3		525.00	525.00
	3	3			545.00
	显著性		1.000	.244	.136

将显示齐性子集中各个组的平均值。

基于实测平均值。

误差项是均方（误差）= 202.083。

a. 使用调和平均值样本大小 = 3.000。

b. Alpha = .05。

表 2-6 不同饲料添加剂浓度间邓肯法事后多重比较结果

		子集	
品种	个案数	1	2
B3	4	491.25	
B2	4	511.25	
B1	4		542.50
显著性		.094	1.000

由表 2-2 得：品种因素和饲料添加剂浓度因素方差分析的概率值分别为 0.006 和 0.007，小于显著水平 0.01，差异极显著，表明品种和饲料添加剂浓度对仔猪增重的都存在极显著影响。

由表 2-3 得：只考虑品种因素时，只有品种 B 和品种 C 之间不存在显著差异，其余组之间均存在差异

由表 2-4 得：只考虑饲料添加剂浓度时，只有饲料添加剂浓度 2 与 3，2 与 4 两组不存在显著差异，其余两两之间均存在显著差异。表 2-5 和表 2-6 邓肯法事后

多重比较结果与 LSD 法结果一致，子集中位于同一列中的水平表示差异不显著，不同列的水平间差异显著

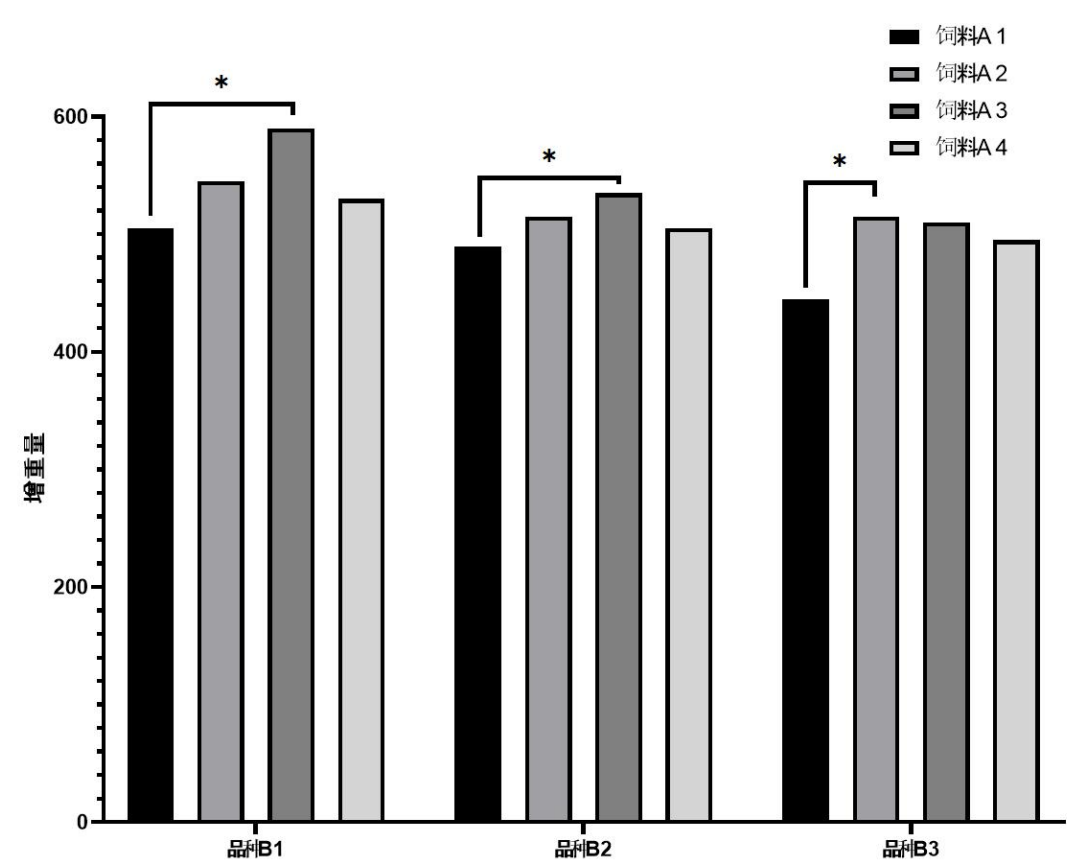


图 2-6 饲料水平和品种对增重量的影响

综上所述：不同品种间，不同饲料添加剂浓度水平间均具有显著差异，品种 B1 的增重速度最快，饲料添加剂浓度 A3 的猪增重速度最快。

### 第三题（交叉分组等重复资料的方差分析）

题目：为了比较两种基因治疗方法对肿瘤治疗的效果, 选取 40 只小鼠，随机分成 4 组, 采用 A 和 B 两种方法进行交叉治疗，14 天后测定肿瘤重量(g)，结果下表。试进行方差分析。

表 3-1 小鼠肿瘤重量				
B 处理	A 处理			
	用		不用	
用	3.00	2.79	5.40	5.01
	2.86	2.73	4.70	3.99
	3.12	1.98	4.01	4.56
	2.98	3.03	4.87	4.19

不用	3.11	2.00	4.19	4.80
	4.45	3.40	7.94	6.88
	3.20	3.58	7.88	8.02
	3.90	3.11	8.60	6.90
	4.30	5.02	6.45	6.54
	4.00	4.04	7.14	7.31

### 操作步骤

在 Excel 中输入格式如图 3-1 的数据，在 SPSS 中打开数据，【分析】→【一般线性模型】→【单变量】，在“单变量”主对话框中,将“肿瘤质量”变量选入“因变量(D)”栏中,将“A 处理”和“B 处理”变量选入“固定因子(F)”栏中,见图 3-2;

	A	B	C
1	A处理	B处理	肿瘤质量
2	用	用	3
3	用	用	2.86
4	用	用	3.12
5	用	用	2.98
6	用	用	3.11
7	用	用	2.79
8	用	用	2.73
9	用	用	1.98
10	用	用	3.03
11	用	用	2
12	用	不用	4.45
13	用	不用	3.2
14	用	不用	3.9
15	用	不用	4.3
16	用	不用	4
17	用	不用	3.4

图 3-1 excel 数据输入格式

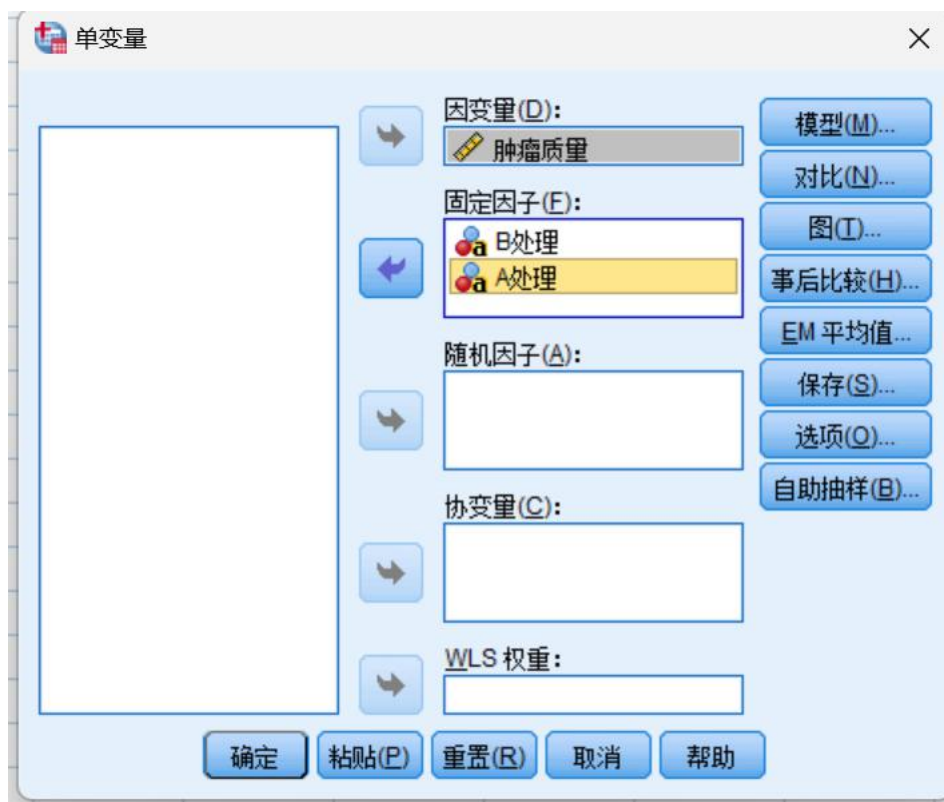


图 3-2 SPSS 交叉分组等重复资料方差分析单变量主对话框

点击【模型(M)】，在“指定模型”框中选择“全因子”，见图 3-3，点击“继续”；单击【事后比较】，将“A 处理”和“B 处理”从“因子(F)”“列表导入“下列各项的事后检验(P)”栏中,在“假定等方差”下面选项中选择“LSD”和“邓肯”，见图 3-4，点击“继续”返回“单变量”主对话框；



图 3-3 SPSS 交叉分组等重复资料方差分析“单变量：模型”对话框

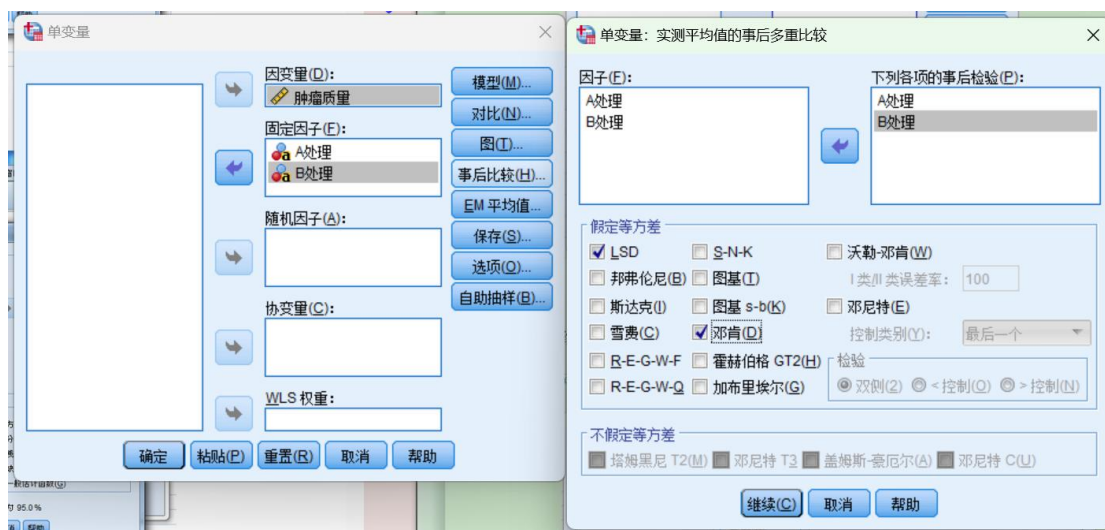


图 3-4 SPSS 交叉分组等重复资料方差分析事后比较对话框

单击“EM 平均值”按钮，在“显示下列各项的平均值”栏中导入“A 处理”和“B 处理”，勾选“比较主效应”，“置信区间调整”选“LSD”。见图 3-5，点击“继续”按钮返回主对话框，单击“选项”按钮。打开“单变量：选项”对话框。选择“描述统计”“齐性检验”和“效应值估算”。见图 3-6，点击“继续”返回“单变量”主对话框，单击“确定”。

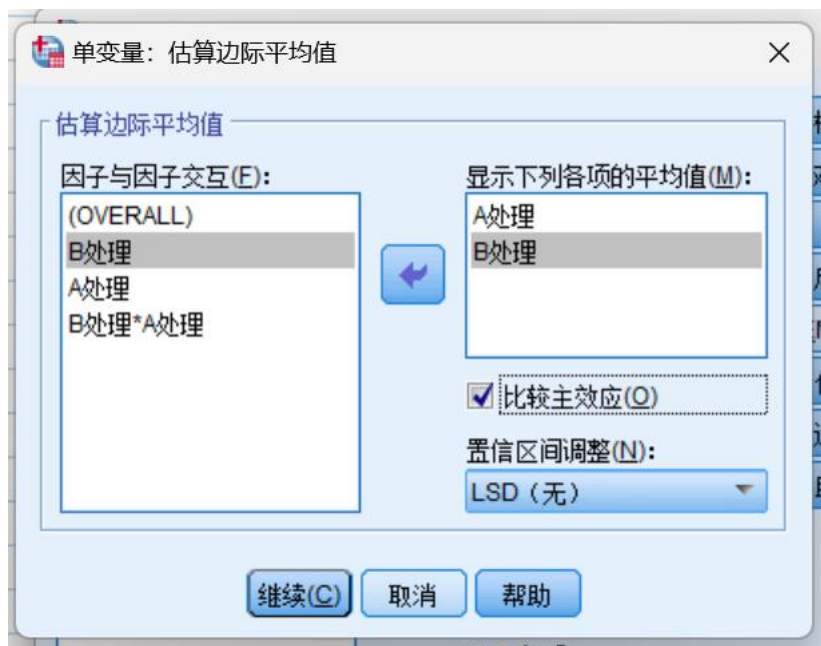


图 3-5 SPSS 交叉分组等重复资料方差分析“单变量：估算边际平均值”对话框

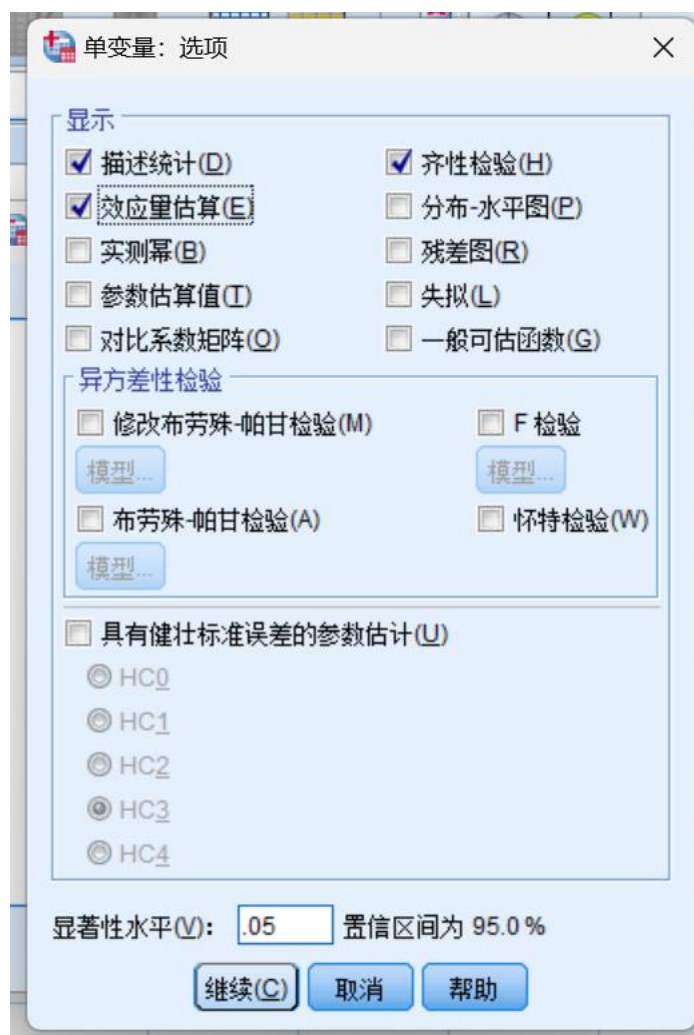


图 3-6 SPSS 交叉分组等重复资料方差分析“单变量：选项”对话框

## 图表和结论：

表 3-2 描述性统计表

A 处理	B 处理	平均值	标准偏差	个案数
不用	不用	7.3660	.71282	10
	用	4.5720	.46918	10
	总计	5.9690	1.54896	20
用	不用	3.9000	.59749	10
	用	2.7600	.42541	10
	总计	3.3300	.77255	20
总计	不用	5.6330	1.88975	20
	用	3.6660	1.02666	20
	总计	4.6495	1.80149	40

表 3-3 主体间效应比较表

源	III 类平方和	自由度	均方	F	显著性	偏 Eta 平方
修正模型	115.173 <sup>a</sup>	3	38.391	121.278	.000	.910



截距	864.714	1	864.714	2731.634	.000	.987
B 处理	38.691	1	38.691	122.225	.000	.772
A 处理	69.643	1	69.643	220.003	.000	.859
B 处理 * A 处理	6.839	1	6.839	21.605	.000	.375
误差	11.396	36	.317			
总计	991.283	40				
修正后总计	126.569	39				

a. R 方 = .910 (调整后 R 方 = .902)

从表 3-3 可以看出：A 处理和 B 处理因素方差分析的概率值均为 0.000，小于显著水平 0.01，差异极显著，说明 A 处理和 B 处理对小鼠肿瘤质量都有极显著影响；A 处理\*B 处理水平对应的概率值为 0.000，小于显著水平 0.01，差异极显著，表明两因素的互作效应对肿瘤质量有极显著影响。由于 A 处理和 B 处理均不足三个组，因此对 A 处理和 B 处理执行事后检验。结果与表 3-2 结果一致。

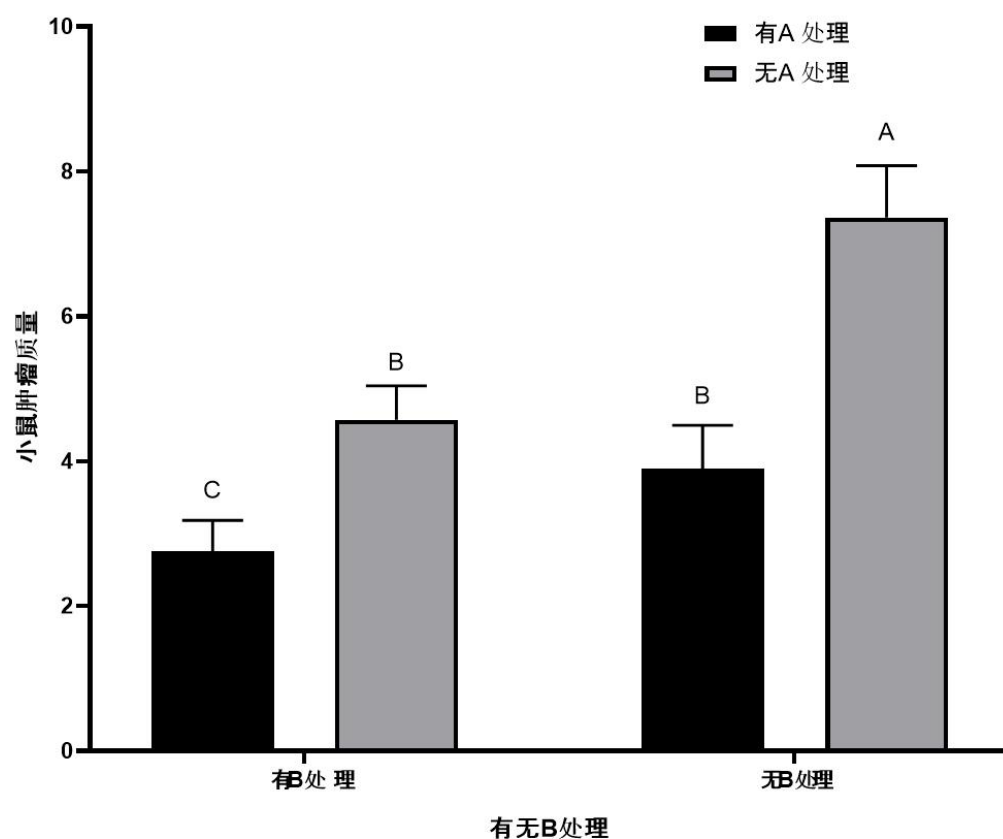


图 3-7 A 处理和 B 处理因素对肿瘤质量的影响

综上所述，A 因素和 B 因素均能极显著地降低肿瘤的质量，且 A 因素和 B 因素间存在互作作用，四种组合间，A 处理和 B 处理同时使用对降低肿瘤质量最有帮助。