

张国华, 卢建雄, 申晓蓉, 等. 应用 Excel 设计奶牛最低成本日粮配方[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(4): 155 - 157.

# 应用 Excel 设计奶牛最低成本日粮配方

张国华<sup>1</sup>, 卢建雄<sup>1</sup>, 申晓蓉<sup>1</sup>, 霍生东<sup>1</sup>, 白香明<sup>2</sup>

(1. 西北民族大学生命科学与工程学院, 甘肃兰州 730030; 2. 兰州市动物疫病预防控制中心, 甘肃兰州 730000)

**摘要:**以特定生理、生产条件下奶牛的营养需要量为依据, 设计符合其消化生理特点、各种营养素在数量和比例上都能满足需要的最低成本日粮配方, 是提高奶牛生产经济效益的基础。为此, 利用 Excel 软件的函数计算、引用及规划求解等功能, 制作了奶牛最低成本日粮配方设计电子数据表。该数据表由饲料营养成分表、营养需要量计算表、日粮配方计算表和输出打印 4 个工作表组成, 可根据奶牛的生产水平、生理及环境条件, 快捷地计算出符合饲养标准的营养需要量, 设计出奶牛最低成本日粮配方。

**关键词:**奶牛; 最低成本日粮配方; Excel; 电子数据表

**中图分类号:** S823.9<sup>+</sup>1.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002 - 1302(2014)04 - 0155 - 03

奶牛日粮配方设计是以奶牛的营养需要量为依据, 在符合其消化生理特点的基础上, 通过合理的搭配各种饲料原料, 提供在数量和比例上都能满足需要的各种营养素, 以发挥奶牛最佳的生产性能。理想的日粮配方不仅要满足动物的营养需要, 还必须要有良好的可消化利用性, 以保证在获得最佳经济效益的同时最大程度地降低排泄物对环境可能带来的污染。低成本日粮配方是获得最佳经济效益的基础, 随着计算机技术的普及, 各类饲料配方设计专业软件应运而生, 能够快速计算出最低成本日粮配方。Excel 是目前最常用的办公软件之一, 功能完善, 操作简单, 利用该软件的函数计算、引用及规划求解等功能, 我们制作了奶牛最低成本日粮配方设计工作表, 可以快速计算出不同生理、生产及环境条件下最低成本奶牛日粮配方, 应用简便、灵活。

## 1 利用 Excel 线性规划设计饲料配方的数学基础

采用  $m$  种饲料原料设计包括  $n$  种营养成分的配合饲料配方, 设  $m$  种原料中的  $n$  种营养成分含量分别为  $a_{11}, a_{12}, a_{13}, \dots, a_{1n}; a_{21}, a_{22}, a_{23}, \dots, a_{2n}; a_{31}, a_{32}, a_{33}, \dots, a_{3n}; \dots; a_{m1}, a_{m2}, a_{m3}, \dots, a_{mn}$ ; 动物对  $n$  种营养成分的需要量分别为  $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ ;  $m$  种饲料原料的市场价格分别为  $c_1, c_2, c_3, \dots, c_m$ ;  $m$  种原料在配方中的用量分别为  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_m$ , 则可建立约束条件:

$$a_{11}x_1 + a_{21}x_2 + \dots + a_{m1}x_m \geq b_1 \text{ (或 } =, \leq b_1)$$

$$a_{12}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{m2}x_m \geq b_2 \text{ (或 } =, \leq b_2)$$

$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots$$

$$a_{1n}x_1 + a_{2n}x_2 + \dots + a_{mn}x_m \geq b_n \text{ (或 } =, \leq b_n)$$

$$x_j \geq 0 (j = 1, 2, 3, \dots, m)$$

目标函数为:  $Z_{\min} = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_mx_m$  (求最小值)

## 2 Excel 奶牛最低成本日粮配方设计

### 2.1 Excel 奶牛最低成本日粮配方设计工作表的建立

**2.1.1 饲料营养成分表** 在 Excel 工作簿中建立一个饲料营养成分表, 为了便于应用, 该工作表包括 2 部分, 奶牛常用饲料营养成分总表(表 1)和日粮配方拟用饲料的营养成分表(表 2)。在表 1 饲料营养成分总表中输入奶牛各种常用饲料的名称、营养成分等<sup>[1]</sup>; 配方设计时, 根据饲料特性、奶牛消化生理特点及当地饲料利用状况, 从表 1 中选择合适的饲料种类, 复制并粘贴到表 2 中(本例选用了 11 种饲料和 5 种营养成分), 预混料应当始终在表的底部。在配方计算之前在表中输入饲料原料当前的市场价格, 清除不需要计算或尚未确定的营养成分。

**2.1.2 营养需要量计算表** 在 Excel 工作簿中建立一个动物营养需要量计算工作表(表 3)。按照奶牛饲养标准, 营养总需要量等于维持、产奶、妊娠及增质量营养需要之和, 并需考虑环境温度和日粮类型的影响<sup>[2-3]</sup>, 因此, 该表由营养需要量表(本试验采用 2004 版农业部奶牛饲养标准)<sup>[4]</sup>和动物与环境参数表两部分组成。动物与环境参数表包括可影响奶牛营养需要量的各种参数, 如奶牛体质量、产奶量、乳脂率、妊娠月份、增质量、所处泌乳期及环境温度和日粮类型等, 应用时按实际情况输入。建立营养需要量表时, 按照我国奶牛饲养标准及营养需要量的计算方法, 在各营养指标的计算栏(单元格)中输入计算函数, 并利用“绝对引用”和“相对引用”功能从动物与环境参数表相应的单元格引用输入的参数, 即可计算出特定生理和生产水平下各营养物质的需要量。如奶牛维持需要量按  $W^{0.75}$  ( $W$  为体质量) 计算, 在计算栏里利用“引用”和“计算”功能, “引用”“动物与环境参数表”中输入的体质量、环境温度等, 计算维持需要量。如果是第一或第二个泌乳期, 需要将按饲养标准规定额外增加的部分引用进去; 产奶需要“引用”输入的实际产奶量和乳脂率计算; 如果奶牛在妊娠后期, “引用”输入的妊娠月份, 自行计算妊娠营养需要。

**2.1.3 日粮配方计算表** 建立日粮配方计算表(表 4)时, 利用 Excel 的“引用”功能, 将选择并复制日粮配方选用饲料及营养成分表(表 2)中的饲料及营养成分含量引用到日粮配方

收稿日期: 2013 - 08 - 20

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 31060311)。

作者简介: 张国华(1980—), 女, 山西河津人, 博士, 讲师, 主要从事动物营养研究。E-mail: zhgh513@126.com。

通信作者: 卢建雄, 博士, 教授。E-mail: lu2003jx@163.com。

表 1 奶牛常用饲料营养成分

饲料名称	饲料说明	干物质 (%)	奶牛能量单位 (NND/kg)	产奶净能 (MJ/kg)	可消化粗蛋 白质(g/kg)	小肠可消化 粗蛋白(g/kg)	钙 (%)	磷 (%)	胡萝卜素 (mg/kg)	维生素 A (IU)
玉米青贮	收获后黄干贮	25.00	1.00	3.20	8.00	—	0.40	0.08	—	—
玉米青贮	乳熟期	25.00	1.56	4.88	9.00	—	—	—	—	—
玉米青贮	4 省市 5 样品平均值	22.70	1.59	4.98	10.00	—	0.44	0.26	—	—
磷酸氢钙	脱氟	99.80	—	—	—	—	21.85	8.64	—	—
石粉		92.10	—	—	—	—	33.98	0.00	—	—
碳酸钙	轻质碳酸钙	99.10	—	—	—	—	35.19	0.14	-	-

表 2 奶牛日粮配方选用的饲料及营养成分

饲料 种类	饲料 名称	饲料说明	日粮干 物质 (%)	奶牛能 量单位 (NND/kg)	产奶 净能 (MJ/kg)	可消化 粗蛋白 (g/kg)	小肠可消 化粗蛋白 (g/kg)	钙 (%)	磷 (%)	胡萝 卜素 (mg/kg)	维生素 A (IU)	价格 (元/kg)
粗饲料	玉米青贮	收获后黄干贮	25.00	1.00	3.20	8.00	—	0.40	0.08	—	—	1.00
	苜蓿干草	中等	90.10	1.52	4.78	91.00	—	1.59	0.27	400.00	—	0.80
	胡萝卜	红色胡萝卜	13.70	2.41	7.66	9.00	—	0.44	0.36	348.08	—	0.80
精饲料	玉米	32 种样品平均值	87.60	2.58	8.08	56.00	—	0.10	0.21	—	—	2.00
	小麦麸	14 种样品平均值	87.80	2.15	6.78	76.00	—	0.13	1.05	—	—	1.50
	豆饼	—	90.60	2.64	9.15	308.00	—	0.35	0.55	—	—	2.80
	棉籽饼	—	89.60	2.34	8.18	236.00	—	0.30	0.90	—	—	1.80
	骨粉	—	93.40	—	—	—	—	29.23	13.13	—	—	4.00
	石粉	—	92.10	—	—	—	—	33.98	0	—	—	0.50
	食盐	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.20
	预混料	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.90

表 3 奶牛营养需要量计算表

项目	日粮干物质 (kg)	奶牛能量单位 (NND)	产奶净能 (MJ)	可消化粗蛋白 (g)	小肠可消化 粗蛋白(g)	钙 (g)	磷 (g)	胡萝卜素 (mg)	维生素 A (IU)
维持需要	6.56	11.98	37.60	317.21	264.34	30.00	22.50	95.00	38 000.00
产奶需要	12.49	27.75	87.14	1 572.50	1 347.86	124.88	83.25	34.97	13 930.50
妊娠需要	0.75	1.33	4.18	50.00	43.00	6.00	2.00	0	0
质量增加需要	1.09	2.40	7.53	97.50	83.56	6.00	3.90	0	0
总计	20.88	43.46	136.45	2 037.21	1 738.76	166.88	111.65	129.97	51 930.50
动物与环境参数									
体质量(kg)	500.00	标准乳							
泌乳期	8.00								
增重(kg)	0.30								
产乳量(kg)	30.00								
乳脂率(%)	3.50								
妊娠月份	6								
环境温度(℃)	20.00								
日粮类型	2								

计算表相应的单元格;输入计算函数,即饲料原料用量(kg)×营养成分含量(MJ/kg或g/kg等)。

按照反当动物日粮配方设计的一般原则及奶牛实际生产水平和青、粗饲料生产及贮备情况,首先确定青、粗饲料用量并输入到饲料原料用量单元格,由“计算”功能计算出可提供的营养成分量,求和后,计算与从营养需要量表中引入的营养指标之间的差额,尚缺的营养成分由混合精料补充。

最低成本混合精饲料配方利用规划求解完成。日粮配方计算表建立或使用之前,在 Excel 菜单栏选择“工具”项,检查是否安装了规划求解。如果没有安装,则在同一个菜单选择“加载宏”,选中规划求解复选框,并点击“确定”安装。安装规划求解后,在“工具”栏中打开“规划求解”命令,在“规划求解”对话框中以精饲料原料用量单元格为可变单元格,精饲

料成本为目标单元格,设置约束条件。约束条件包括:各饲料原料某种营养成分含量之和与奶牛相应营养成分需要量之间的函数关系,即 $a_{1n}x_1 + a_{2n}x_2 + \cdots + a_{mn}x_m \geq b_n$ (或 $=, \leq b_n$ );原料用量 $x_j \geq 0$ ;食盐、预混合料用量按添加量要求可设为固定值,如分别为占混合精饲料总量的 0.36% 和 1%;另外,一些饲料如棉籽饼等,含有有害成分或抗营养因子,需限制用量,如棉籽饼用量限制在混合精饲料总量的 15% 以内。

2.1.4 输出打印工作表 计算所得最低成本日粮配方,可利用“引用”功能导入到另一个“输出打印”工作表(表 5)中,比较直观地检查日粮配方中各种原料组成,以及各种营养成分与奶牛营养需要量之间的符合程度。最后,利用 Excel“引用”、“照相机”等功能,将日粮配方组成及营养成分含量按常规格式输出便于打印。

表 4 奶牛日粮配方计算

饲料种类	饲料名称	用量 (kg)	日粮干 物质 (kg)	奶牛能量 单位 (NND)	产奶净能 (MJ)	可消化 粗蛋白 (g)	小肠可消 化粗蛋白 (g)	钙 (g)	磷 (g)	胡萝卜素 (mg)	维生素 A (IU)	饲料价格 (元)
粗饲料	玉米青贮	20.00	5.00	5.00	16.00	40.00	0	20.00	4.00	0	0	20.00
	苜蓿干草	5.00	4.51	6.85	21.53	409.96	0	71.63	12.16	1 802.00	0	4.00
	胡萝卜	5.00	0.69	1.65	5.25	6.17	0	3.01	2.47	238.43	0	4.00
	合计	30.00	10.19	13.50	42.78	456.12	0	94.64	18.63	2 040.43	0	28.00
	尚缺		10.69	29.97	93.67	1 581.09	1 738.76	72.23	93.02	1 910.47	51 930.50	
精饲料	玉米	6.16	5.40	13.93	43.62	302.28	0	5.40	11.34	0	0	12.32
	小麦麸	2.77	2.43	5.23	16.48	184.78	0	3.16	25.53	0	0	4.15
	豆饼	2.45	2.22	5.87	20.35	684.85	0	7.78	12.23	0	0	6.87
	棉籽饼	2.08	1.86	4.35	15.22	439.18	0	5.58	16.75	0	0	3.74
	骨粉	0.20	0.18	0	0	0	0	53.31	23.95	0	0	0.78
	石粉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
	食盐	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.06
	预混料	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.54
	合计	13.85	12.10	29.38	95.67	1611.09	0.00	75.23	89.79	0.00	0.00	28.47

表 5 奶牛日粮配方组成及营养成分

营养成分	日粮营养成分		
	需要量	供给量	供给量/需要量 (%)
日粮干物质(kg)	20.88	22.29	106.71
奶牛能量单位(NND/kg)	43.46	42.88	98.65
产奶净能(MJ/kg)	136.45	138.45	101.47
可消化粗蛋白(g)	2 037.21	2 067.21	101.47
小肠可消化粗蛋白(g)	1 738.76	0	0
钙(g)	166.88	169.88	101.80
磷(g)	111.65	108.42	97.11
胡萝卜素(mg)	129.97	2 040.43	1 569.99
维生素 A(IU)	5 1930.50	0	0
种类	饲料组成	日粮	
		数量 (kg)	饲料价格 (元)
粗饲料	玉米青贮	20.00	20.00
	苜蓿干草	5.00	4.00
	胡萝卜	5.00	4.00
精饲料	玉米	6.16	12.32
	小麦麸	2.77	4.15
	豆饼	2.45	6.87
	棉籽饼	2.08	3.74
	骨粉	0.20	0.78
	石粉	0	0
	食盐	0.05	0.06
	预混料	0.14	0.54
	合计	13.85	28.47
精粗料合计		43.85	56.47

2 日粮配方计算

选中精饲料成本单元格,在“工具”栏中点击“规划求解”命令,“规划求解”对话框中设置目标单元格为计算最小值,点击打开选项命令后选择“采用线性模型”,确定后,求解,即可采用线性模型计算出最低成本日粮配方,结果见表 4。

3 结论

Excel 软件有非常好的函数、引用及规划求解功能,利用这些功能可简单、快速地计算出在一定生产水平下,满足动物各种营养需要的最低成本饲料配方。饲料配方设计人员只要掌握 Excel 的基本功能和操作,即可自行制作 Excel 日粮配方设计电子数据表,不需要利用程序设计领域专业知识即可完成。但饲料配方设计是一个系统工作,设计人员必须具备动物营养基本知识,掌握饲料营养特点和饲喂特性,能正确理解营养需要量标准和饲料原料营养价值的内涵,并根据市场和原料的变化合理调整营养需要量标准和饲料配方,掌握饲料混合、加工、储藏、饲喂等环节对配合饲料真实营养价值的影响,充分把握饲料原料与配合饲料营养价值间的相对准确的数量关系<sup>[5]</sup>。

使用 Excel 工作表设计日粮配方时,操作简单、灵活,克服了一些饲料配方设计软件价格昂贵、难以修改的缺点,可依据动物营养学研究的进展和饲料营养价值评定的完善,方便地补充和修正所用参数或添加实际生产中可用的营养指标(如小肠可消化蛋白或氨基酸)。

利用 Excel 软件的功能,建立的最低成本日粮配方设计电子数据表,是教学及中小型养殖企业(户)非常实用的日粮配方设计工具,可以根据动物体质量、生产水平、生理阶段的变化以及粗饲料贮存情况,饲料市场价格变化,及时调整粗饲料用量,调整日粮结构与组成。

参考文献:

[1]冯定远. 配合饲料学[M]. 北京:中国农业出版社,2003:151-203.  
[2]阎 萍,卢建雄. 反刍动物营养与饲料利用[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2005:103-154.  
[3]杨 凤. 动物营养学[M]. 北京:中国农业出版社,2000:220-240.  
[4]NY/T 34—2004 奶牛饲养标准[S].  
[5]姚军虎. 试论饲养标准的应用与蛋鸡饲料配方的设计[J]. 饲料工业,2006,27(20):1-5.