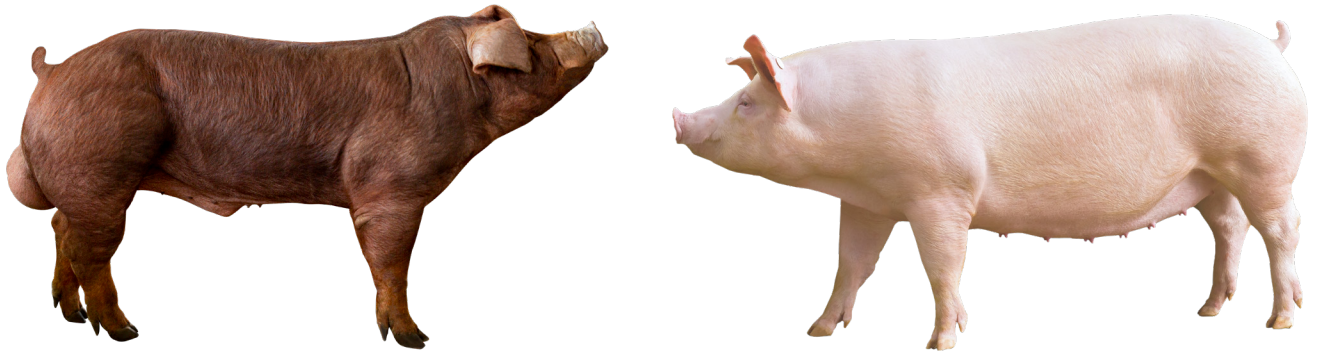




Never
Stop
Improving

PIC[®] 营养与饲喂手册

欢迎使用PIC营养与饲喂手册



很高兴为您呈现最新版的PIC营养与饲喂手册。本手册中的推荐是在已出版的研究成果，包括PIC内部研究，各大学在实验室条件下以及大型商业生产条件下所进行试验的基础上得到的。

本手册由四部分组成，分别展示了PIC营养及饲喂推荐的基本内容。

1. 日粮配方的制定逻辑和制定原则进行的总结。
2. 解释了如何设置各种日粮营养水平以落地上述配方原则。
3. 详细介绍了如何根据不同生产阶段制定不同的基本营养计划。
4. 提供PIC营养需要推荐表，帮助优化日粮营养水平设置，以取得PIC猪在饲喂上的成功。

本手册为全球通用，不受地理位置，业务规模，设施或技术设备的限制。手册中的营养推荐已在商业生产条件下进行验证，且通过了全球营养师的同行评审。无论何时，请遵循农场所在地当地政府机构的政策和法规，采取最适用于动物健康与福利的操作和标准。

我们希望本手册的指导和推荐能让您成功的生产业务取得进一步提升。如有任何问题，请随时联系您的PIC客户团队。

| | |
|--------------------------------------|-----|
| 章节A:日粮配方的原则和决策 | A-1 |
| 制定日粮配方的步骤 | A-2 |
| 固定时间和固定体重出栏模式的经济影响 | A-2 |
| 日粮设计的策略 | A-3 |
| 饲料成本回报 | A-6 |
| 总成本回报 | A-6 |
| 季节性日粮配方 | A-7 |
| 章节B:能量 | B-1 |
| 原料能量水平的重要性 | B-3 |
| 生长育肥期日粮能量反应 | B-5 |
| 最佳日粮能量水平经济学模型 | B-7 |
| 章节C:蛋白质及氨基酸 | C-1 |
| 必需和非必需氨基酸 | C-2 |
| 氨基酸需求的表达 | C-2 |
| 氨基酸比值 | C-3 |
| 生长育肥猪氨基酸需求的最新进展 | C-3 |
| 日粮最佳赖氨酸水平的生物学需要和经济效益模型 | C-5 |
| 章节D:常量矿物元素 | D-1 |
| 钙与磷的需要量 | D-2 |
| 日粮最佳磷水平的生物学需要和经济效益模型 | D-4 |
| 钠和氯的需要量 | D-4 |
| 章节E:微量矿物元素和维生素 | E-1 |
| 微量矿物元素 | E-2 |
| 维生素 | E-3 |
| 章节F:成年公猪 | F-1 |
| 公猪饲喂 | F-1 |
| 隔离期的饲喂 | F-2 |
| 生产公猪的饲喂 | F-2 |
| PIC最佳公猪饲喂工具 | F-4 |
| 章节G:后备母猪 | G-1 |
| 后备母猪培育目标 | G-2 |
| 后备母猪饲喂推荐 | G-2 |
| 章节H:头胎和经产妊娠母猪 | H-1 |
| 母猪体况管理 | H-2 |
| 妊娠前期的饲喂 | H-5 |
| 妊娠后期饲喂 | H-5 |
| 围产期饲喂 | H-8 |
| PIC母猪动态饲喂程序 | H-9 |
| 章节I:哺乳母猪 | I-1 |
| 饲喂计划 | I-2 |
| 哺乳期采食量的影响因素 | I-3 |
| 氨基酸需求 | I-3 |
| PIC母猪动态饲喂程序 | I-8 |
| 章节J:断奶母猪 | J-1 |
| 断奶至发情间隔期饲喂计划 | J-2 |
| 章节K:保育猪 | K-1 |
| 断奶仔猪 | K-2 |
| 分阶段饲喂 | K-2 |
| 阶段1:断奶至约7.5kg | K-3 |
| 阶段2:约7.5至11.5kg | K-3 |
| 阶段3:11.5至22.5kg | K-3 |
| 其他考虑因素 | K-4 |
| 章节L:生长育肥猪 | L-1 |
| 配制生长育肥日粮 | L-2 |
| 分阶段饲喂 | L-3 |
| PIC校正能量效率计算工具 | L-3 |
| 章节M:PIC成年公猪营养需要推荐表(饲喂基础) | M-1 |
| 章节N:PIC培育期后备母猪营养需要推荐表(饲喂基础) | N-1 |
| 章节O:PIC头胎及经产妊娠母猪营养需要推荐表(饲喂基础) | O-1 |
| 章节P:PIC哺乳母猪营养需要推荐表(饲喂基础) | P-1 |
| 章节Q:PIC保育前期猪营养需要推荐表(饲喂基础) | Q-1 |
| 章节R:PIC保育后期和生长育肥猪营养需要推荐表(饲喂基础) | R-1 |
| 章节S:特定情形下PIC猪的饲喂 | S-1 |
| 章节T:参考文献 | T-1 |
| 章节U:致谢 | U-1 |



PIC种猪的选育以总体经济效益、实现猪肉产业链利润最大化为重心。合理的营养方案是实现PIC种猪遗传潜力的必要条件。制定成功的日粮配方可以采取多种策略,全球范围内的生猪生产体系在设计营养方案的过程中通常会从全局考虑最大化生产性能,降低生产成本,与最大化盈利能力。PIC的目标是帮助客户成为全球最成功的猪肉生产商,同时饲料是生产成本当中最大的一笔支出。因此,我们致力于为客户提供日粮配方制定方面的核心原则以帮助优化特定营养方案。

- 对于圈舍空间紧张的体系,在养猪利润较高的情况下,平均日增重具有更高的价值。
- 如果预计高利润期即将到来(比如美国夏季),需要采取策略提高出栏体重。
- 氨基酸含量不足会限制猪对日粮能量水平的响应。
- 饲料成本回报是对饲喂方案最精确的评估方式之一。

制定日粮配方的步骤

日粮配方制定的第一步是明确猪的标准回肠可消化 (SID) 赖氨酸和能量比值的需要量。第二步是明确最经济的净能水平。虽然能量在饲料成本中的占比最大,但依旧排在第二步。因为SID赖氨酸水平不足会限制猪对更高的日粮能量水平做出充分响应。第三步是明确其它氨基酸与赖氨酸的比值,从而确定各自的水平。最后确定满足营养需要的常量矿物质,微量元素和维生素水平。

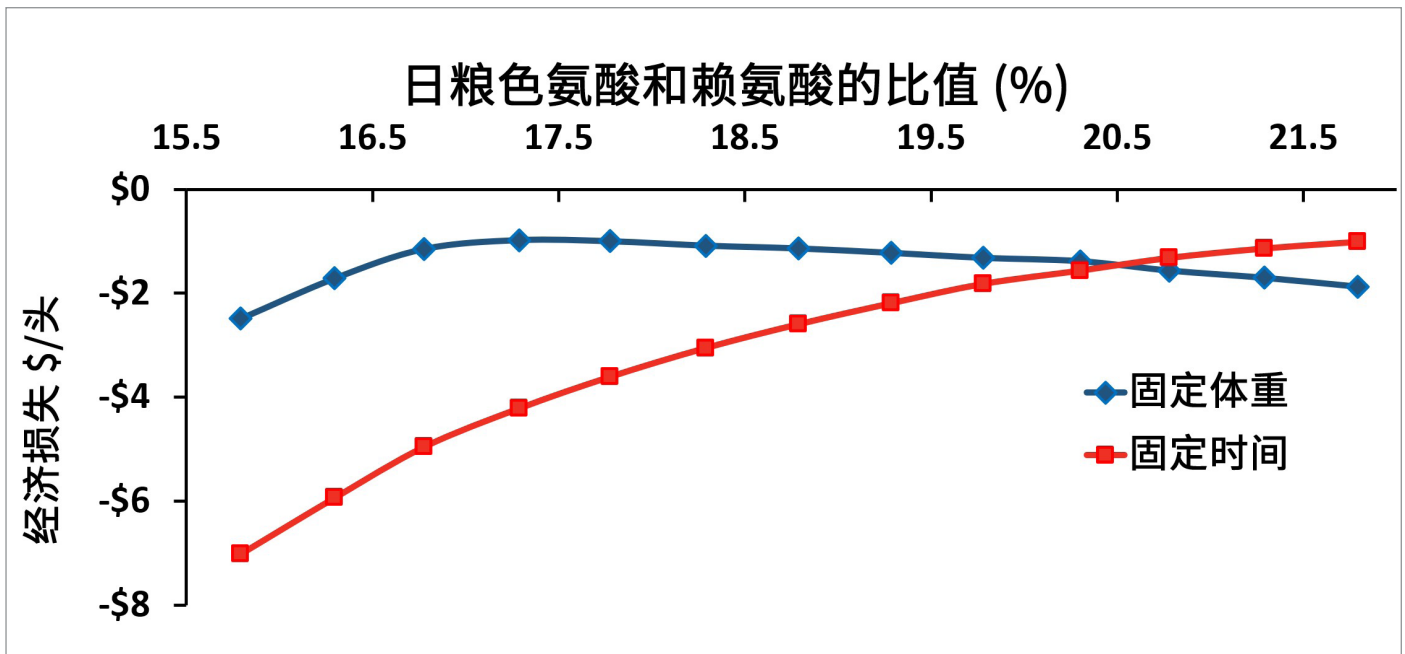
固定时间和固定体重出栏模式的经济影响

为特定的生产体系制定日粮的过程中,需要考虑的一个核心要素是该体系的出栏模式是依据固定时间或固定体重做为原则:

- 固定时间,说明生产体系的圈舍空间紧张,生产周期中没有预留额外的灵活空间。比如,当育肥达到120天时,即使未达到预期的上市体重,也需要出栏,为下一批猪留出空间。
- 固定体重,说明生产体系的圈舍空间充足,体系当中有灵活的空间用于生产安排。猪可以在猪舍内饲养直到最佳上市体重,胴体能够获得最佳定价。

理解固定时间和固定体重的区别是很重要的,因为这会影响对生长速度经济价值的预估。养猪利润较高的情况下,在固定出栏时间的体系内实现高效生长能带来更大的价值,因为猪能够生长的天数有限。但是在固定体重的情况下,通过营养和管理策略控制生长效率的价值相对较低,因为猪可以以固定的圈舍成本(如0.5元/头/天)留在猪舍当中直至达到最佳上市体重。生产体系常常会在冬季当猪的生长速度较快时使用固定体重的模式,在夏季当猪的生长速度较慢时使用固定时间模式。这两种模式代表着不同情况下的最佳经济效益,同时分析这两种出栏模式能够有效评估日粮调整产生的经济影响。

图A1以日粮色氨酸和赖氨酸的比值为例阐述了在固定时间或固定体重出栏模式下以最佳营养水平最大化盈利水平的概念。因为日粮中SID色氨酸和SID赖氨酸的比值对生长速度有较大的影响,所以调整SID色氨酸和SID赖氨酸的比值对于固定时间的出栏模式的经济效益影响更大。因为其增重与固定体重出栏模式相比可以获得更高的边际经济回报。更多关于日粮SID色氨酸和SID赖氨酸比值对特定生猪生产体系经济效益的影响, [点击这里](#) 下载日粮SID色氨酸和SID赖氨酸比值经济效益计算器。



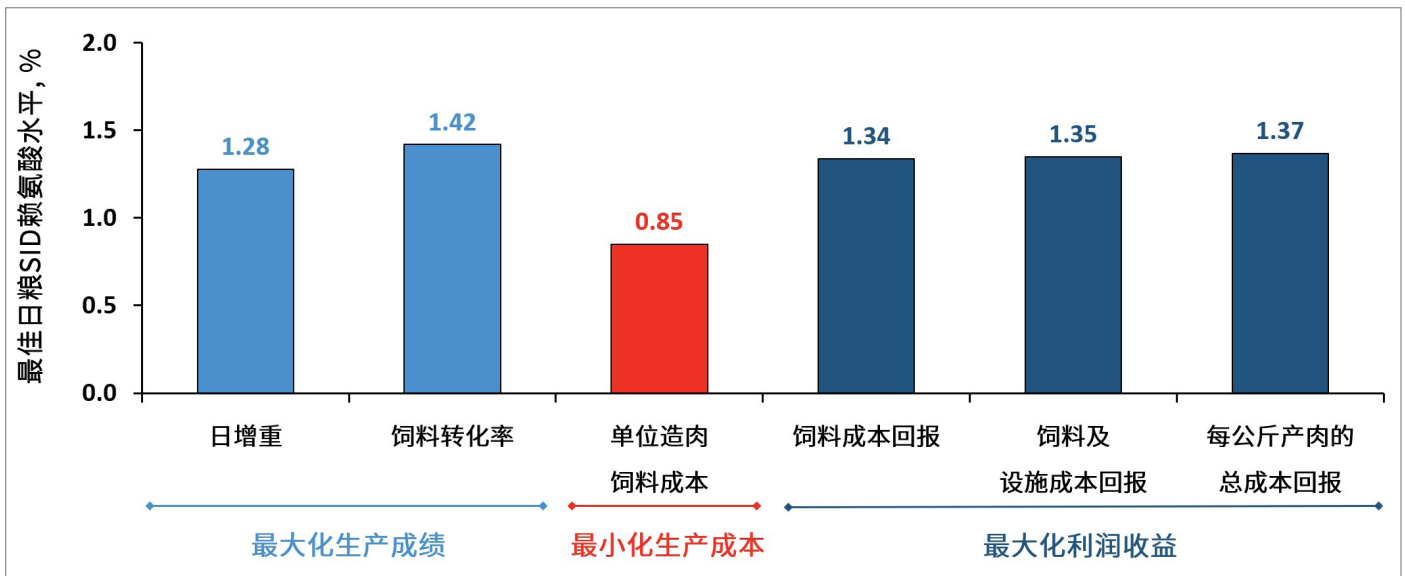
图A1. 固定时间或固定体重的出栏模式中盈利水平最大化的日粮SID色氨酸和SID赖氨酸的比值 (PIC 337×1050; 堪萨斯州立大学和味之素中心, 2016)

日粮设计的策略

在实际生产中有多多种日粮配方设计的策略可供选择, 各生产体系通常需要在下面几个方面做出平衡决策:

- 最大化生产性能
 - 平均日增重 (ADG)
 - 饲料转化率 (F/G)
- 降低生产成本
 - 每单位增重的饲料成本
- 最大化利润
 - 饲料成本回报 (IOFC)
 - 饲料和设备成本回报 (IOFFC)
 - 总生产成本回报 (IOTC)

图A2概括阐述了这些日粮策略的概念, 这些结果展示了上述不同策略所需要的SID赖氨酸水平。如图所示, 最大化利润所需要的SID赖氨酸水平高于最小化生产成本所需要的水平。以优化经济效益为目标的最佳日粮SID赖氨酸水平是动态变化的, 取决于原料价格和生猪市场价格。



图A2. PIC商品猪 (11至25kg; PIC内部数据) 实现不同生产策略所需要的SID赖氨酸水平

最大化生产性能的配方设计

在这里, 营养水平的调整目的是为了**实现最大化生产性能**, 并不考虑财务回报。根据生长性能目标设定的不同, 营养水平的设定会存在差异。比如实现最大化生长速度所需要的赖氨酸水平可能低于提高饲料转化率所需要的赖氨酸水平。

最小化生产成本的配方设计

每千克增重的饲料成本可通过饲料转化率乘以每千克饲料价格进行计算, 因此降低每千克增重的饲料成本需要考虑饲料转化率。这一策略的目标是为了把每千克增重的成本降到最低, 但是并没有考虑生长速度, 胴体价值, 以及猪价变化带来的影响, 也没有考虑额外占用猪舍带来的成本。

$$\text{每千克增重的饲料成本} = (\text{饲料转化率} \times \text{每千克饲料价格})$$

最大化盈利能力的配方设计

如果以最大化盈利能力为目标则需要考虑不同情境下财务方面的影响, 平衡好实现生产成绩所需要的日粮营养水平和为此增加的日粮成本。

饲料成本回报 (IOFC) 考虑的是猪价和固定时间出栏模式时猪的增重可产生的价值:

$$\text{饲料成本回报} = (\text{每千克活猪价格} \times \text{总增重}) - (\text{每千克增重的饲料成本} \times \text{总增重})$$

饲料和设施成本回报 (IOFFC) 在IOFC的基础上考虑了设施成本, 更适用于固定体重出栏模式的情形:

$$\text{饲料和设施成本回报} = (\text{每千克生猪价格} \times \text{总增重}) - (\text{每千克增重的饲料成本} \times \text{总增重}) - (\text{每头猪的栏位成本} \times \text{该生产阶段所需天数})$$

饲料和设施成本通常在生产成本占比最大, 而其他成本通常被视为固定成本。因此, IOFC或IOFFC被认为是衡量盈利能力的最佳指标。

汇总

如果仅考虑每千克增重的饲料成本,通常会得出应使用低成本饲料的结论。但这往往不是最大化盈利能力的正确选择。总成本回报在固定时间出栏模式情况下考虑了额外收益对总成本的稀释效应,帮助生猪生产企业评估额外出栏体重的价值。例如,假设每头断奶猪的成本是40美元。如果某个生产体系从断奶到上市期间的增重为121kg,那么每千克增重的断奶仔猪成本为0.3306美元。但是,如果通过营养或管理策略的改变在同样的出栏天数将增重提高到123kg,则每千克增重的断奶仔猪成本将降低至0.3252美元,或降低1.6%。

活猪总成本回报计算 (IOTCL)

$$\text{IOTCL} = [(\text{每千克活猪的市场价格} \times \text{出栏体重}) - (\text{每头猪的饲料成本} + \text{每头猪的其他成本} + \text{苗猪的成本})]$$

胴体的总成本回报计算 (IOTCC)

$$\text{IOTCC} = [(\text{每千克胴体的市场价格} \times \text{出栏体重} \times \text{屠宰率}) - (\text{每头猪的饲料成本} + \text{每头猪的其他成本} + \text{苗猪的成本})]$$

表A1中的假设代表两种情况:一种不添加脂肪,另一种添加3%的脂肪来阐明上述日粮配方策略。日粮单位成本除饲料原料成本外,还应包括生产和运输成本。因此日粮单位成本可以更准确地反映所消耗饲料的总成本和通过提升生产性能创造的价值。

表A1. 比较最小化成本与最大化每头猪利润时使用的方案和假设

| 假设 | 方案1 固定时间, 无脂肪添加日粮 | 方案2 ^a 固定时间, 3%脂肪添加日粮 |
|----------------------------|----------------------|------------------------------------|
| 日增重, kg | 0.816 | 0.841 |
| 饲料转化率 | 2.800 | 2.632 |
| 饲喂天数, d | 112 | 112 |
| 日粮单位成本, \$/kg ^b | 0.230 | 0.245 |

^a假设每添加1%的脂肪, 增重将提高1%, 饲料转化率将提高2%。结果可能因不同的生产体系和季节而改变。

^b假设豆粕, 玉米和精选白色油脂的成本分别为\$386/吨, \$0.14/kg和\$0.68/kg。

方案1: 无脂肪添加

体重增加 = 112天 × 0.816kg日增重 = 育肥期增重为**91.4kg**

每千克增重的饲料成本 = 2.800饲料转化率 × \$0.230每千克饲料成本 = **\$0.644**

每头猪的饲料成本 = 91.4 kg增重 × \$0.644每千克增重的饲料成本 = **\$58.86**

方案2: 3%脂肪添加

体重增加 = 112天 × 0.841kg日增重 = 育肥期增重为**94.2kg**

每千克增重的饲料成本 = 2.632饲料转化率 × \$0.245每千克饲料成本 = **\$0.645**

每头猪的饲料成本 = 94.2 kg增重 × \$0.645每千克增重的饲料成本 = **\$60.76**

方案1的每千克增重饲料成本略低, 每头猪的饲料成本较低。但在方案2中, 每头猪增重更多, 这一点需要加以考虑。

饲料成本回报

假设:

- 生猪价格 = \$1.21/kg

IOFC(方案1)=(每千克1.21美元的猪价 × 91.4千克增重)-(每头猪的饲料成本58.86美元)= **每头猪51.73美元**

IOFC(方案2)=(每千克1.21美元的猪价 × 94.2千克增重)-(每头猪的饲料成本60.76美元)= **每头猪53.22美元**

方案2中每头猪的饲料成本回报比方案1高出1.49美元,因此,在此方案中添加脂肪效益更高。

总成本回报

假设:

- 屠宰率 = 74%
- 胴体价格 = \$1.65/kg
- 苗猪成本 (23 kg) = \$55
- 体重增加 = 91.4kg
- 其他成本 (设施/运输/药品/疫苗/屠宰) = 每头猪14.56美元

以活猪基础计算

IOCTL(方案1)=[$1.21 \times (23 + 91.4)$]-(\$58.86 + \$14.56 + \$55.0) = **\$10.00/头**

IOCTL(方案2)=[$1.21 \times (23 + 94.2)$]-(\$60.76 + \$14.56 + \$55.0) = **\$11.49/头**

以活猪标准计算,方案2中每头猪的利润比方案1高出1.49美元。

以胴体标准计算

IOTCC(方案1)=[$1.65 \times (23 + 91.4) \times 0.74$]-(\$58.86 + \$14.56 + \$55.0) = **每头11.26美元**

IOTCC(方案2)=[$1.65 \times (23 + 94.2) \times 0.74$]-(\$60.76 + \$14.56 + \$55.0) = **每头12.78美元**

以胴体标准计算,方案2中每头猪的利润比方案1高出1.52美元。

与方案1中不添加脂肪的情况相比,尽管在方案2中添加了3%的脂肪后造成了饲料成本增加,但更大的出栏体重带来的收入增加可以获得更高的IOFC和IOTC(表A2)。

表A2. 方案1和方案2的绝对和相对经济指标差异值

| 假设 | 差异值(方案2-方案1) | |
|------------------|--------------|-------|
| | 绝对, \$/头或kg | 相对, % |
| 日粮成本, \$/kg | 0.015 | +6.5 |
| 头均饲料成本, \$/头 | 1.90 | +3.2 |
| 每千克增重饲料成本, \$/kg | 0.002 | +0.3 |
| IOFC, \$/头 | 1.49 | +2.9 |
| IOTCL, \$/头 | 1.49 | +14.9 |
| IOTCC, \$/头 | 1.52 | +13.5 |

总体而言，日粮制定有多种策略和方法。重要的是所使用的策略需要考虑生产性能的价值（即平均日增重，料肉比，出栏量）以及固定时间或固定重出栏模式的特征。需要注意的是生产体系可能在某些月份使用固定时间而在另一些月份使用固定重量做为出栏模式。因此，使用饲料（及设施）成本回报或以胴体为基础的总成本回报等方案都适用于最大化养猪生产的盈利。

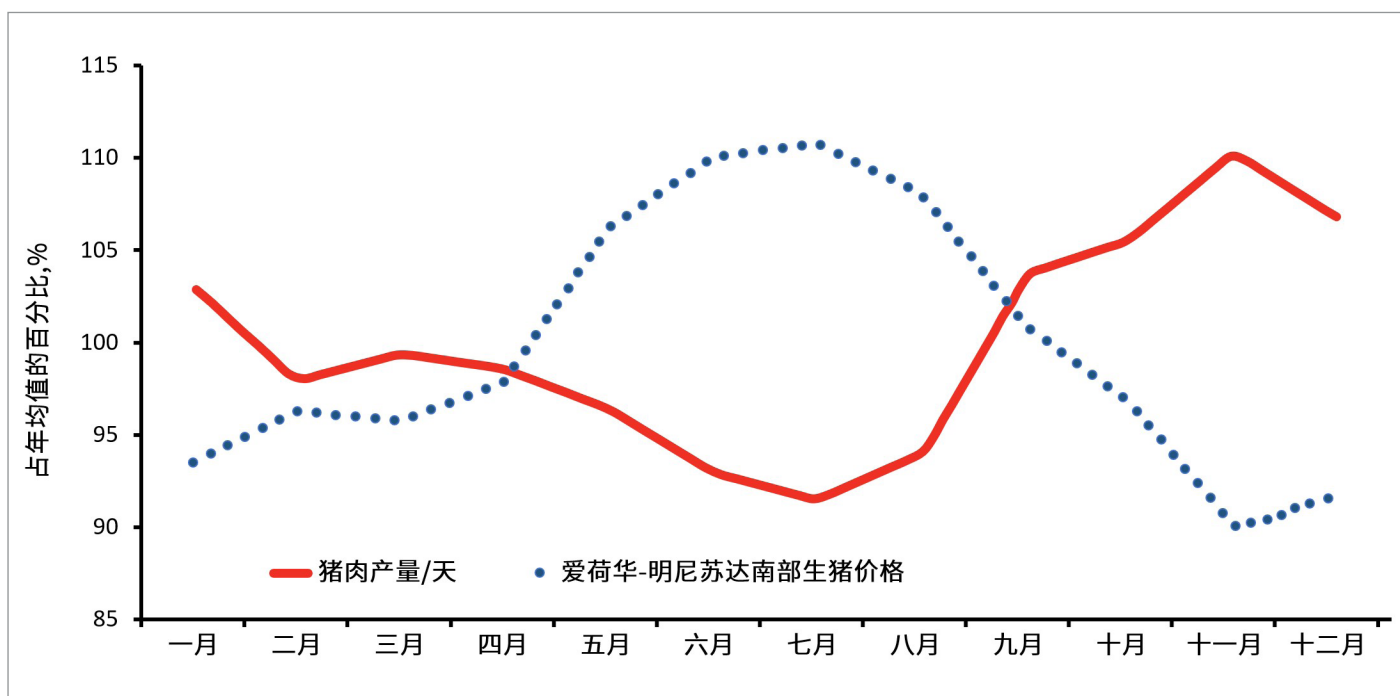
季节性日粮配方

从历史记录来看，美国猪肉供应在夏季会下跌，导致猪肉价格上涨（图A3）。这种季节性的变化可能与母猪在夏季由于季节性空怀导致的分娩率降低，生猪育肥猪在气候炎热时采食量减少导致的生长减慢，以及夏季的市场需求增加有关。因为受到不同地区气候变化和市场需求的影响，全球范围内价格最高的月份可能会有所不同。价格可能会因季节变化而有所变化。

同样以美国为例，为了最大程度地利用夏季的猪价上涨，营养师和生产团队需要积极采取策略提高特定月份的出栏重量。这些策略的应用取决于当前生产系统中执行的日粮营养水平，常见策略包括但不限于：

- 提高能量水平
- 提高氨基酸水平
- 提高铜的水平
- 使用促进生长的添加剂

[点击这里](#)下载PIC季节性配方调整提醒工具，帮助营养师和生产团队根据高猪价月份来确定日粮营养水平调整开始和结束的日期，从而在特定月份内最大程度地利用高猪价提高生产效益。



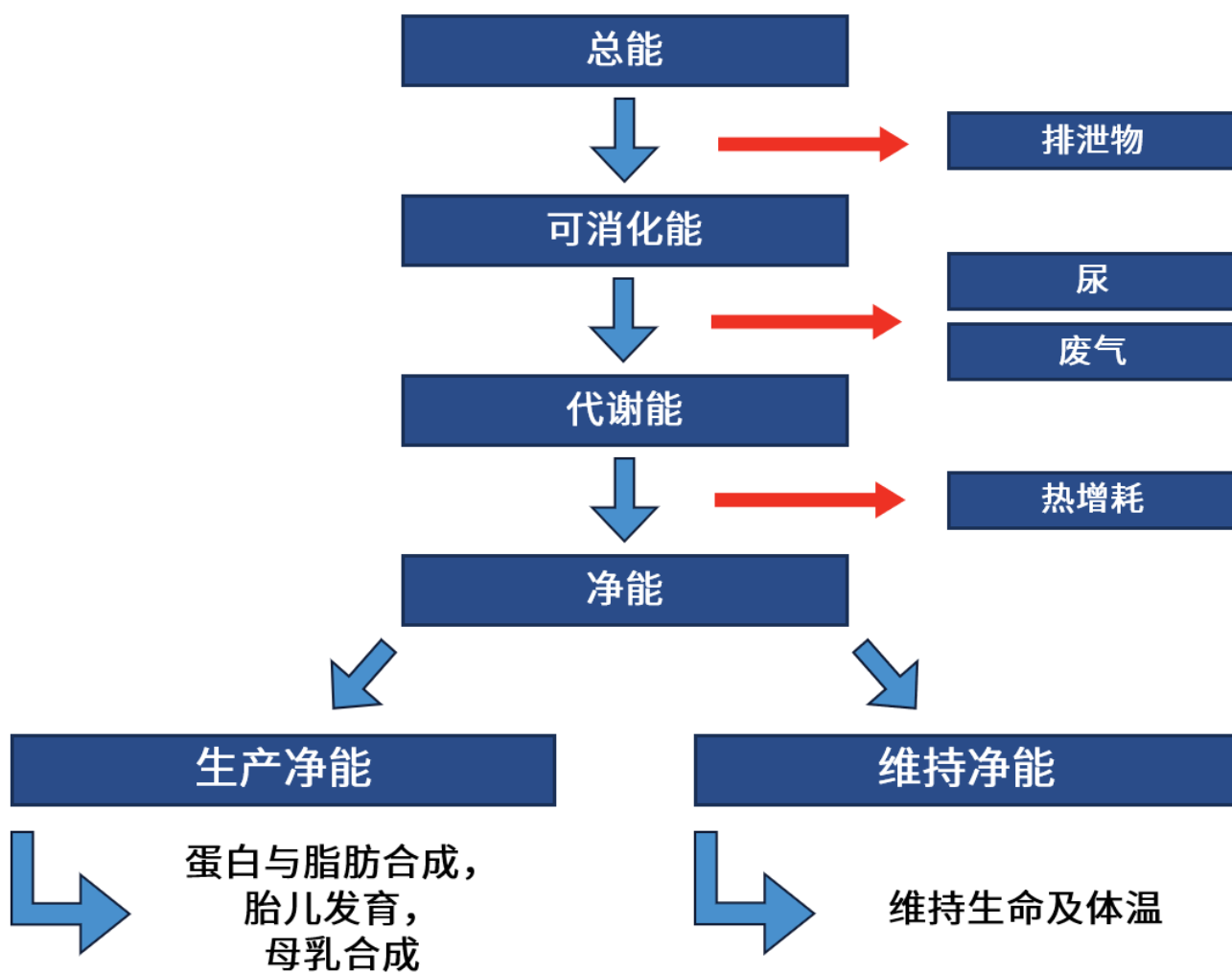
图A3. 1980到2016期间美国季节性猪肉供应和价格指数变化(根据EMI分析结果校准)



日粮能量水平所代表的成本是日粮总成本中占比最大的一部分。因此理解能量水平在各个不同的生产阶段中对生长性能和经济效益的影响对养猪生产是非常关键的。

- 日粮和饲料原料的能值可以使用不同的方法进行表达。
- 代谢能和净能是最常用的能量体系。
- 合理的评价饲料原料在日粮中的相对价值首先需要对其能值进行准确的预测。
- 猪为能而食的特性只有在以下条件满足后才能够完全表现：
 - 日粮的能量水平不能过低，纤维水平也不能过高。过低的能量水平(或)过高的纤维水平会因为肠道容积的限制，导致即使猪的采食量提高也无法完全满足能量需要。
 - 合乎需要的饲喂管理，健康状况和环境条件以确保营养物质的获取不受限制。
- PIC和堪萨斯州立大学共同开发了一个模型，帮助预测可带来最高饲料成本回报的日粮净能水平。生猪价格和原料成本是该模型主要的驱动要素。

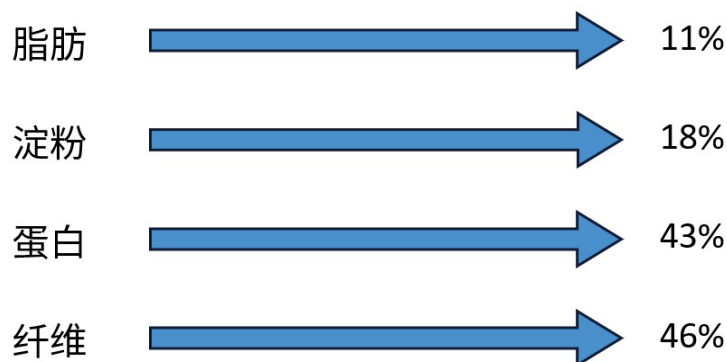
消化能是摄入的总能量减去粪便燃烧的热量(图B1)。代谢能为消化能减去产生尿液和气体的燃烧热,猪的产气通常可以忽略不计。净能是代谢能减去热增耗,热增耗是消化和营养物质代谢所消耗的热量。净能可以进一步分为用于维持的净能和用于生产的净能。维持净能是维持生命和维持体内平衡所需的能量(即体温);生产净能是用于蛋白质,脂肪,胎儿发育和母乳生产的能量。因此,净能系统应该是预测生长表现最精确的系统(Nitikanchana等,2015)。



图B1. 猪对日粮能量的利用

日粮中含高纤维(例如DDGS, 麸皮等)和高蛋白(例如豆粕)会促使消化过程中产生更多的热增耗(图B2)。因此, 和含有中等水平纤维和蛋白质的原料相比,高纤维和高蛋白原料的代谢能与净能的差异会更大。但是当环境温度低于热中性区的下限温度时,热增耗可以作为猪只保持体温所需的热量来源之一。因此在冬季,当采食量不会受到炎热气候的限制或额外的产热能够被猪利用起来用于维持体温的情况下,高纤维和高蛋白日粮并不一定会对生产性能产生负面影响。

饲料原料热增耗占代谢能的百分比



图B2. 猪的热增耗占代谢能的百分比。引自Noblet和van Milgen (2004) 和Rijnen等 (2003)

原料能量水平的重要性

配方中原料所设置的能值是很重要的, 因此保持所使用的原料数据库的一致性至关重要。例如, 同一个日粮配方在使用两个不同的原料数据库时, 如NRC (2012) 和CVB (2008), 会出现日粮代谢能水平 (相差3.3%), 净能水平 (相差4.2%), 以及SID赖氨酸水平 (相差2.2%) 的差异 (表B1)。

而对于数据库中没有记录的原料, 可以使用多种方法来预测能值。这些方法包括: 与具有相似组成成分的已知原料进行比较, 基于梯度试验或概略养分分析进行预测。在预测当前使用原料的能值时需要根据其与参考数据库中原料的水分的差异进行相应的调整。PIC的推荐和营养工具中使用的所有能量水平均参照NRC (2012) 数据库, 因此我们建议用户在使用PIC营养工具时将日粮能量水平校正至NRC (2012) 相同的基础。将您当前的日粮能量水平与基于NRC (2012) 数据库重新计算的能量水平进行比较可以得到相应的校正系数进行调节。在使用PIC营养工具时, 我们不建议设定由酶制剂释放出的能量或氨基酸水平。

表B1. 同一日粮配方在使用不同原料数据库时的营养水平比较 (NRC 2012和CVB 2008)

| 项目 | 百分比, % | |
|-----------------------------------|------------------|------------------|
| 原料 | | |
| 黄玉米 | 70.99 | |
| 豆粕 (去皮, 浸提法, 粗纤维 < 4%, 粗蛋白 < 48%) | 25.19 | |
| 玉米油 | 1.00 | |
| 碳酸钙 | 0.95 | |
| 磷酸二氢钙 | 0.78 | |
| 食盐 | 0.37 | |
| L-赖氨酸盐酸盐 | 0.17 | |
| DL-蛋氨酸 | 0.04 | |
| L-苏氨酸 | 0.02 | |
| 维生素和微量元素预混料 | 0.50 | |
| 合计, % | 100 | |
| 营养水平 | NRC, 2012 | CVB, 2008 |
| 代谢能, Kcal/kg | 3,342 | 3,232 |
| 净能, Kcal/kg | 2,515 | 2,414 |
| 标准回肠可消化赖氨酸, % | 0.93 | 0.91 |

以玉米-豆粕为基础的日粮和以高纤维原料为基础的日粮可以通过配方的调整含有相同的代谢能水平(表B2)。请注意,虽然ME水平相同,但高纤维日粮的净能水平较玉米-豆粕日粮降低了2.5%。净能系统是预测生长表现最精确的系统,净能水平的降低将导致饲料效率降低2.5%。因此在使用高纤维原料时,使用净能体系会对经济效益的预测产生影响,但使用代谢能体系则不会对经济效益的预测产生影响。

表B2. 使用NRC (2012) 数据库配置具有相同代谢能水平但不同净能水平的日粮

| 项目 | 玉米-豆粕日粮 | 高纤维日粮 |
|----------------------------------|------------|------------|
| 原料 | | |
| 黄玉米 | 70.99 | 37.48 |
| 玉米DDGS, 含油量 < 4% | --- | 30.00 |
| 小麦麸 | --- | 19.00 |
| 豆粕(去皮, 浸提法, 粗纤维 < 4%, 粗蛋白 < 48%) | 25.19 | 7.11 |
| 玉米油 | 1.00 | 3.52 |
| 碳酸钙 | 0.95 | 1.28 |
| 碳酸二氢钙 | 0.78 | --- |
| 食盐 | 0.37 | 0.39 |
| L-赖氨酸盐酸盐 | 0.17 | 0.57 |
| L-苏氨酸 | 0.02 | 0.10 |
| L-色氨酸 | --- | 0.04 |
| DL-蛋氨酸 | 0.04 | 0.03 |
| 维生素及微量元素预混料 | 0.50 | 0.50 |
| 合计, % | 100 | 100 |
| 营养水平 | | |
| 代谢能, Kcal/kg | 3,342 | 3,342 |
| 净能, Kcal/kg | 2,515 | 2,452 |
| 标准回肠可消化赖氨酸, % | 0.93 | 0.93 |

生长育肥期日粮能量反应

理解日粮能量水平的变化对猪生长性能的影响是设置最具有经济效益的日粮能量水平的关键。表B3展示了日粮能量水平对PIC337后代生产表现的影响。该试验中所有日粮的SID赖氨酸:代谢能比和其他氨基酸和赖氨酸的最低比值均满足PIC的推荐标准。

与低能量水平日粮相比,在生长育肥阶段饲喂一系列的高能量日粮可提高3.1%的平均日增重,降低6.1%的平均日采食量,改善8.7%的料肉比。两组试验猪的代谢能日采食量基本一致,但是低能量水平组的净能日采食量较高能量水平组降低了3.5%。这导致了低能量组的代谢能效率较高能量组低了3.1%,但两组试验猪的净能效率却基本相同。尽管能量水平的降低会导致料肉比提高,但低能量水平并不意味着能量效率的降低。此外,与代谢能系统相比,净能系统对能量反应的估测似乎更加准确。

表B3. 日粮能量水平对生长育肥猪生长性能的影响^a

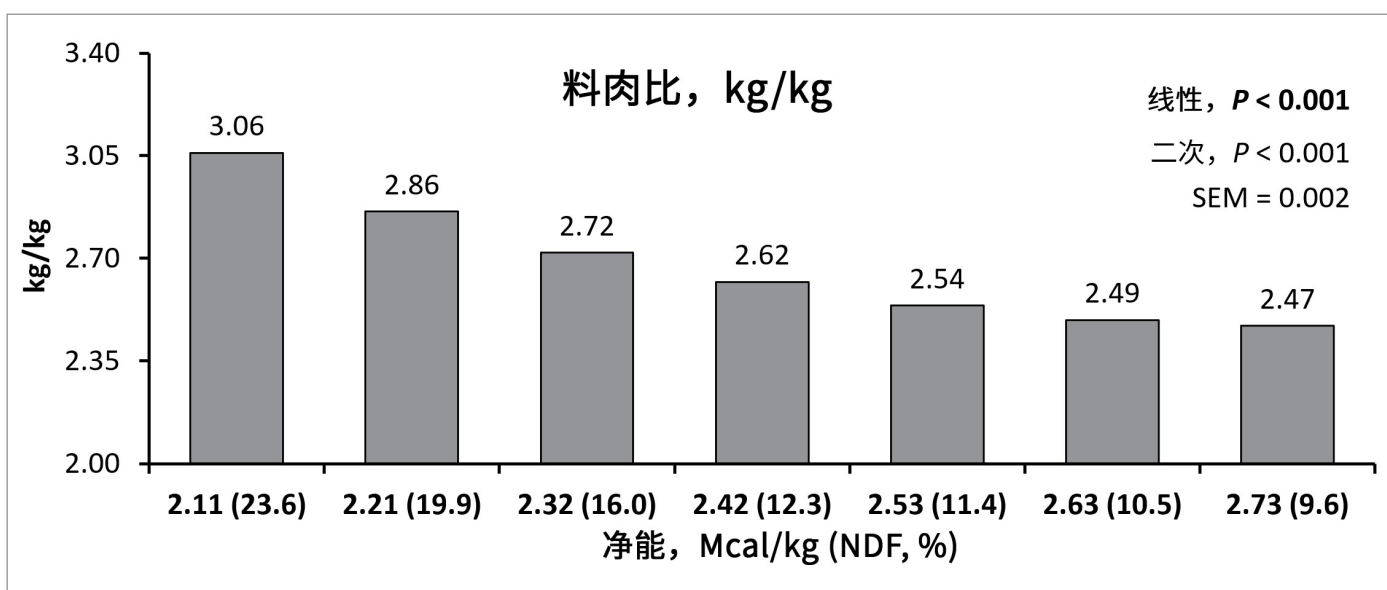
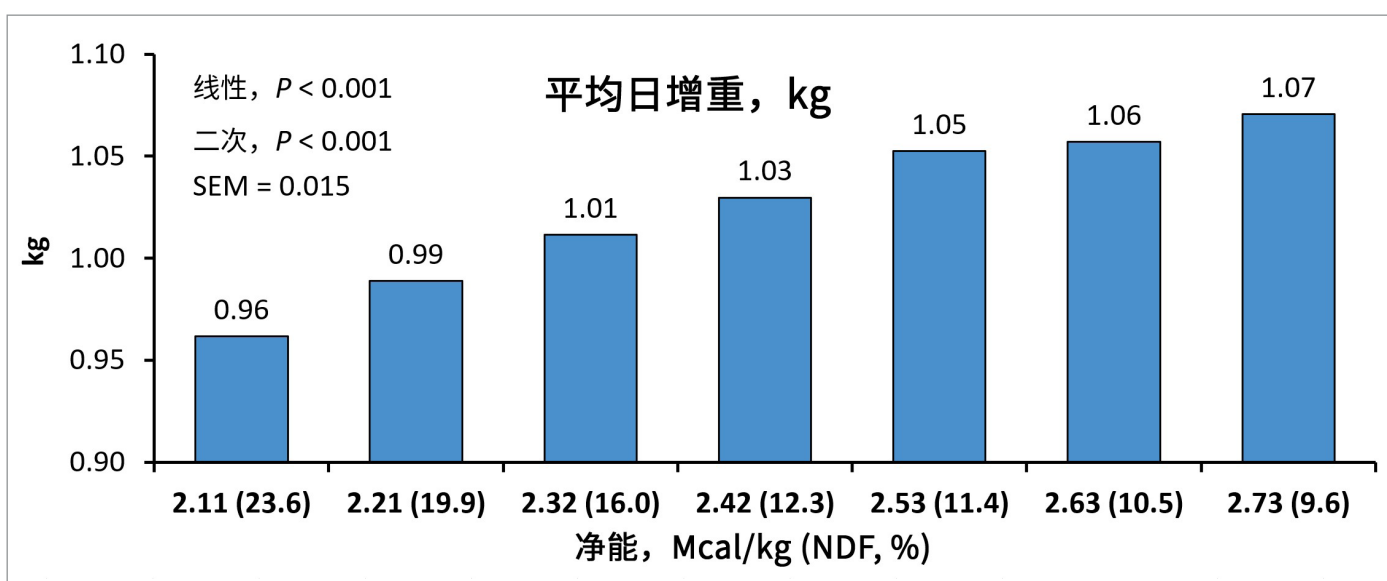
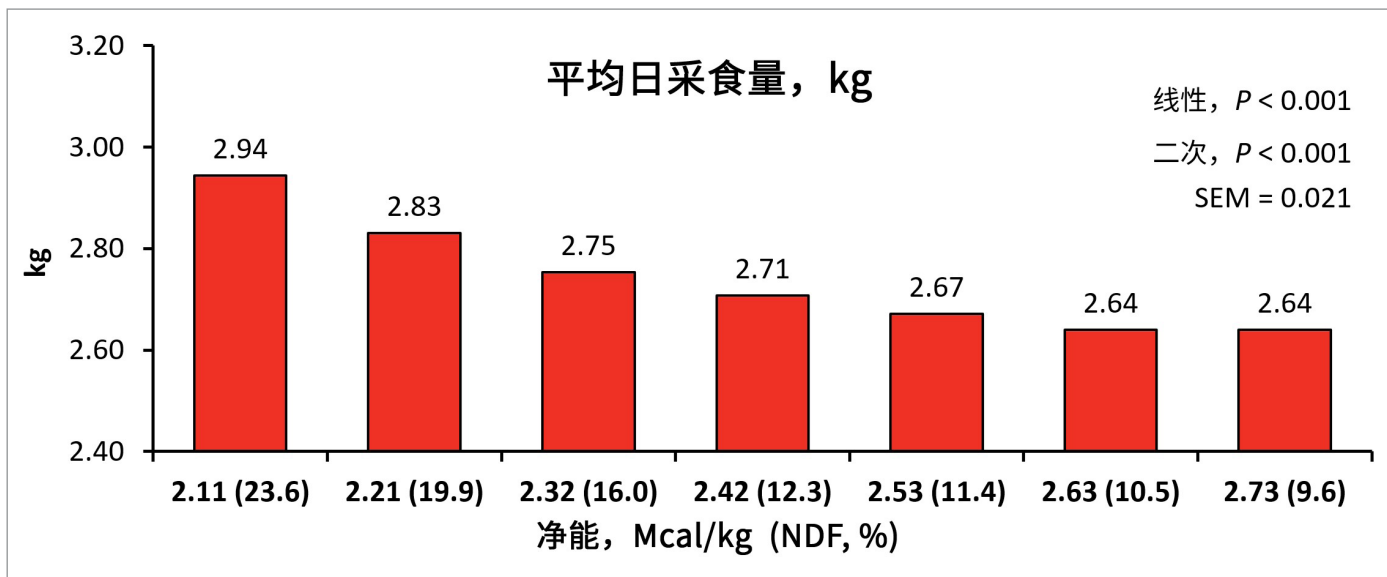
| 项目 | 日粮能量水平 | |
|-----------------------------|--------|-------|
| | 低 | 高 |
| 初始体重, kg | 21.8 | 21.8 |
| 终末体重, kg | 130.8 | 130.7 |
| 饲喂天数, d | 123 | 119 |
| 平均日增重, kg | 0.894 | 0.921 |
| 平均日采食量, kg | 2.40 | 2.26 |
| 料肉比 | 2.69 | 2.45 |
| 代谢能采食量, Mcal/d ^b | 7.98 | 7.98 |
| 净能采食量, Mcal/d ^b | 5.86 | 6.08 |
| 代谢能效率, Mcal/kg | 8.82 | 8.54 |
| 净能效率, Mcal/kg | 6.50 | 6.51 |

^a PIC执行摘要51。

^b 日粮营养水平根据NRC(2012)数据库计算得出。

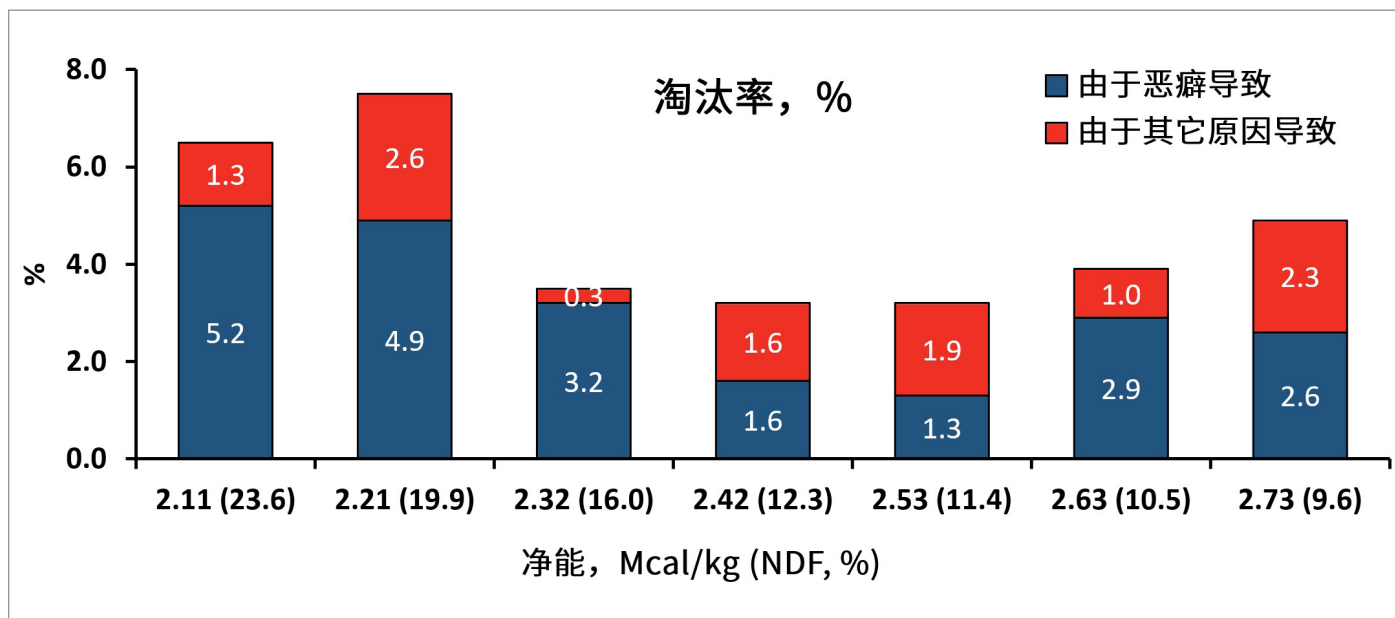
近期一项在商业化农场中进行的试验测定了日粮净能和中性洗涤纤维水平(NDF)对30至130kg生长育肥猪生产性能的影响(Lu等, 2020)。该试验共使用了2058头PIC猪(PIC380×康贝尔),共设置了7个日粮处理,其中日粮净能水平逐级递增(2.11至2.73Mcal/kg),日粮NDF水平逐级递减(24.2至9.5%)。低能量日粮的纤维水平更高/油脂水平更低,而高能量日粮中使用了更高水平的玉米和油脂。该试验中含有2.42Mcal/kg净能水平的处理组被视为等效于玉米-豆粕型日粮的净能水平。

提高日粮净能水平和降低日粮NDF水平可提高平均日增重,降低平均日采食量,改善胴体料肉比,并增加净能日采食量(二次效应, $P < 0.05$; 图B3)。最低净能处理组(2.11Mcal/kg)和玉米-豆粕日粮等效组(2.42Mcal/kg)相比,日粮能量水平降低了14%,但平均日采食量却只提高了9%。因此,每日能量采食量的下降这导致平均日增重降低了7%。Schinckel等(2012)报道猪可以通过提高采食量来弥补日粮中能量水平的降低,与本试验的结果不一致。这两项研究结果之间的差异可能是由于当前试验中低能量处理组NDF水平的提高的幅度更大(NDF在两个试验中的增加量分别为11.3和4.4%)。



图B3. 日粮能量和NDF水平对生育肥猪平均日增重, 平均日采食量, 和料肉比的影响

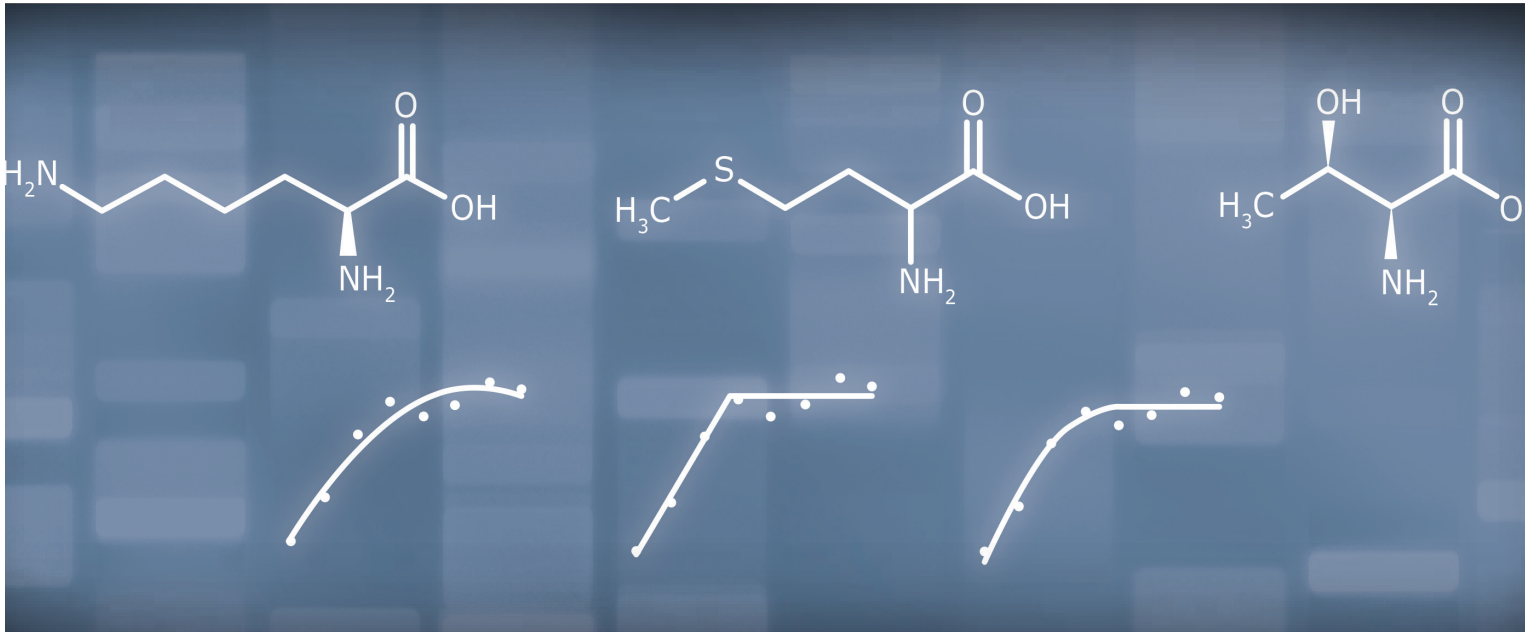
本试验中最低净能水平和最高NDF水平组显示出更高的淘汰率和因恶癖导致淘汰的比例(图B4)。我们推测恶癖的发生与营养物质采食量不足有关。日粮能量水平的降低会提高猪的采食量,但是当能量水平过低,导致为获得足够营养物质所需要的采食量超过肠道容量上限后,猪每天的营养物质采食量将不可避免的下降。我们进一步推测,猪在采食含有较高的纤维水平、较低能量水平和较低容积密度的日粮时可能需要花费更长的时间来进食从而满足能量的需要。因此,当饲喂较低能量和较高NDF水平的日粮时,料槽空间和覆盖率可能变得更加关键。营养师应该通知生产人员注意日粮的变化,以便调整料槽/栏位空间分布以及料槽覆盖率,帮助猪达到足够的采食量水平。Laskoski (2019)的试验结果显示保育猪咬尾和咬耳的发生率随着每个料槽开口所分配的猪的头数的增加而增加。请[点击这里](#)获取最新版的《PIC断奶到育肥手册》查询关于料槽空间及其调整方法推荐的详细内容。



图B4. 日粮能量和NDF水平对淘汰率和因恶癖导致淘汰比例的影响

最佳日粮能量水平经济学模型

Nitikanchana等(2015)和Soto等(2019a)开发并验证了使用日粮净能水平对生长育肥猪生长速度,饲料效率,以及屠宰率进行预测的回归方程。这些方程式可以通过数学建模来预测最佳日粮净能水平优化以活猪或胴体为基础的总成本回报。PIC和堪萨斯州立大学合作开发了一款基于该模型和用户农场数据的工具,在考虑生产成本和市场行情变化的情况下,预测获得最大化经济效益所需要的日粮净能水平。请[点击这里](#)获取PIC最佳日粮净能水平工具及说明。



蛋白质由氨基酸组成。氨基酸对于实现高效生长和繁殖至关重要。猪在生产的不同阶段均有特定的氨基酸需要。

- 猪日粮中的氨基酸水平有多种表达方式。
- 我们认为标准回肠可消化氨基酸是最准确的表达方式。
- 理想的蛋白质模型将其他必需氨基酸的水平表述为与日粮赖氨酸水平的最低比值。
- 理想蛋白质模型中其他氨基酸的最低比值随生产的不同阶段而变化。
- 生长育肥猪每千克体重沉积需要约20g 的SID赖氨酸。
- 遗传改良提升了猪的饲料效率, 因此日粮的氨基酸水平也需要增加。
- 有研究试验表明, 生长育肥猪日粮粗蛋白水平低于13%将导致生长性能降低。
- 最大化生长性能的氨基酸水平并非总是可以获得最佳成本效益。PIC SID赖氨酸经济学计算器可以帮助您对日粮氨基酸水平进行决策。

必需和非必需氨基酸

组成蛋白质的氨基酸共有20种,分为日粮必需和非必需氨基酸(表C1)。因为猪无法以所需的速率合成必需氨基酸,日粮通常按照猪对必需氨基酸的需要进行配制。而日粮中只要有足够的氮,猪就可以合成非必需氨基酸。另外,有部分氨基酸被分类为条件性必需氨基酸,在某些日粮和生理条件下需要在日粮配方中考虑它们。

表C1. 必需、非必需和条件性必需氨基酸(引自NRC, 2012)

| 必需氨基酸 | 非必需氨基酸 | 条件性必需氨基酸 |
|-------|--------|----------|
| 组氨酸 | 丙氨酸 | 精氨酸 |
| 异亮氨酸 | 天冬酰胺 | 半胱氨酸 |
| 亮氨酸 | 天冬氨酸盐 | 谷氨酰胺 |
| 赖氨酸 | 谷氨酸盐 | 脯氨酸 |
| 蛋氨酸 | 甘氨酸 | 酪氨酸 |
| 苯丙氨酸 | 丝氨酸 | |
| 苏氨酸 | | |
| 色氨酸 | | |
| 缬氨酸 | | |

尽管能量在任何日粮中都是最主要的成本来源,但猪对日粮能量水平的反应很大程度上取决氨基酸的需要是否得到满足。因此在确定最经济的能量水平之前须确定氨基酸的需要量。为了获得理想的生产性能,必须满足猪所有必需氨基酸的需要量。

氨基酸需求的表达

氨基酸能以多种方式进行表达:

- **总氨基酸:**代表饲料原料中包含的所有氨基酸的水平,可以通过氨基酸分析获得。但总氨基酸的缺点是未考虑不同饲料原料氨基酸消化率的巨大差异。这些差异可以通过使用其他方法表达氨基酸水平得到考虑:
 - **生物学利用率**

氨基酸的生物学利用率可以通过斜率比测定法进行估测,生物学可利用氨基酸指的是消化和吸收后可在组织水平上被利用的氨基酸。但是,这种测定方法极为昂贵并且所估测的氨基酸可利用率在不同的饲料原料间可能并不具有可加性(Gabert等, 2001)。
 - **消化率**

氨基酸的消化率可以表示为全肠道消化率或回肠消化率。全肠道消化率的估测基于氨基酸的采食量和粪便回收量之间的差异。但是,由于大肠微生物的发酵作用,全肠道消化率可能被高估。而回肠消化率的估测是基于氨基酸的采食量和回肠食糜回收量之间的差异,因此更为准确。回肠消化率可以进一步划分为:
- 表观回肠消化率(AID):不考虑内源氨基酸损失。
 - 标准回肠消化率(SID):考虑基础内源性氨基酸损失。
 - 真回肠消化率(TID):涵盖基础和特定内源氨基酸损失。

通常,随着日粮能量水平的提高,每日的饲料采食量会下降,但每日能量的总摄入量却基本保持不变。将氨基酸(如赖氨酸能量比)以相对于日粮能量水平的形式进行表达可针对不同能量水平调整日粮氨基酸水平(Chiba等,1991; De La Llata等,2001)。随着日粮能量水平的增加,赖氨酸的水平也增加;当日粮能量水平下降时,赖氨酸水平也下降。但是无论日粮中的能量水平如何变化,赖氨酸与能量的比值将保持不变。通过设置日粮赖氨酸能量比可确保日粮氨基酸水平的调整跟随由于日粮能量水平变化导致的采食量和生长速度的变化。

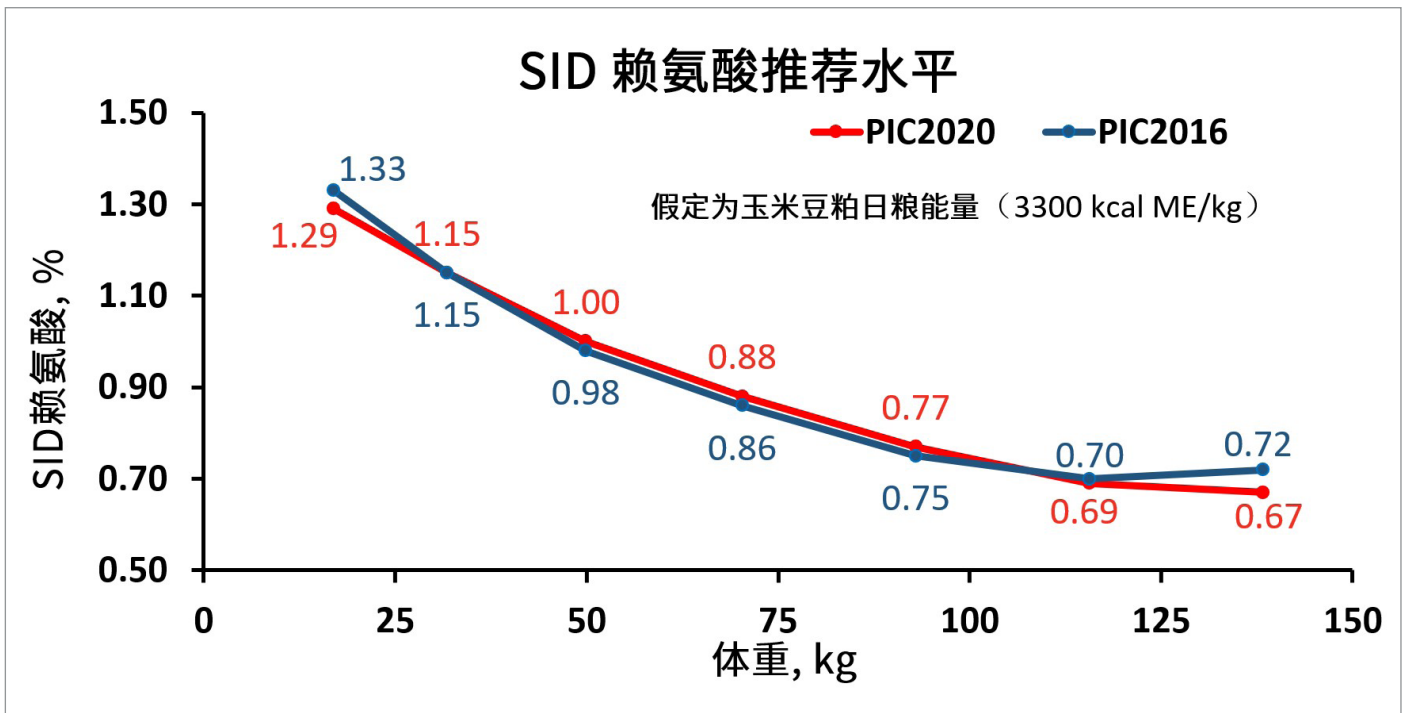
氨基酸比值

NRC (2012) 定义了每个生产阶段猪必需氨基酸的需要量。《PIC营养与饲喂手册》根据近年来使用PIC猪的研究结果对必需氨基酸的需要量进行了进一步调整。本手册的氨基酸需要量推荐以SID为基础,表达为SID赖氨酸与净能或者代谢能的比值。因为赖氨酸是大多数日粮中的第一限制性氨基酸,其他必需氨基酸的需要量以相对于SID 赖氨酸的比值表示。PIC所推荐的氨基酸需要量是通过使用NRC (2012) 原料数据库中的营养成分水平(包括代谢能和净能)确定的。请在本手册最后的PIC营养成分表中查找不同生产阶段的最低日粮氨基酸比值推荐。

生长育肥猪氨基酸需求的最新进展

PIC猪在生长效率和瘦肉率上的提高在全球范围内的生产系统中都得到了体现。充足的氨基酸供应对于成功的生产至关重要。氨基酸含量不足的日粮将导致蛋白质沉积下降、脂肪沉积增加(Main等,2008)。每千克体重的沉积需要约20g的SID赖氨酸(Goodband等,2014;Orlando等,2021)。随着生长速度和饲料效率的提高,应提高日粮赖氨酸的推荐水平以适应猪需要量的变化。

PIC全球营养团队在2016年发布的SID赖氨酸生物学需要量推荐标准基础上,通过总结分析自2013至2020年之间在商业猪场条件下使用48,338头猪进行的29项试验的结果,对SID赖氨酸的生物学需要量模型进行了更新。其中两个最新的试验使用了PIC遗传核心群中遗传指数最高的前15%的父系公猪的后代。最新的SID赖氨酸生物学需要量模型以混合性别饲养为基础开发,并使用PIC337生长曲线预测了阉公猪和母猪的需要量。该模型以SID赖氨酸与代谢能或者净能的比值为基础表达,其中代谢能和净能值参考了NRC (2012) 中的饲料原料的能值水平。开发该模型所使用的荟萃分析数据显示日粮净能值和代谢能值的比值在0.72至0.74之间。更新后的PIC SID赖氨酸生物学需要量推荐标准是以最大化平均日增重和料肉比的赖氨酸水平平均值为基础制定的,当日粮SID赖氨酸水平满足需要量时可以100%最大化平均日增重并且达到最佳料肉比水平的99.4%。更新后的的赖氨酸生物学需要量模型与PIC 2016的推荐值总体相似;但是根据试验数据对保育后期和育肥后期的需要量进行了调整(图C1)。



图C1. 2016版和2020版PIC商品猪日粮SID赖氨酸推荐水平 (基于玉米-豆粕日粮能量水平)

使用以下回归方程可以根据性别和体重估算PIC商品猪的SID赖氨酸能量比的需要量:

混合性别猪 (阉公猪和商品母猪) 的SID赖氨酸净能比, g/Mcal = $0.0000327185 \times (\text{体重, kg} \times 2.204622)^2 - 0.0214484253 \times (\text{体重, kg} \times 2.204622) + 6.0773690201$;

混合性别猪 (阉公猪和后备母猪) 的SID赖氨酸代谢能比, g/Mcal = $0.0000255654 \times (\text{体重, kg} \times 2.204622)^2 - 0.0157978368 \times (\text{体重, kg} \times 2.204622) + 4.4555073859$;

如果体重 < 40 kg, 则阉公猪的SID赖氨酸能量比 = 混合性别猪的SID赖氨酸能量比;

如果体重 > 40 kg, 则阉公猪的SID赖氨酸能量比 = 混合性别猪的SID赖氨酸能量比 - $[-0.0000000031 \times (\text{体重, kg})^4 + 0.0000013234 \times (\text{体重, kg})^3 - 0.0002087068 \times (\text{体重, kg})^2 + 0.0142221655 \times (\text{体重, kg}) - 0.3126825057] \times$ 混合性别猪的SID赖氨酸能量比;

如果体重 < 40 kg, 则商品母猪的SID赖氨酸能量比 = 混合性别猪的SID赖氨酸能量比;

如果体重 > 40 kg, 则商品母猪的SID赖氨酸能量比 = 混合性别猪的SID赖氨酸能量比 + $[-0.0000000031 \times (\text{体重, kg})^4 + 0.0000013234 \times (\text{体重, kg})^3 - 0.0002087068 \times (\text{体重, kg})^2 + 0.0142221655 \times (\text{体重, kg}) - 0.3126825057] \times$ 混合性别猪的SID赖氨酸能量比;

阉公猪的SID赖氨酸能量比 $\times [0.0023 \times (\text{体重, kg}) + 0.9644] <$ 商品母猪的SID赖氨酸能量比, 则公猪的SID赖氨酸能量比 = 商品母猪的SID 赖氨酸能量比;

阉公猪的SID赖氨酸能量比 $\times [0.0023 \times (\text{体重, kg}) + 0.9644] >$ 商品母猪的SID赖氨酸能量比, 则公猪的SID赖氨酸能量比 = 阉公猪的SID 赖氨酸能量比 $\times [0.0023 \times (\text{体重, kg}) + 0.9644]$

商品猪出栏体重的提高是全球范围内出现的趋势,因此我们需要了解大出栏体重猪的营养需求。一项使用了990头猪(PIC337×康贝尔)在商业条件下混合性别饲养的试验结果表明,130至150kg商品猪的日粮SID赖氨酸代谢能比值在2.21g/Mcal时可获得最佳的饲料效率(Orlando等,2018)。该试验的数据被纳入到了PIC SID赖氨酸生物学需要量推荐标准的荟萃分析中,以更准确的反映大出栏体重条件下PIC商品猪的日粮赖氨酸推荐水平。

出于对饲料成本和环境方面的考虑,饲料级合成氨基酸在全球范围内被广泛用于猪日粮中以部分替代来自于完整蛋白质的氨基酸,从而降低日粮粗蛋白水平。尽管猪对于粗蛋白水平没有特定的需要,但最近的研究表明日粮粗蛋白水平过低会降低猪的生产性能。这在使用粗蛋白水平低于13%的日粮饲喂育肥后期猪时更为明显,即使日粮氨基酸比值满足猪的需要量(Tous等,2014; Soto等,2019b)。针对这一现象,现已有多项试验对可能的原因进行调查,包括非必需氨基酸的缺乏,其他来自于完整蛋白的营养物质的缺乏,日粮粗蛋白来源的变化,豆粕水平下降,大豆异黄酮水平下降,日粮电解质平衡被破坏,胆碱或者钾的缺乏(Rojo,2011;Ball等,2013;Rochell等,2015;Mansilla等,2017;Thomas等,2018)。但这些试验并没有得出确切的结论,因此需要进一步研究以了解体重超过100公斤的猪在日粮中粗蛋白水平低于13%时,即使氨基酸水平似乎满足需求,其生产性能仍然下降的原因。

日粮最佳赖氨酸水平的生物学需要和经济效益模型

在过去十年中,遗传选择提高了生长速度和饲料效率。因此,重新评估PIC猪的营养物质推荐量可帮助实现遗传潜能。PIC以前文中提到的荟萃分析结果为工具,开发了在不同体重范围下预测PIC猪的SID赖氨酸生物学需要量的工具。

在生产中日粮赖氨酸水平对日粮成本有很大影响。取决于不同的经济现状,最大化生长速率的生物学SID赖氨酸水平在某些情况下可能不会带来最大程度的盈利能力。PIC开发了一种基于Excel的SID赖氨酸经济学计算器,可帮助用户在不同财务状况下,通过比较当前使用的SID赖氨酸水平和SID赖氨酸生物学需要量对经济状况的影响,制定最具经济效益的日粮SID赖氨酸水平。[单击此处](#)以访问这些工具和说明。



常量矿物元素参与动物体内的许多生理生化过程,包括DNA和RNA结构框架的组成,骨骼发育,维持电解质平衡,以及生长性能。因此,对日粮配方中的常量矿物元素的含量进行精细调控是优秀日粮设计的关键之一。大多数猪日粮中通常补充的矿物元素包括钙、磷、钠和氯。

- 猪日粮中磷通常以有效磷和标准全肠道可消化磷 (STTD磷) 为基础进行表达。
- 根据商品场环境下的最新研究结果,本手册更新了保育猪、生长育肥猪和后备母猪的磷需要量推荐。
- 日粮中的钙可以表达为分析含量(概略养分分析)或总含量(即该钙的分析值与植酸酶释放值的总和)。
- 在日粮中,最大化骨骼矿化所需要的磷水平高于最大化生长性能所需要的磷水平。
- 日粮中钙的水平过高会降低猪对磷的利用效率,尤其是当日粮磷水平受到限制时;因此,在设计日粮配方时应将日粮钙磷比做为限制条件之一。
- 最大化商品猪生长性能的日粮磷水平并不一定可以最大化经济效益。为此,PIC和堪萨斯州立大学联合开发出一项辅助决策工具帮助营养师以最佳经济效益为目标设定日粮磷水平。
- 商品猪在保育阶段的钠需要量高于其他生产阶段。

钙与磷的需要量

钙和磷对瘦肉沉积、骨骼发育和维持以及诸多代谢功能至关重要。

日粮中钙和磷的含量可以有多种表达形式：

- **分析含量**：钙和磷的分析含量代表配方中所有的钙和磷，可以通过概略养分分析得出。
- **总含量**：钙或磷的总含量等于分析含量分别加上植酸酶释放的钙或磷的总和。
 - **生物学利用率**
 - 有效磷是以磷的生物学利用率为基础表达。磷的生物学利用率通过“斜率比法”估算得出。该方法以无机磷源为参照，估测了磷在组织水平的相对消化吸收效率；然而，这种方法更为昂贵，且需要假设参照无机磷源100%可以利用。
 - **消化率**
 - **表观全肠道消化率 (ATTD)**：通过计算磷的摄入量与粪便中的回收量之间的差值，估算钙和磷的全肠道消化率，不校正基础内源损失。
 - **标准全肠道消化率 (STTD)**：通过计算磷的摄入量与粪便中的回收量之间的差值，估算钙和磷的全肠道消化率并校正基础内源损失。
 - **全肠道真消化率 (TTTD)**：通过计算磷的摄入量与粪便中的回收量之间的差值，估算钙和磷的全肠道消化率并校正基础和特定内源损失。

NRC (2012) 报告以STTD、ATTD和总含量为基础的磷需要量。全世界的研究者和营养学家越来越普遍地采用STTD磷为基础来表达日粮磷水平，因此确定STTD磷的最佳水平一直是猪营养研究与生产中的一项重要课题。

NRC (2012) 使用数学回归模型预测保育猪的STTD磷的需要量，使用析因法预测育肥猪的STTD磷的需要量。最近有两项分别使用了1080头和2140头PIC商品猪的研究验证了NRC (2012) 模型，试验结果表明NRC (2012) 准确预测了11至23kg猪每日STTD磷的需求量 (Vier等, 2019a)。对于不添加或添加1000FYT/kg植酸酶的日粮，以优化日粮效率和生长速度为目的，保育猪的STTD磷需要量范围为0.34至0.42%。最近一项使用了1130头PIC商品猪的试验表明，为了最大化生长性能和骨骼矿化率，24至130kg猪的STTD磷需要量分别为NRC (2012) 对公母混合饲养、平均蛋白沉积速率为135g/天商品猪需要量预测值的122%和131% (Vier等, 2019b)。在保育阶段和生长育肥阶段，每千克的增重分别需要从日粮中摄入5.77g和7.50g的STTD磷。

以下是根据性别和体重预测PIC商品猪日粮STTD磷能量比的回归公式：

混合性别猪(阉公猪和商品母猪)的STTD磷净能比, g/Mcal = $0.000047 \times (\text{体重, kg})^2 - 0.014391 \times (\text{体重, kg}) + 2.027515$;

混合性别猪(阉公猪和商品母猪)的STTD磷代谢能比, g/Mcal = $0.000031 \times (\text{体重, kg})^2 - 0.009664 \times (\text{体重, kg}) + 1.476751$;

如果体重 < 40kg, 则阉公猪的STTD磷能量比 = 与混合性别猪的STTD磷能量比相同;

如果体重 > 40kg, 则阉公猪的STTD磷能量比 = 混合性别猪的STTD磷能量比 -

$[-0.0000000031 \times (\text{体重, kg})^4 + 0.0000013234 \times (\text{体重, kg})^3 - 0.0002087068 \times (\text{体重, kg})^2 + 0.0142221655 \times (\text{体重, kg}) - 0.3126825057] \times$ 混合性别猪的STTD磷能量比

如果体重 < 40kg, 则商品母猪的STTD磷能量比 = 与混合性别猪的STTD磷能量比相同;

如果体重 > 40kg, 则商品母猪的STTD磷能量比 = 混合性别猪的STTD磷能量比 +

$[-0.0000000031 \times (\text{体重, kg})^4 + 0.0000013234 \times (\text{体重, kg})^3 - 0.0002087068 \times (\text{体重, kg})^2 + 0.0142221655 \times (\text{体重, kg}) - 0.3126825057] \times$ 混合性别猪的STTD磷能量比

如果体重 < 30kg, 则公猪的STTD磷能量比 = 与商品母猪的STTD磷能量比相同;

如果体重 > 30kg, 则公猪的STTD磷能量比 = 商品母猪的STTD磷能量比 +

$[-0.0000000019 \times (\text{体重, kg})^4 + 0.0000007208 \times (\text{体重, kg})^3 - 0.0000963713 \times (\text{体重, kg})^2 + 0.0050363106 \times (\text{体重, kg}) - 0.0486016916] \times$ 商品母猪的STTD磷能量比

培育期后备母猪的STTD磷能量比 = $1.08 \times$ 商品母猪的STTD磷能量比

关于可利用磷和STTD磷的需要量, 请参考本手册的营养推荐表。根据NRC (1998和2012) 的STTD磷系数和磷生物利用度, 本手册估测玉米-豆粕型日粮中可利用磷的需要量为STTD磷需要量的86%。

在日粮磷的水平确定之后, 日粮钙的水平可以根据钙磷比来决定。有研究表明, 钙磷比过高会降低猪的生长性能, 当磷水平不足或处于边际值时高钙磷比对生长性能的抑制更为明显 (Gonzalez-Vega等, 2016a, b; Merriman等, 2017; Wu等, 2018)。另外, 日粮最佳钙磷比可能会受到日粮配方 (例如是否添加植酸酶) 的影响。Vier等 (2019c) 的报告显示, 当日粮磷水平满足NRC (2012) 的需要量预测值, PIC商品猪 (26至127kg) 在饲喂不添加植酸酶日粮时需要分析钙与分析磷的比例达到1.38:1以获得最佳平均日增重; 但当日粮中添加了1000FYT/kg的植酸酶时, 分析钙与分析磷的比例为1.63:1可获得最佳平均日增重。

最近几年的营养研究开始着眼于使用可消化基础来确定日粮钙的水平, 可消化钙的水平将来可能会用于日粮配方的设计 (Stein等, 2016)。最近的一项试验报告表明, 日粮中是否添加植酸酶对于以分析含量基础表达的日粮最佳钙磷比例有较大影响, 而对以STTD为基础表达的日粮最佳钙磷比例影响较小 (Vier等, 2019c)。

《PIC营养与饲喂手册》在推荐日粮钙磷比例时重点关注分析钙。由于某些原料或添加剂中可能包含作为流散剂或载体的钙源, 这些来源的钙通常不计入日粮配方, 但可能会对日粮钙磷比产生重大影响。因此, 在这样的情况下钙的实际分析值可能与配方值不一致。

日粮最佳磷水平的生物学需要和经济效益模型

磷被认为是猪日粮中第三昂贵的营养素，日粮中的磷的水平会极大地影响猪的生长性能，同时其排泄物会对环境产生影响。一项在商品场环境下进行的研究表明，对于平均蛋白沉积为135g/d的现代基因型猪商品猪，日粮STTD磷的需要量高于NRC的需要量预测值。对于平均蛋白沉积为155g/d的现代基因型猪商品猪，该试验得到的STTD磷需要量与NRC的需要量预测水平接近 (Vier等, 2019b)。但是，达到最大化生长性能的日粮STTD磷水平并不总能带来最大化经济收益。

堪萨斯州立大学和PIC联合开发了一项Excel工具，可以将日粮当前STTD磷水平与生物学需要水平对生长性能，资金投入，以及经济效益的影响进行比较，帮助用户根据不同的情况下确定日粮STTD磷的水平。[点击这里](#)获得工具和使用说明。

钠和氯的需要量

钠和氯对于维持动物体内水和电解质稳态、调节pH值和吸收养分非常重要。保育猪所需要的日粮钠和氯水平较高，而生长育肥猪、母猪妊娠期和哺乳期需要的钠和氯的水平则大幅度降低 (NRC, 2012; Shawk等, 2018; Shawk等, 2019)。日粮中钠和氯离子最常见的来源是添加的盐 (氯化钠)。食盐含有约39.5%的钠和59%的氯。请注意，通常呈灰色的岩盐中的钠和氯浓度与食盐相比可能更低。日粮中钠或氯水平不足会导致采食量和日增重减少，日粮效率下降。日粮中盐的缺乏会引发咬尾 (Fraser等, 1987)。在饮水充足的条件下，猪可以耐受日粮中高浓度的盐。但当供水不足时，高浓度的盐会导致“盐中毒”。最后，营养师需要对原料中的钠离子水平进行监测以确保达到预期的配方水平。



本章将讨论补充矿物元素和维生素,重点关注优化生产性能。日粮中含有足够的微量矿物元素和维生素很重要,因为这些元素在体内发挥着多种调控功能。其作用范围从维持肢蹄结构到最大化繁殖效率。

- 根据最近在商品场环境下进行的两项试验更新了维生素推荐水平。
- 调整了微量矿物元素的推荐水平,从而简化应用方案。
- 矿物元素或维生素饲喂过量会导致中毒和日粮成本增加,而饲喂不足会导致缺乏症和生产性能下降 (NRC, 2012; Dritz 等, 2019)。

微量矿物元素

日粮中通常补充的微量矿物元素包括锌、锰、铁、铜、碘和硒，以无机和有机形态添加（无机形态：硫酸盐、氧化物、氯化物等；有机形态：螯合物、蛋白质盐等）。其中无机形态更广泛的用于日粮以满足猪只需求。

除了生物学要求所需的浓度外，在日粮中使用药理水平的无机锌（氧化锌）可以促进断奶仔猪的肠道健康和生长性能。日粮中高水平的铜（硫酸铜和碱式氯化铜）可以提高保育和生长育肥猪的生产性能。最近的研究表明，使用高铜日粮（220vs.20ppm）连续饲喂母猪多个胎次后可改善仔猪增重；而在后续进行的保育期试验表明，铜对于保育猪的促进生长作用可能取决于体内铜的状态（Lu和Lindemann, 2017; Lu等, 2018）。另外，向母猪日粮中长期额外添加甲基吡啶铬至少两个胎次可以改善窝产活仔数，其改善程度取决于额外添加的时间和剂量（Lindemann和Lu, 2019）。出于对环境问题的关注，一些国家严格监管动物饲料中微量矿物元素的添加（Underwood和Suttle, 1999）。因此，需确保微量矿物元素添加剂的使用符合当地法规。

有机微量矿物元素由于形成了有机配体，在低pH环境与无机形式相比更加稳定。因此，有机微量矿物元素被认为在小肠中受到拮抗作用的影响更小，以及具有更好的吸收效率（Leeson和Summers, 2001）。有机微量矿物元素更高的消化率和生物学利用率使生猪生产企业能够以更低的添加量而获得类似或更高的生产性能（Richards等, 2010; Liu等, 2014）。一些研究表明，有机微量矿物元素可以增强免疫应答，减缓氧化应激，增强骨骼发育和强度，以及改善母猪的繁殖性能（Peters和Mahan, 2008; Richards等, 2010; She等, 2017; Liao等, 2018）。然而，这些研究结果缺乏较好的一致性，北美地区大多数日粮中使用的仍然是无机微量矿物元素（Flohr等, 2016）。但其中有机硒是例外，它在母猪和公猪日粮中更为接受。

维生素

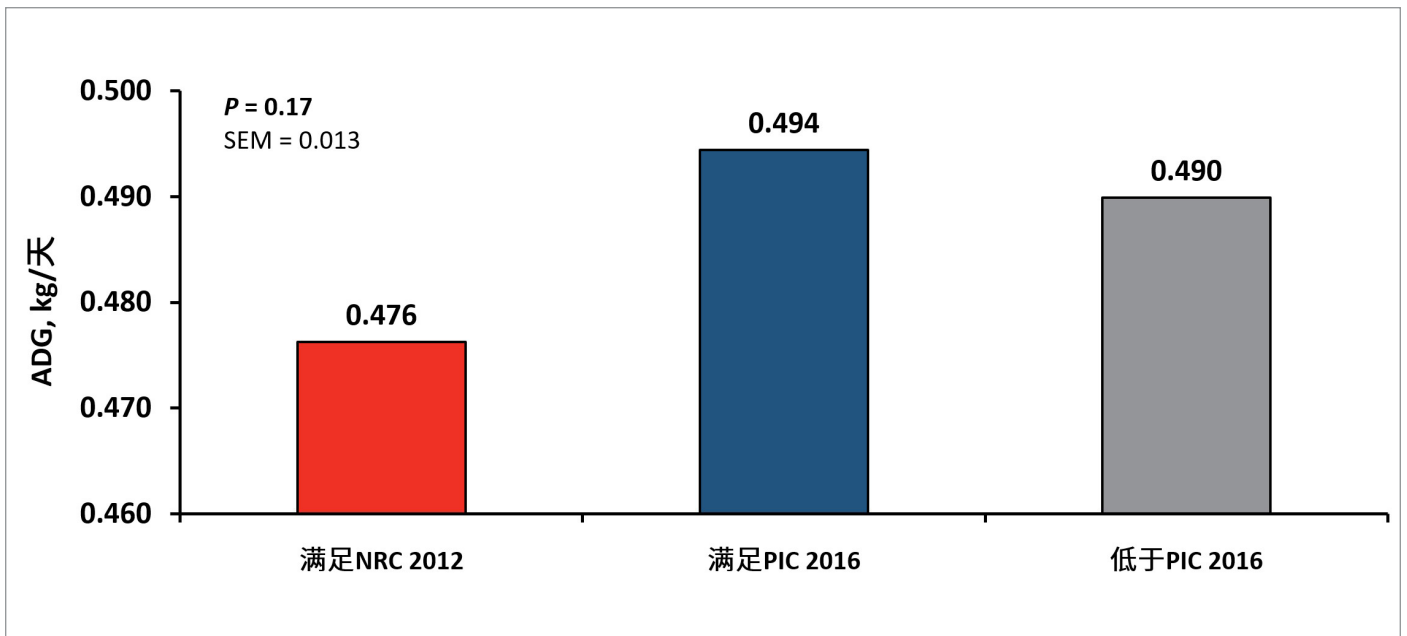
维生素在正常的生长和繁殖代谢途径中起着关键作用(辅酶)。日粮中添加适当水平的维生素对于优化生产性能和减少非必要的饲料成本很重要。商业日粮中的维生素添加水平通常超出NRC (2012) 的需要量预测值。一项对美国养猪业目前的饲喂方案中维生素添加水平的调查结果表明,脂溶性维生素在保育猪日粮中的添加浓度为NRC需要量预测值的4.0至11.6倍,在生长育肥猪日粮中的添加浓度为1.8至6.7倍。其他维生素在保育猪日粮中的添加浓度为0.4至7.1倍,在生长育肥猪日粮中的添加浓度为0.7至3.8倍(Flohr等, 2016)。最近,一项使用了1200头PIC商品猪(PIC 337 × 康贝尔)的研究在商业化生产条件下评估了断奶至育肥日粮中不同的维生素添加水平(Thompson等, 2020)。

试验处理为预混料中不同添加水平的维生素,但未考虑原料中的维生素贡献(表E1):

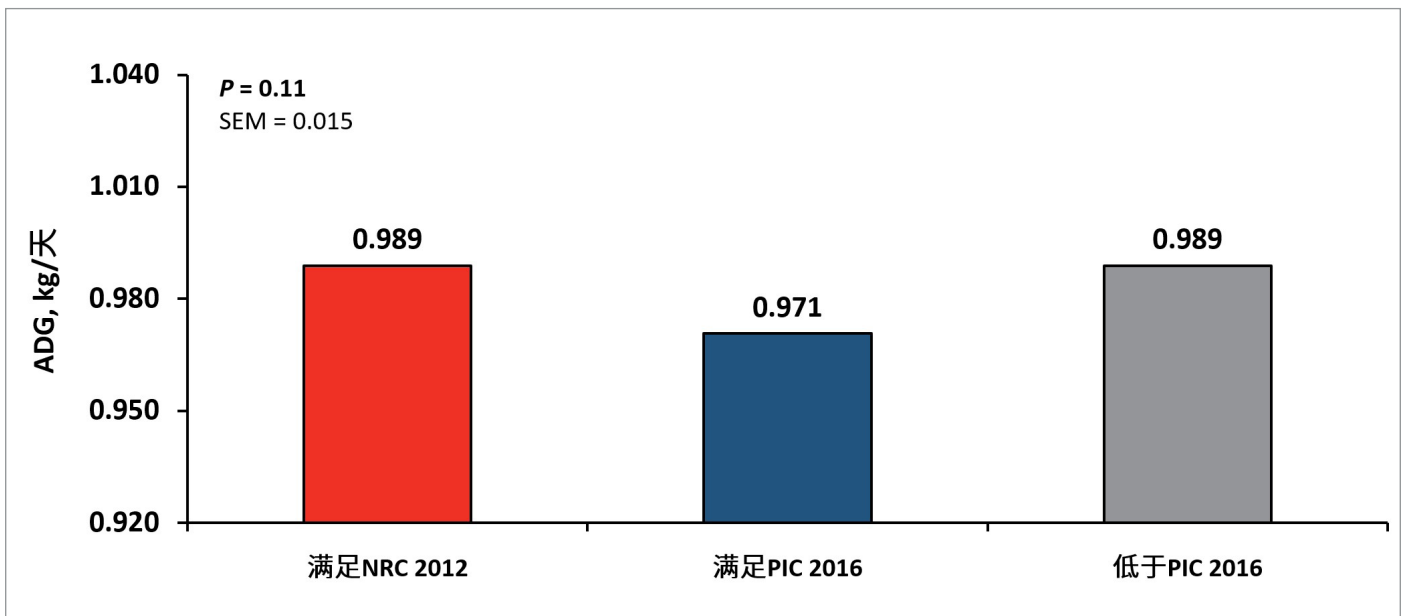
1. 满足NRC 2012:维生素的添加水平与NRC (2012) 推荐值相同;
2. 满足PIC 2016:维生素的添加水平与《PIC营养手册(2016)》推荐值相同;
3. 低于PIC 2016:维生素的添加水平低于《PIC营养手册(2016)》推荐值。

表E1. 5-130kg猪的日粮维生素添加水平(每公斤全价饲料)(Thompson等, 2020)

| 试验组 体重范围, kg | NRC 2012 | | PIC® 2016 | | | 低于 PIC® 2016 | | |
|-------------------------|----------|--------|-----------|-------|--------|--------------|-------|--------|
| | 5-25 | 25-130 | 5-25 | 25-80 | 80-130 | 5-25 | 25-80 | 80-130 |
| 维生素A, IU | 2,200 | 1,300 | 11,025 | 6,615 | 5,510 | 4,200 | 2,800 | 2,800 |
| 维生素D ₃ , IU | 220 | 150 | 1,765 | 1,215 | 1,015 | 1,600 | 800 | 640 |
| 维生素E, IU | 16 | 11 | 85 | 33 | 28 | 16 | 11 | 11 |
| 维生素K, mg | 0.5 | 0.5 | 5.5 | 3.3 | 2.8 | 3.0 | 1.5 | 1.2 |
| 维生素, mg | 1.0 | 1.0 | 3.5 | --- | --- | --- | --- | --- |
| 核黄素, mg | 3.5 | 2.0 | 13.0 | 5.7 | 4.9 | 8.0 | 4.0 | 3.0 |
| 吡哆醇, mg | 7.0 | 1.0 | 3.5 | --- | --- | --- | --- | --- |
| 维生素B ₁₂ , µg | 17.5 | 5.0 | 55.0 | 26.0 | 22.0 | 39.0 | 19.0 | 15.0 |
| 烟酸, mg | 30 | 30 | 70 | 40 | 31 | 50 | 25 | 20 |
| d-泛酸, mg | 10 | 7 | 40 | 20 | 17 | 28 | 14 | 11 |
| 叶酸, mg | 0.30 | 0.30 | 1.05 | --- | --- | --- | --- | --- |
| 生物酸, mg | 0.050 | 0.050 | 0.275 | --- | --- | --- | --- | --- |



图E1. 不同的维生素添加水平对保育猪生长性能的影响 (Thompson等, 2020)



图E2. 不同的维生素添加水平对生长育肥猪生长性能的影响 (Thompson等, 2020)

在该试验中不同的维生素添加水平没有对保育猪(5至26kg;图E1)和生长育肥猪(26至128kg;图E2)的生长速度、采食量和饲料效率产生显著的影响。Tuffo等(2019)的报告呈现了相似结果,向日粮中添加了低或高水平的维生素不会影响生长育肥猪(16-125kg)的生长性能。Tuffo等(2019)试验中低维生素处理组的维生素添加水平与Thompson等(2020)试验中“低于PIC2016”处理组的维生素添加水平接近。因此,PIC根据这两个最新试验的结果降低了维生素推荐添加水平,并调整了矿物元素建议以简化应用方案。虽然没有证据表明NRC的维生素推荐水平与其他处理组的结果间存在差异,我们仍建议使用安全预量来预防实际生产中各种情况下可能存在的维生素损失。

章节F

成年公猪



公猪饲喂程序的目标是促进生长, 优化繁殖性能, 保持肢蹄健康并降低被动淘汰率。

- 成年公猪的饲喂水平取决于体重, 并需要根据个体体况进行调整。
- PIC最佳公猪饲喂工具为处于隔离和生产公猪提供具有针对性的营养水平建议。

公猪饲喂

公猪不仅是引入遗传改良的来源,还影响着母猪的分娩率和窝产仔数。因为公猪占猪群的一小部分并且公猪饲料只占生产体系所需饲料总量的一小部分,所以针对公猪日粮所需的特定营养成分、以及对公猪精确营养需求的研究均相对较少。因此,许多维生素和微量矿物元素的保险系数被设置得较高。请谨慎设置这些元素在公猪日粮中的添加量,因为过度补充可能会损害生产性能。在本手册最后的成年公猪营养成分表中所列出了公猪日粮营养水平的推荐。这些推荐已使用在PIC公猪站的公猪日粮中,供参考。

公猪的营养状况对繁殖性能的影响可以通过性欲水平、精液产量、精子活力,以及精子的受精能力(精液质量)进行衡量。本手册对公猪日粮能量和氨基酸水平的推荐参考了为数不多的公猪营养研究结果。Stevermer (1961)、Kemp (1989a)、Close和Roberts (1993)、Louis等 (1994a, b) 的研究评价了日粮能量和氨基酸水平对公猪繁殖性能的影响。

隔离期的饲喂

在新的公猪进入公猪站开始生产之前,通常需要在装备有限位栏或者大栏的隔离舍中饲喂30至35天。在此期间可以根据每日维持能量需要量的预测值和每日目标增重水平设置饲喂水平 (ARC, 1981; Close和Roberts, 1993)。表F1为PIC最佳公猪饲喂工具预测的隔离期公猪的饲喂水平(请[点击此处](#))。由于运输应激,公猪在隔离期最初几天的采食量通常较低。抵达隔离舍后最初几天的饲喂量不得超过2.3kg,然后逐渐提高饲喂水平,在隔离结束时提高至设置水平。

生产公猪的饲喂

成年公猪的饲喂水平需要根据体重和体况进行设置和调整。公猪在维持、增重、交配行为和精子生成方面的能量需要共同组成了每日的能量需要量,并决定了饲喂水平 (ARC, 1981; Close和Roberts, 1993; Kemp等, 1990)。表F1列出了不同体重和气候条件下的公猪基础饲喂水平推荐。在基础饲喂水平的基础上根据公猪的体况调节饲喂水平可帮助公猪获得理想的体况评分 (Levis, 1997)。偏瘦公猪需在基础饲喂水平上增加0.50kg;而对于偏肥公猪需在基础饲喂水平上降低0.25kg。成年公猪的等热区温度下限为17°C (Stähr等, 2009)。因此在环境温度低于等热区温度下限时,可通过调整饲喂水平满足公猪维持体温的产热需要。有关体况评分的更多信息,请[点击此处](#)参考《PIC公猪站管理指南》。

表F1. 公猪在隔离和生产期的饲喂水平^a

| 体重, kg | 暖季 | | | 寒季 | | |
|------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------|
| | 代谢能, Mcal/day ^b | 净能, Mcal/day ^c | 饲喂量, Level, kg/day | 代谢能, Mcal/day ^b | 净能, Mcal/day ^c | 饲喂量, Level, kg/day |
| 隔离期 ^d | 8.3 | 6.2 | 2.6 | 8.6 | 6.4 | 2.7 |
| 180 | 7.9 | 6.0 | 2.5 | 8.3 | 6.2 | 2.6 |
| 212 | 7.9 | 6.0 | 2.5 | 8.6 | 6.4 | 2.7 |
| 244 | 8.3 | 6.2 | 2.6 | 8.6 | 6.4 | 2.7 |
| 276 | 8.6 | 6.4 | 2.7 | 8.9 | 6.7 | 2.8 |
| 308 | 8.9 | 6.7 | 2.8 | 9.5 | 7.1 | 3.0 |
| 340 | 9.5 | 7.1 | 3.0 | 10.2 | 7.6 | 3.2 |

^a 假设暖季的环境温度为17°C及以上, 而寒季的温度为15°C。本表格中的饲喂水平推荐均基于代谢能水平为3175Kcal/kg的日粮。

^b 每日代谢能需求由以下模型估算:

维持需要代谢能 = $0.1832 \times (\text{体重, kg})^{0.665}$, Mcal/d

生长需要代谢能 = $4.89 \times (\text{日均增重, kg})$, Mcal/d

精子生成需要代谢能 = 0.1Mcal/d

交配行为需要代谢能 = $0.0043 \times (\text{体重, kg})^{0.75}$, Mcal/d

在漏缝地板上单独饲养的公猪, 当温度低于17°C时, 每摄氏度的降低需要的代谢能 = $0.00382 \times (\text{体重, kg})^{0.75}$, Mcal/°C/d

^c 假设净能: 代谢能的比值为0.75。

^d 隔离期的代谢能需求仅用于维持和增重需要。

饲喂被霉菌毒素污染的饲料会对公猪的繁殖性能产生负面影响。与饲喂未被霉菌毒素污染饲料的公猪相比, 饲喂0.57ppm玉米赤霉烯酮饲料的10月龄以上的公猪的射精量和精子活力降低 (Sutkevičienė等, 2009)。此外, 饲喂玉米赤霉烯酮污染的饲料会使睾酮水平下降, 导致青年和成年公猪性欲降低 (Berger等, 1981; Ruhr等, 1983)。

尚无研究表明蛋白质采食量对精液质量有影响。Louis等 (1994a, b) 的研究证明, 蛋白质采食量过低会导致性欲减退和精子产量减少。Kemp等 (1988) 表明, 将公猪日粮中的蛋白质含量增加至妊娠期母猪的日粮水平 (14.5%CP和0.68%赖氨酸) 或更高并未显著提高精子产量。通常, 日粮中含有0.62%的SID赖氨酸足以维持成年公猪的繁殖性能。提高日粮赖氨酸水平可能会改善后备公猪 (年龄小于11个月) 的繁殖性能。

日粮中锌的推荐水平范围为100-150ppm。有试验表明使用高于推荐水平的有机锌并不能改善精液产量或质量 (Althouse等, 2000)。虽然缺乏试验数据, 但生物素的添加量通常为200-300ppb (Tokach和Goodband, 2007)。有证据表明, 添加0.3ppm的有机硒有助于公猪在连续采精后仍然维持精子活力, 减少储存运输过程可能对精子活力造成的负面影响, 并提高了体外试验的受精率 (Speight等, 2012)。

超剂量植酸酶在公猪日粮中的效应尚不明确。Stewart等 (2016) 的研究表明, 日粮中超剂量的植酸酶添加水平 (2000FTU/kg; QuantumBlue) 将每头公猪每年的精液产量提高了11%。然而, 在另一项超剂量植酸酶试验中 (日粮添加水平500、2000和3000FTU/kg; QuantumBlue), 并没有发现证据表明超剂量的植酸酶对精子总产量和精液产量产生的影响 (Moreira等, 2016)。因此, 对公猪日粮中超剂量的植酸酶添加可能需要更多的试验进行进一步的研究。

Omega-3脂肪酸包括亚麻酸、二十碳五烯酸和二十二碳六烯酸,可能会对公猪的精液质量产生积极影响。亚麻酸在体内代谢过程中可生产的二十碳五烯酸和二十二碳六烯酸。有试验显示,连续16周每日为公猪额外补充0.29kg含31%Omega-3脂肪酸的添加剂,可使每次射精的精子产量增加11%(Estienne等,2008)。最近的一项研究报告显示,在夏季每日为给公猪补充16.3g的甜菜碱产品(甜菜碱含量为96%),可使精子总产量增加6%(Cabezón等,2016a)。另一项最新研究表明,在炎热的夏季,补充0.8至1.0%的L-精氨酸可改善公猪的精液质量,提高性欲(Chen等,2018)。

此外,公猪日粮中添加500mg(Baumgartner,1998)或230mg(Währner等,2004)的L-肉碱可提高精液产量和浓度。但Kozink等(2004)并未在青年公猪的试验中发现L-肉碱对影响。Jacyno等(2007)每天为公猪补充500mg的L-肉碱后发现精液质量(射精量、精液浓度、精子形态异常和天冬氨酸转氨酶活性)得到改善。目前,还需要进行更多的研究来验证这些发现。

PIC最佳公猪饲喂工具

公猪对遗传改良和母猪场的生产效率(分娩率和窝产仔数)有重要影响。根据公猪的体况进行饲喂对于优化繁殖性能和降低被动淘汰率至关重要。PIC最佳公猪饲喂工具可综合考虑日粮能量水平、公猪体重、公猪增重、采精强度和环境温度等因素,预测隔离期和生产公猪的最佳饲喂水平。该工具可以帮助公猪站生产主管和营养师创建符合生产实际的公猪饲喂程序。通过计算机、智能手机或平板电脑[点击此处](#)访问此工具。

章节G

后备母猪



当以最大化终生生产性能为目的饲喂后备母猪时,要以适当的生长速度、充足的矿物元素储存和骨骼发育、生殖道成熟以及肢蹄健康为目标。

- 后备母猪需满足以下条件才能进行配种：
 - 初情期日龄:195天以内。
 - 日龄:200至225天。
 - 体重:135至160kg。
 - 发情期:第二次发情(仅在体重过轻时,等到第三次发情)。
 - 出生至初配日增重为600至800g/d,增加骨骼沉积,添加繁殖所需的维生素。
- 后备母猪日粮与商品母猪日粮之间有明显的差异。
- 这些后备母猪的饲喂目标对提高终生生产性能和降低终生总饲料成本有重要作用。

后备母猪培育目标

后备母猪的培育和管理始于母猪生命的早期，并在初次哺乳期后结束 (Boyd等, 2002)。为取得后备母猪培育的成功，需考虑多个因素。初情期日龄、日龄、体重和初配时发情次数是确保后备母猪群和经产母猪群长期成功的关键因素 (表G1)。

后备母猪应在195天以内达到初情期，理想的初配日龄范围是200至225天，初配体重范围是135至160kg，此时应为第二次发情期 (如体重低于135kg，则等到第三次发情期)。体重低于135kg的后备母猪不宜配种，因为体重过轻会降低繁殖能力。避免使用160kg以上的后备母猪进行配种，因为初配体重过大母猪的维持成本更高，哺乳期体重损失可能更多，出现运动障碍的机率增加，且早期淘汰的可能性更高。为了后备母猪在初配时达到目标日龄和体重，从出生到初配的日增重应为600至800g/天。详情请参阅《PIC母猪管理指南》([点击此处](#))。

表G1. 后备母猪的初配时的培育目标

| 性状 | 目标 |
|-----------------------|---------|
| 初配时发情次数, 次 | |
| 至少 | 2 |
| 体重, kg | |
| 过轻, 不可配种 | < 135 |
| 可以配种 | 135-160 |
| 过重 | > 160 |
| 出生至初配的日增重, g/天 | |
| 最低 | 600 |
| 最高 | 800 |
| 初配日龄, 天 | |
| 最少 | 200 |
| 最多 | 225 |
| 初情期日龄, 天 | |
| 少于 | 195 |

后备母猪饲喂推荐

为了达到初配时后备母猪的培育目标，PIC建议从出生到初配期间自由采食。后备母猪日粮的赖氨酸能量比的推荐是在商品母猪的推荐水平上，根据后备母猪和商品母猪生长曲线的差异进行校正所得到。后备母猪的生长速度可以通过调整日粮的能量水平进行调节。最大化骨骼矿化是后备母猪培育的主要目标之一，因此后备母猪日粮的钙和磷水平均高于生长育肥猪的推荐 (Whitney和Masker, 2010)。根据最近使用PIC商品猪进行试验的结果 (Vier等, 2019b)，为实现最大化骨骼矿化的目标，后备母猪日粮中的磷水平应较商品母猪日粮的磷水平高出约8%。

综上所述，不同于商品母猪日粮，后备母猪日粮的：

1. 钙和磷的水平更高。
2. 维生素和微量矿物元素水平更高。
3. 添加了繁殖所需的维生素 (吡哆醇、叶酸、生物素)。

有关后备母猪更日粮详细的营养成分推荐，[请见章节N](#):PIC后备母猪营养推荐 (饲喂基础)。

当饲料厂产能不足以额外生产后备母猪专用的日粮时,也可以通过利用现有日粮,以减少日粮种类。表G2为培育期后备母猪饲喂计划的方案示例。

表G2:后备母猪的饲喂程序示例。

| 后备母猪的体重, kg | | |
|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| 23至60 | 60至90 | 90至配种 |
| 使用后备母猪专用日粮,或使用商品母猪或哺乳期日粮。 | 使用后备母猪专用日粮。在该体重范围内可使用一阶段或多阶段的饲喂程序。 | 使用后备母猪专用日粮,或使用妊娠期日粮(在母猪场中较为实用的饲喂程序)。 |

有关后备母猪管理的更多信息,请[点击此处](#)查看《PIC母猪管理指南》。



妊娠期的饲喂目标是控制体况、提供足够的营养用于母体的维持和生长、以及促进乳腺组织、子宫、胎盘和胚胎的发育。

体况管理

- 体况决定了经产母猪妊娠期的饲喂水平。
- PIC不推荐在头胎母猪妊娠期期间根据体况决定饲喂水平。
- 在分娩期,用卡尺记录体况评分并尽可能提高分娩时处于理想体况的母猪数量。

妊娠前期

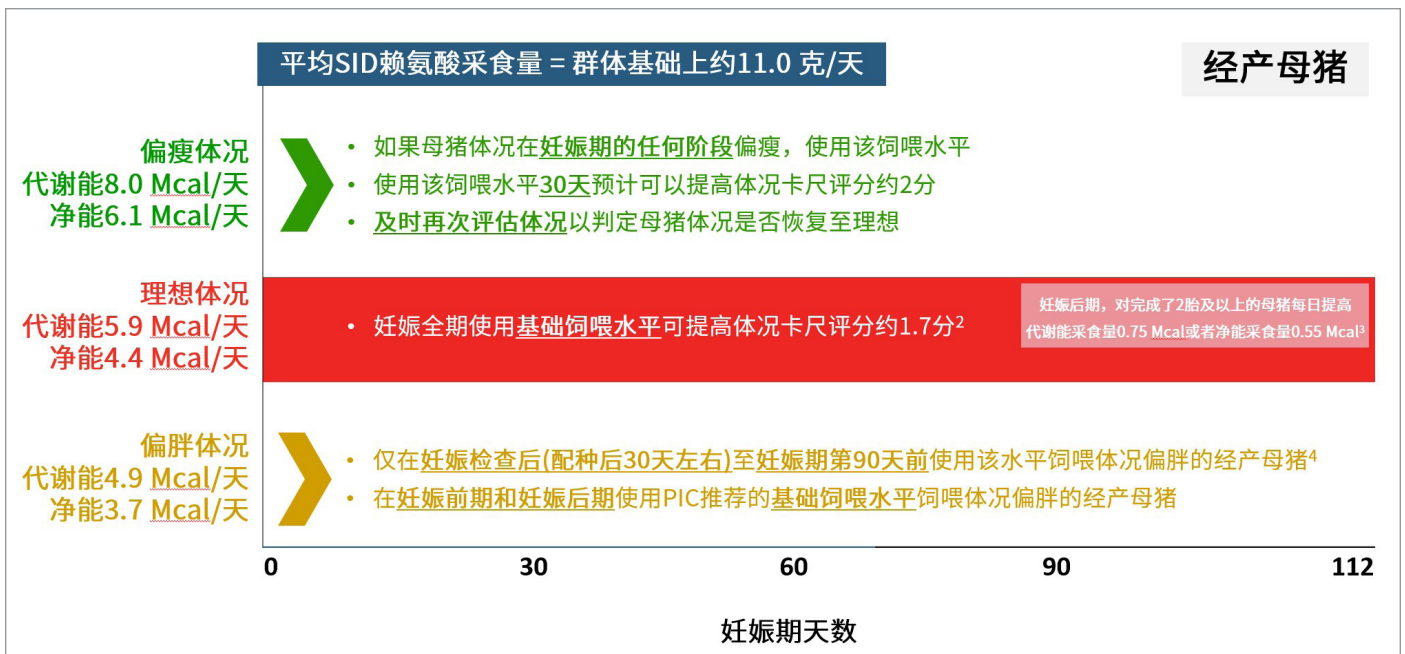
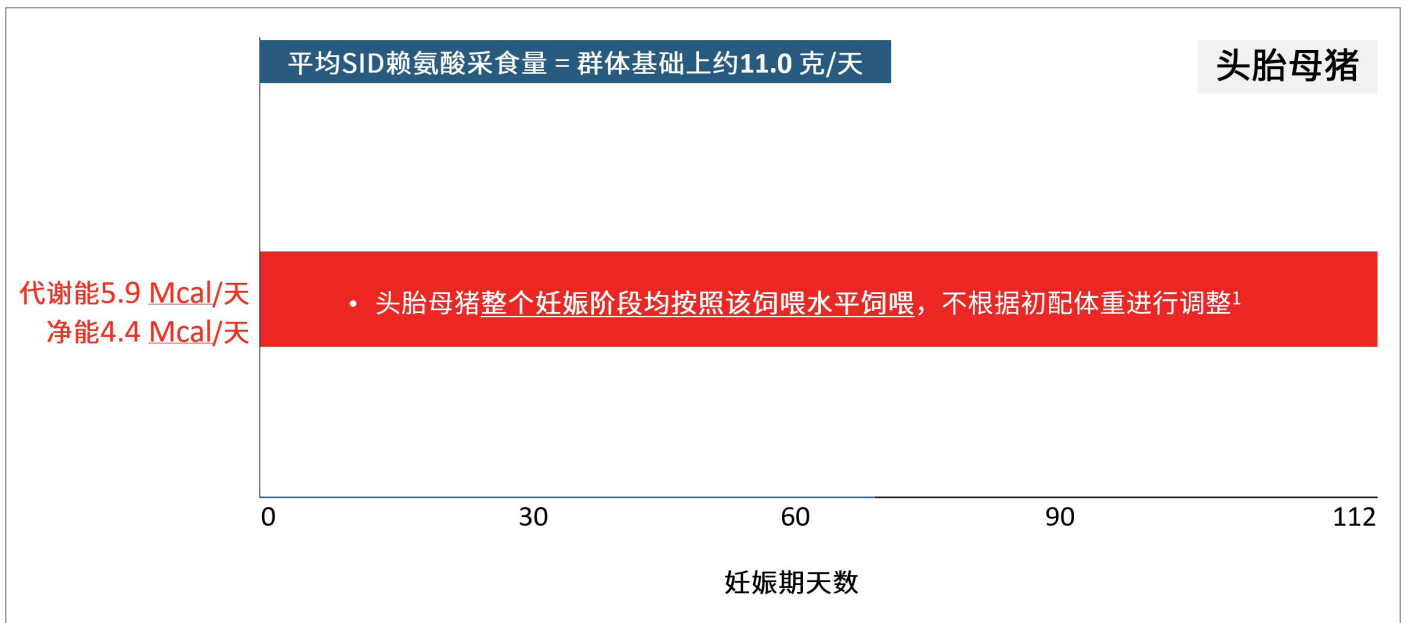
- 每日能量采食量需高于维持需要,但不超过维持需要的两倍或不超过10Mcal代谢能。
- 如果大栏饲养妊娠母猪并使用电子母猪饲喂系统,需在妊娠期饲喂的最初几天检查个体采食量,尤其是头胎和第二胎母猪。对使用大栏饲喂站系统的农场,需要在每天喂料时检查并标记每个栏中竞争力较低的母猪。
- 如果合栏后立即观察到母猪的攻击性行为,考虑每天提高饲喂水平最高至3kg/头,为期不超过5天。

妊娠后期

- 推荐使用体况卡尺评估母猪体况并依据母猪体况设置饲喂水平。如果在妊娠后期无法进行体况评估,则维持与前一妊娠阶段相同的饲喂水平。
- 考虑在妊娠后期对完成了2胎及以上的母猪提高每日代谢能采食量0.75 Mcal或者净能采食量0.55 Mcal。因为此阶段为母猪体重最大的阶段,需要提供更多的饲喂量以确保满足维持需要。

围产期

- 依照妊娠后期的饲喂水平,使用哺乳料进行饲喂。
- 有研究表明当助产受限时,在围产期提高饲喂频率可以降低死胎率。



¹ 除了初配体重之外，PIC同样不推荐在头胎母猪妊娠期间根据体况决定饲喂水平。

² 体况分数变化是基于均重为200 kg的母猪群的预测结果；母猪群均重每提高15 kg需要将基础饲喂水平提高100 g/天。预测所使用的回归公式来自于Knauer等(2020)的报告：每天体况卡尺分数变化 = $1.35 \times (\text{代谢能采食量, Mcal/d}) \div (\text{体重, kg})^{0.75} - 0.1332$ 。

³ 大部分完成2胎及以上的母猪的体重在200 kg以上，并且妊娠后期代表着母猪群体重最终的生产阶段。

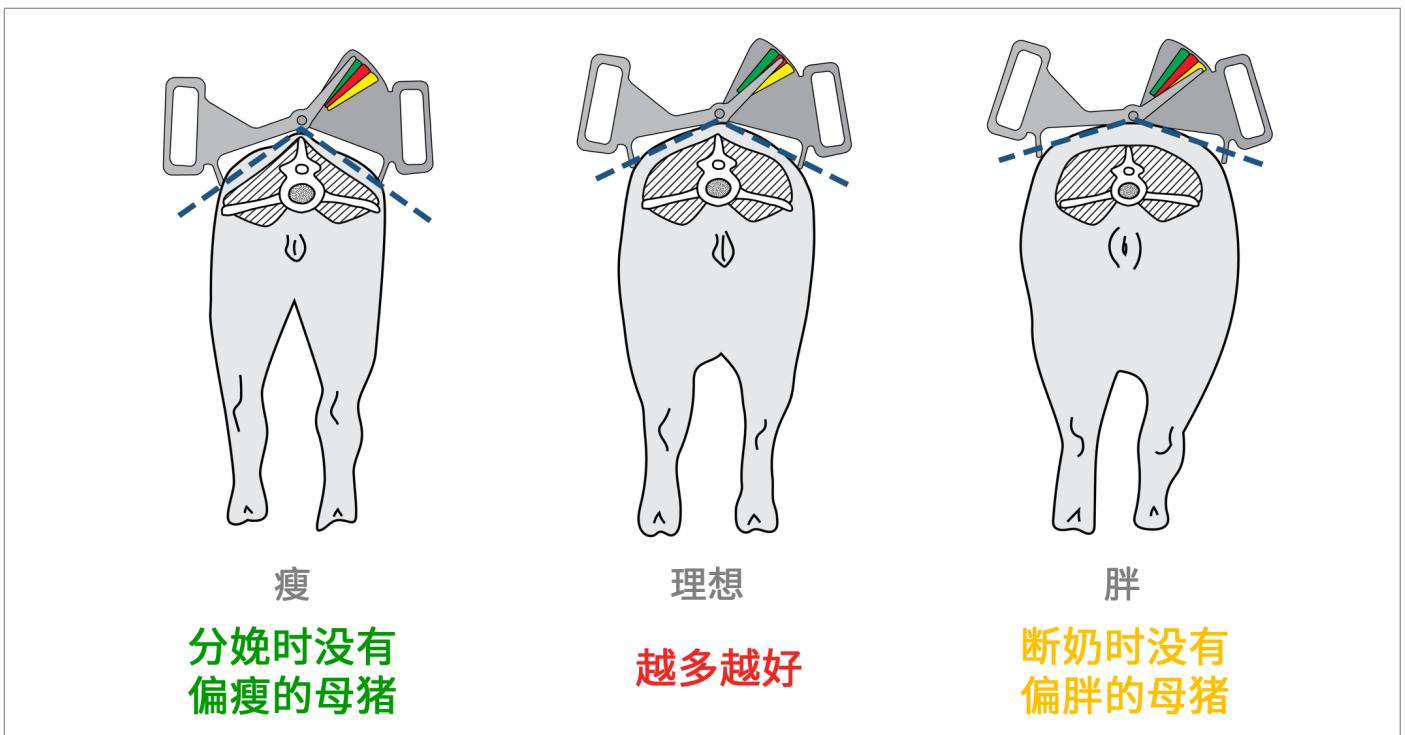
⁴ 在妊娠期期间对体况偏胖的经产母猪进行体况调整是非常困难的。

图H1. PIC头胎(上)和经产母猪(下)妊娠期饲喂推荐

母猪体况管理

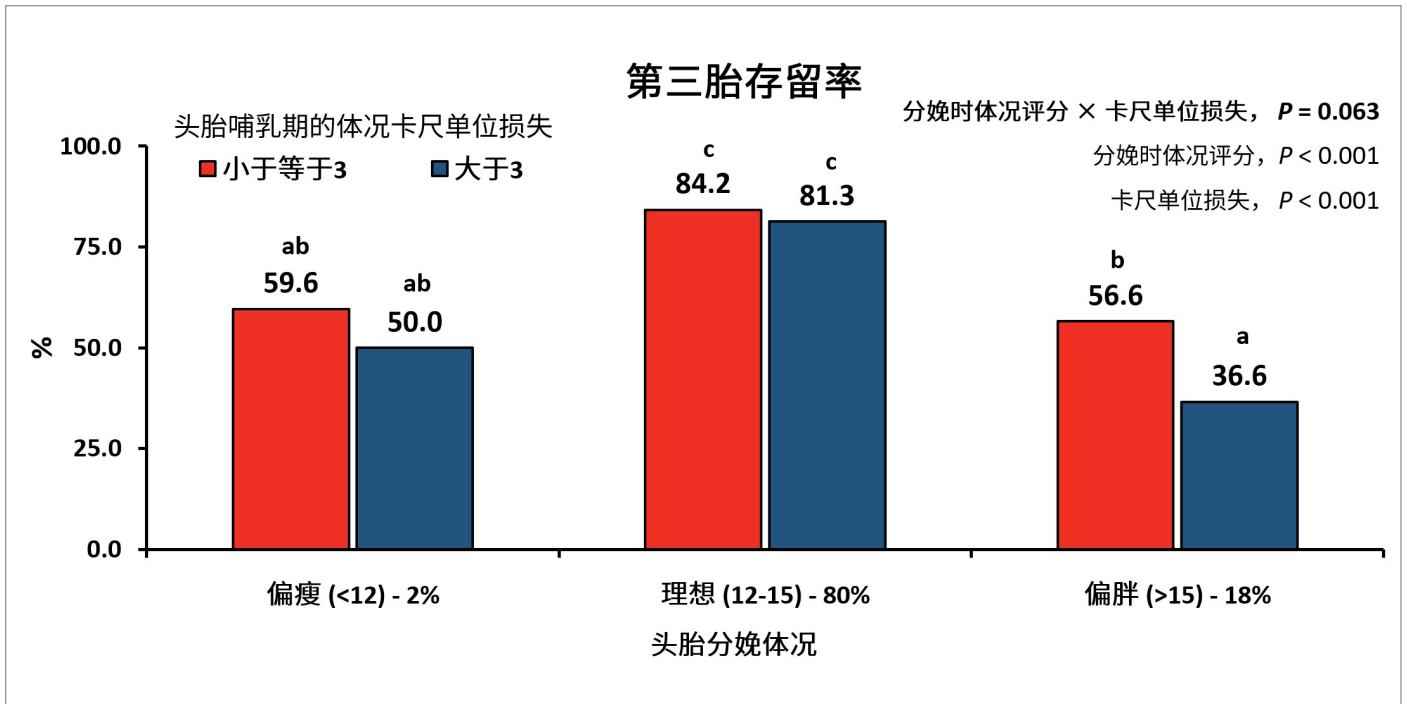
- 母猪的体况与后期的繁殖表现相关；
- 分娩时尽量减少偏瘦母猪数量，断奶时尽量减少偏肥母猪数量，并尽量增加处于理想体况的母猪数量；
- 将经产母猪体况作为妊娠期饲喂的参照指标
- PIC不推荐在头胎母猪妊娠期期间根据体况决定饲喂水平

正确管理体况是实现母猪场高生产力的一个关键点。体况管理目标是维持母猪的理想体况，并尽量避免分娩时出现体况偏瘦的母猪以及避免在断奶时出现体况偏胖的母猪(图H2)。对于头胎母猪，PIC不推荐在妊娠期期间根据体况决定饲喂水平，同时我们也想再次强调达到后备母猪初配目标的重要性(表G1)。对于经产母猪，虽然体况管理是取得成功的母猪饲喂的最关键因素之一，但在生产中需要至少一个完整的繁殖周期，最终通过哺乳期将母猪群的体况调整至理想范围。在执行PIC推荐的母猪饲喂程序时需要循序渐进的执行，避免妊娠期中体况在短期内发生较大的变化。评估母猪体况的方法包括视觉评分、背膘厚和母猪体况卡尺。其中，PIC建议使用体况卡尺评估母猪体况。[点击此处](#)获取最新更新的PIC母猪体况管理资料。



图H2. 使用母猪体况卡尺评估母猪体况

母猪在分娩时体况偏肥是PIC的技术服务团队在全球范围内最常发现的现象。从饲喂的角度来看，体况偏肥的母猪有更高的饲料成本，并且因为体况偏胖母猪的哺乳期表现较差从而会影响随后的繁殖性能。母猪在分娩体况过胖会导致哺乳期采食量偏低、体重损失增加、产乳量减少，并有可能导致仔猪的断奶体重偏低。偏胖母猪在哺乳期的能量负平衡很可能导致后续胎次产仔数的下降。此外，Huerta等(2021)发表的针对约4500头母猪的观察性研究表明，母猪头胎分娩时的体况和头胎哺乳期体况的变化与存留率相关(图H3)。与偏瘦和偏肥的母猪相比，头胎分娩时处于理想体况的母猪表现出更高的第三胎留存率(完成3个胎次生产的母猪占完成头胎生产的母猪的比例)。同时，随着哺乳期体况损失程度的加剧，偏肥母猪的留存率进一步下降。在该研究的数据中约60%的头胎母猪在哺乳期损失了至少3个体况卡尺单位。这强调了正确保持头胎母猪和经产母猪理想体况对最大化繁殖性能和降低饲料成本的重要性。

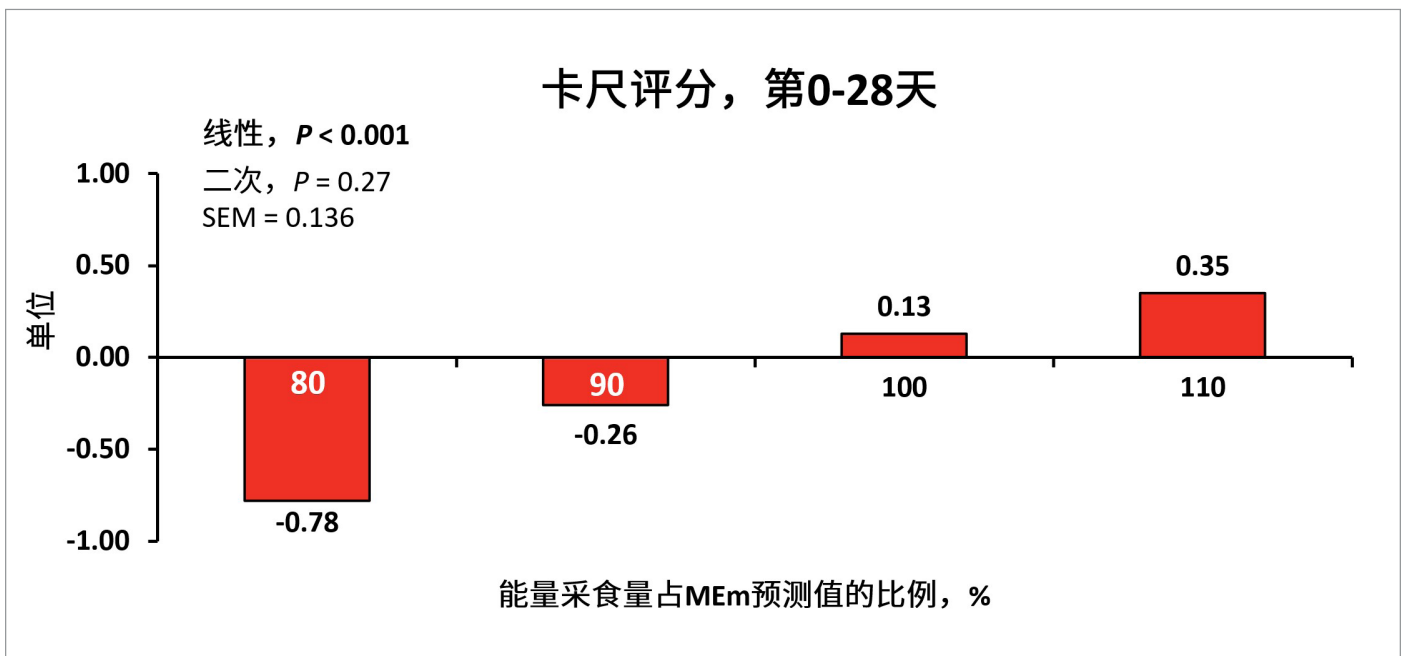
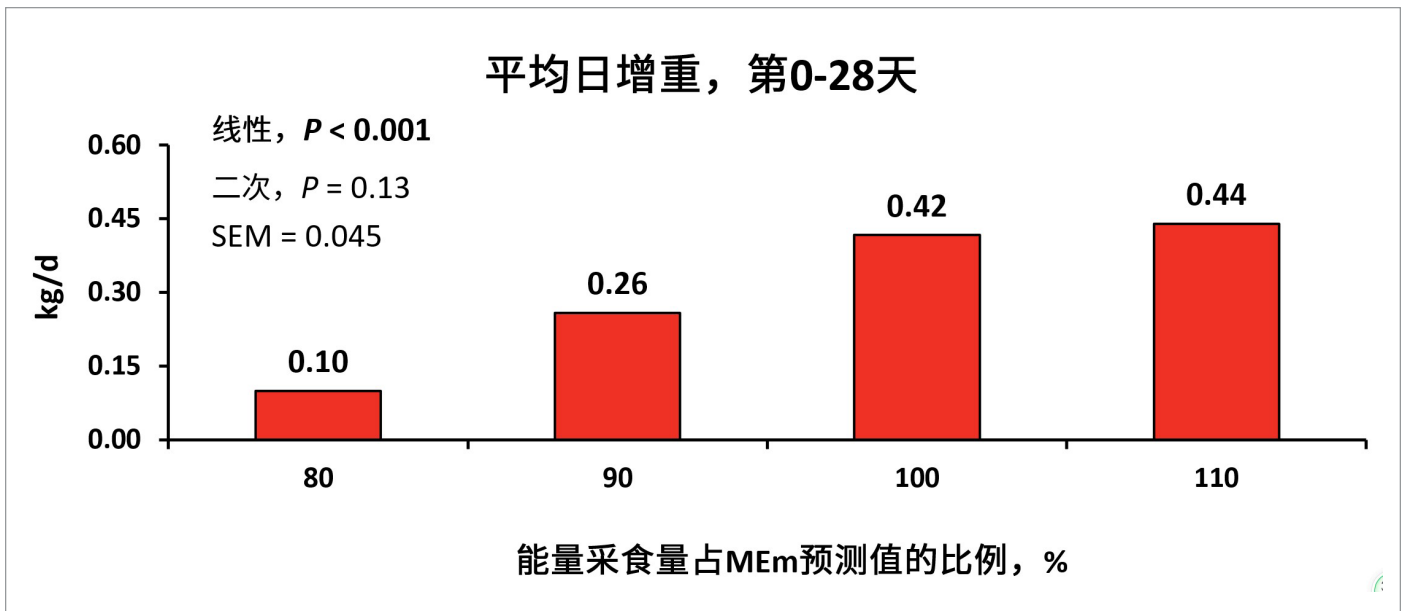


a, b, c 条柱无相同上标表示差异显著, $P < 0.10$ 。

图H3. 头胎分娩时的体况和头胎哺乳期的体况变化对第三胎存留率的影响 (Huerta等, 2021)。

PIC母系猪的育种目标是与时俱进的, 其中除了选育繁殖性状外, 还包括约40%的选育性状与终端公猪相同, 例如生长育肥期的存活率和抗逆性、生长效率和胴体性状。因此, 现代化的PIC 康贝尔母猪比过去更高效。

最近的一项研究评估了NRC (2012) 模型在预测妊娠中期PIC母猪的标准维持代谢能 (ME_m) 需要量 (Knauer等, 2020)。这项研究根据NRC (2012) 公式: $ME_m, \text{Kcal/d} = 100 \times (\text{体重, kg})^{0.75}$, 将200头PIC康贝尔母猪分配到4个不同的饲喂水平, 分别为80、90、100或110%的 ME_m 。该研究在母猪配种后的第36至第46天开始试验, 以代谢能和SID赖氨酸水平分别为3302 Kcal/kg和0.61%的玉米-豆粕日粮连续饲喂28天。试验结果表明, 用于维持体重和维持母猪体况卡尺的标准维持代谢能分别为低于80%和98.7%的NRC (2012) ME_m 预测值 (图H4)。在本试验中所有试验组的母猪均取得了体重增加, 但考虑到妊娠期第40至第60天是胚胎液开始大量蓄积的阶段, 这有可能会干扰增重的结果 (Bazer等, 2012)。而分析母猪体况卡尺的结果发现, NRC (2012) 模型在妊娠中期仅略微高估了康贝尔母猪的 ME_m 需求。该试验数据被用于建立本手册中的头胎和经产母猪妊娠期推荐饲喂程序。



图H4. 根据NRC (2012) 公式: $ME_m, \text{Kcal/d} = 100 \times (\text{体重, kg})^{0.75}$, 使用80%、90%、100%或110% ME_m 的饲喂水平对母猪平均日增重(上)和体况卡尺评分(下)的影响, 试验开始于妊娠期第36至第46天之间并持续28天 (Knauer等, 2020)

娠前期的饲喂

- 每日能量采食量需高于维持需要；
- 每日能量采食量不超过维持需要的两倍或不超过10Mcal代谢能。

早期的试验表明,配种后母猪的采食量提高与胚胎存活率降低存在相关性,因此需要限制母猪配种后的采食量(Jindal等,1996)。然而,最近的研究显示妊娠前期限饲会导致胚胎存活率和总产仔数降低(Athorn等,2013;Langendijk等,2017)。Mallmann等(2020)发现,在妊娠期第6至30天采取中等饲喂水平(代谢能分别为5.7Mcal/d和7.8Mcal/d;分别占每日维持代谢能需要量的108%和150%)改善了体况偏瘦的第二胎母猪的总产仔数;但是代谢能采食量超过10Mcal/d会导致头胎母猪和经产母猪的生产力下降。请见表H1总结了妊娠前期饲喂水平对繁殖性能的影响。

表H1. 妊娠前期饲喂水平对头胎和经产母猪胚胎存活率,血浆孕酮水平,以及总产仔数的影响

| 参考文献 | 妊娠天数, d | 配种体重 kg | ME _m ' Mcal/d | 饲喂水平 kg/d | | 占ME _m 的比例 | | 指标差异的百分比, % (处理组与对照组比较) | | |
|--------------------------------|---------|---------|--------------------------|-----------|------|----------------------|-----|-------------------------|-------|------|
| | | | | 对照 | 处理 | 对照 | 处理 | 胚胎存活率 | 分娩率 | 总产仔数 |
| Jindal等, 1996 ^a | 1 – 15 | 116 | 3.52 | 1.91 | 2.59 | 146 | 200 | -17.9 | — | — |
| Wu等, 2009 ^a | 1 – 35 | — | — | — | — | 120 | 200 | -18.7 | — | — |
| Athorn等, 2013 ^a | 0 – 10 | 126 | 3.76 | 1.50 | 2.81 | 115 | 215 | 19.5 | — | — |
| Langendijk等, 2015 ^a | 10 – 11 | 103 | 3.22 | 0.00 | 2.49 | 0 | 223 | — | — | 23.9 |
| Virolainen等, 2005 ^b | 1 – 35 | 252 | 6.32 | 2.00 | 3.99 | 89 | 179 | -34.8 | — | — |
| Hoving, 2012 ^b | 3 – 35 | 170 | 4.71 | 2.49 | 3.31 | 165 | 215 | — | -14.7 | 15.2 |
| Mallmann等, 2020 ^b | 6 – 30 | 197 | 5.26 | 1.81 | 2.49 | 108 | 150 | — | 0.9 | 0.0 |
| Mallmann等, 2020 ^b | 6 – 30 | 197 | 5.26 | 1.81 | 3.22 | 108 | 192 | — | -7.1 | -7.5 |
| Ribas等, 2022 ^{b,c} | 5 – 30 | 213 | 5.58 | 1.59 | 2.81 | 85 | 150 | — | -8.4 | 1.9 |
| Ribas等, 2022 ^b | 5 – 30 | 200 | 5.31 | 1.81 | 2.72 | 100 | 175 | — | 2.0 | 0.7 |
| Lu等, 2022 ^b | 6 – 30 | 216 | 5.65 | 1.59 | 3.22 | 85 | 175 | — | 4.4 | -2.5 |

^a 该试验仅使用了头胎母猪。

^b 该试验仅使用了经产母猪。

^c 该试验使用了终端父系经产母猪。

如果大栏饲养妊娠母猪并使用电子母猪饲喂系统,需在妊娠期饲喂的最初几天检查个体采食量,尤其是头胎和第二胎母猪。同样,对使用大栏饲喂站系统饲养妊娠母猪的猪场,需要在每天喂料时检查并标记每个栏中竞争力较低的母猪。如果在合栏后立即观察到母猪得攻击性行为,考虑每天提高饲喂水平最高至3 kg/头。有研究表明母猪的攻击性行为在合栏几天以后会降低。因此需要注意饲喂水平提高不超过5天以避免导致母猪过肥。

妊娠后期饲喂

- 与妊娠期其他阶段相同,根据体况调整饲喂水平;
- 如果因各种原因无法进行体况测定,需维持前一妊娠阶段的饲喂水平。

NRC (2012) 建议,当总产仔数每增加1头,需分别提高妊娠期第1到90天以及第90到114天的每日SID赖氨酸需要量约0.10g和0.35g。因此,妊娠母猪的赖氨酸需要量与上一版的营养手册推荐相比变化较小,无需进行大幅更新。近年来的多项研究都表明提高妊娠期饲喂水平并未提高头胎和经产母猪的繁殖性能(Ampaire和Levesque, 2016; Buis等, 2016; Gonçalves等, 2016b; Greiner等, 2016; Mallmann等, 2019)。这可能说明,即妊娠期的营养需要量发生了变化,母猪仍能在相对较大的营养水平范围内调动身体组织。因此,根据大多数生产系统中的实际情况,当母猪的体况理想时,饲喂单一妊娠期饲料并对体况理想的母猪使用固定的饲喂水平具有简化猪场管理的优势。

表H2和H3总结了评估提高头胎或经产母猪妊娠后期饲喂水平的研究。数据显示,为头胎和经产母猪在妊娠后期每日饲喂量提高1kg会导致分娩时的体重分别增加约7.7kg和8.9kg。攻胎补饲对头胎母猪仔猪初生重的改善效果有限(12.0g);而对于经产母猪的仔猪初生重几乎没有影响(-1.3g)。

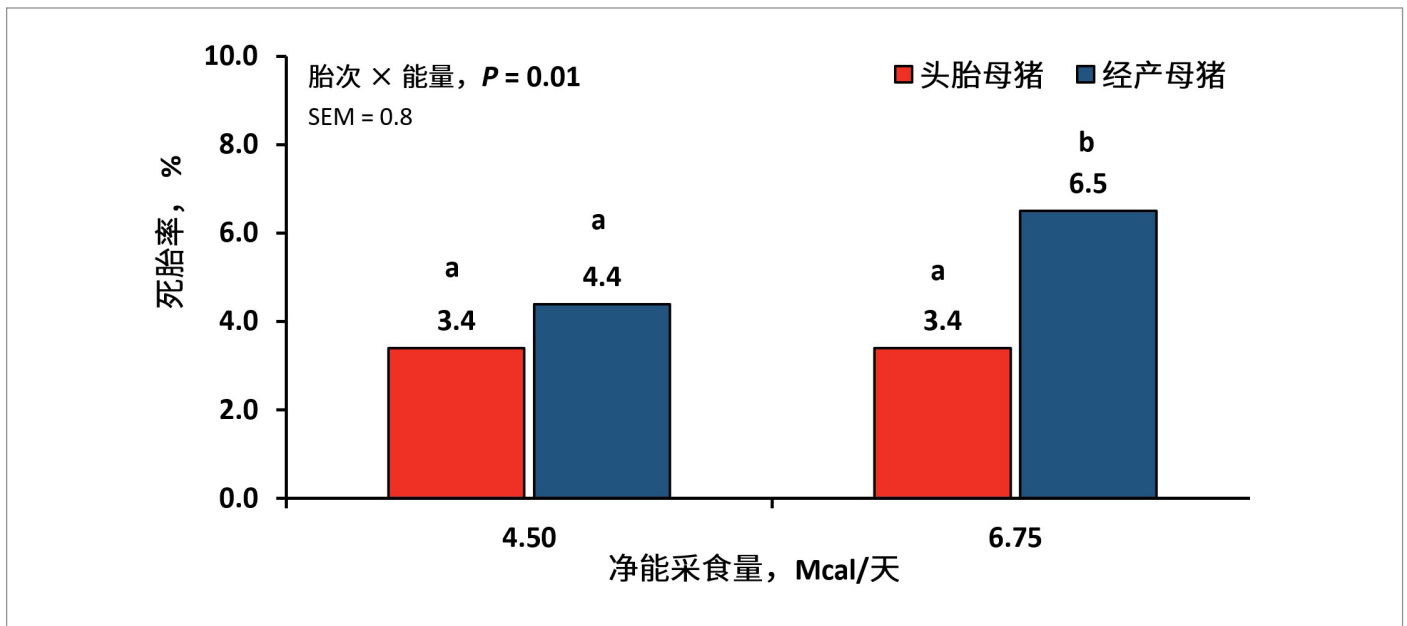
表H2. 提高头胎母猪妊娠后期饲喂水平对母猪体重和仔猪初生重的影响

| 参考文献 | 试验开始妊娠天数 | 样本量n | 总产仔数n | 对照组摄入量 | | 处理组摄入量 | | 每千克补饲致母猪体重的增加, kg | 仔猪初生重变化, g |
|-------------------------|----------|------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------------|------------------|
| | | | | 代谢能 Mcal/d | SID 赖氨酸 g/d | 代谢能 Mcal/d | SID 赖氨酸 g/d | | |
| Shelton等, 2009 | 90 | 21 | 14.3 | 6.8 | 11.9 | 9.8 | 17.1 | 6.6 | 86 |
| Soto等, 2011 | 100 | 24 | 12.5 | 7.0 | 9.87 | 12.9 | 18.2 | NR | 126 |
| Goncalves等, 2016 | 90 | 371 | 14.2 | 5.9 | 10.7 | 8.9 | 10.7 | 5.6 | 24 |
| Goncalves等, 2016 | 90 | 371 | 14.2 | 5.9 | 20.0 | 8.9 | 20.0 | 9.1 | 28 |
| Greiner等, 2016 | 100 | 65 | 13.4 | 5.9 | 9.0 | 8.8 | 14.0 | NR | -120 |
| Ampaire和 Levesque, 2016 | 90 | 17 | 13.4 | 7.2 | 12.3 | 8.6 | 14.5 | 24 | -10 |
| Mallmann等, 2018 | 90 | 50 | 14.4 | 5.9 | 11.7 | 7.2 | 14.3 | 6.5 | 6 |
| Mallmann等, 2019 | 90 | 243 | 14.1 | 5.9 | 11.5 | 7.6 | 14.7 | 6.4 | 26 |
| Mallmann等, 2019 | 90 | 242 | 14.3 | 5.9 | 11.5 | 9.2 | 17.9 | 8.8 | -1 |
| Mallmann等, 2019 | 90 | 246 | 14.3 | 5.9 | 11.5 | 10.9 | 21.1 | 7.9 | -11 |
| 加权平均 | --- | --- | 13.9 | 6.0 | 12.0 | 9.3 | 16.3 | 7.7 ± 2.4 | 12 ± 36.1 |

表H3. 提高经产母猪妊娠后期饲喂水平对母猪体重和仔猪初生重的影响

| 参考文献 | 试验开始妊娠天数 | 样本量n | 总产仔数n | 对照组摄入量 | | 处理组摄入量 | | 每千克补饲致母猪体重的增加, kg | 仔猪初生重变化, g |
|------------------|----------|------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------------|--------------------|
| | | | | 代谢能 Mcal/d | SID 赖氨酸 g/d | 代谢能 Mcal/d | SID 赖氨酸 g/d | | |
| Shelton等, 2009 | 90 | 32 | 12.4 | 7.9 | 11.9 | 11.4 | 19.9 | 4.9 | -109 |
| Soto等, 2011 | 100 | 51 | 12.9 | 7.9 | 11.2 | 13.9 | 19.5 | NR | -69 |
| Goncalves等, 2016 | 90 | 181 | 15.1 | 5.9 | 10.7 | 8.9 | 10.7 | 9.0 | 47 |
| Goncalves等, 2016 | 90 | 181 | 15.3 | 5.9 | 20.0 | 8.9 | 20.0 | 10.8 | 19 |
| Greiner等, 2016 | 95 | 128 | 14.7 | 5.9 | 9.0 | 8.8 | 14.0 | 7.1 | -40 |
| Mallmann等, 2018 | 90 | 221 | 15.4 | 5.9 | 11.7 | 7.2 | 14.3 | 9.0 | -4 |
| 加权平均 | --- | --- | 14.3 | 6.6 | 12.4 | 9.9 | 16.4 | 8.9 ± 1.6 | -1.3 ± 44.2 |

PIC2016营养手册中不再建议攻胎补饲母猪,但头胎母猪除外。Goncalves等(2016)报道,攻胎补饲经产母猪对仔猪初生重的改善作用很小,但会造成死胎率增加2.1%。但是在同一个试验中攻胎补饲头胎母猪却未观察到死胎率增加的现象(图H5)。此外,增加能量摄入量是促进PIC仔猪初生重少量增长的驱动因素,而不是增加氨基酸的摄入量(Goncalves等, 2016)。



图H5. 攻胎补饲造成经产母猪的死胎率增加2.1%，但未影响头胎母猪的死胎率 (Gonçalves等, 2016)。

最近一项使用了977头体况得分为2.5-4.5的头胎母猪的试验报道，从妊娠期第90天至分娩提高每日采食量(1.8、2.3、2.8和3.3kg/d;日粮净能水平为2.50Mcal/kg, SID赖氨酸水平为0.64%)小幅提高了活产仔猪的初生重(Mallmann等, 2019)。然而，在该试验中妊娠后期每日采食量超过1.8kg/d会导致死胎率显著提高(表H4)。该试验还显示，母猪的初乳产量和哺乳期自由采食量随着妊娠后期采食量的增加而降低，而哺乳期体重损失程度提高(线性, $P < 0.05$)。

表H4. 生产条件下妊娠期最后三分之一阶段提高饲喂水平对头胎母猪哺乳期表现的影响¹

| 项目 | 饲喂水平, kg/d | | | | SEM | Probability, $P =$ | |
|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------|--------------------|-------|
| | 1.8 | 2.3 | 2.8 | 3.3 | | 线性 | 二次 |
| 死胎率, % ² | 3.4 ^a | 4.6 ^b | 5.5 ^b | 4.2 ^b | 0.52 | -- | -- |
| 初乳产量, kg ³ | 3.6 | 3.5 | 3.3 | 3.2 | 0.26 | 0.016 | 0.703 |
| 哺乳期自由采食量, kg/d ³ | 4.2 | 4.1 | 3.8 | 3.9 | 0.23 | 0.001 | 0.165 |
| 哺乳期体重变化, % ³ | -8.1 | -9.3 | -11.3 | -10.4 | 0.75 | <0.001 | 0.169 |

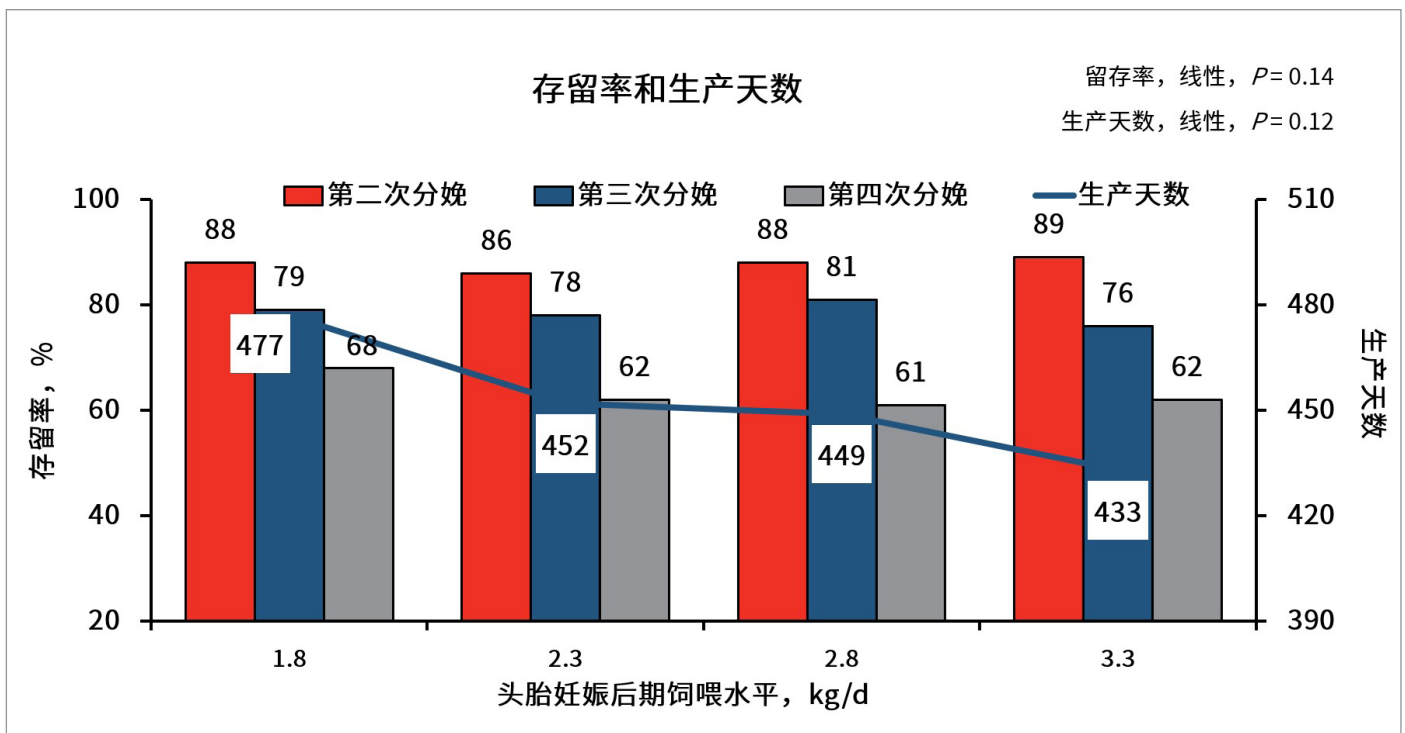
¹ 共用977头母猪(长白×大白)，其中244、242、241和250头母猪分别用于1.8、2.3、2.8和3.3kg/d的试验组。
本表数据源自Mallmann等, 2019。

² 使用非参数分析。

³ 共用245只母猪(长白×大白)，其中61、66、55和63头母猪分别用于1.8、2.3、2.8和3.3kg/d的试验组。

^{a,b} 同一行不同上标的差异显著 ($P < 0.05$)

该试验的作者持续跟踪试验母猪至第四次分娩(图H6)。在头胎妊娠期第90天后提高饲喂水平在数值上降低了母猪完成第四胎时的留存率，并减少了生产天数。因此，提高头胎母猪妊娠后期的饲喂水平可能会导致早期淘汰率增加，对经产母猪的寿命产生负面影响(源自Mallmann等, 2019)。



图H6. 头胎妊娠期最后三分之一阶段提高饲喂水平对后续胎次的留存率和淘汰天数的影响

如今, PIC不建议对头胎或经产母猪攻胎补饲, 除非母猪在妊娠期第90天时体况卡尺读数显示过瘦。因为妊娠后期提高饲喂水平对仔猪初生体重的改善幅度非常有限。从实际生产的角度出发, 与攻胎补饲对死胎率、哺乳期采食量和母猪留存率的负面影响相比, 这种改善的意义不大 (Gonçalves等, 2016; Mallmann等, 2018, 2019)。PIC与全球各大高校和生产体系一道, 将持续关注当产仔数和仔猪初生重发生变化后母猪营养需要量的变化。

对不同体重的头胎和经产母猪妊娠期饲喂水平的评估

现代母系母猪的生长速度和效率在过去的数年中得到了很好的改良。这些遗传上的改良产生的直接结果就是现代的头胎和经产母猪变得越来越大, 越来越重, 同时也需要更多的每日能量采食量以满足维持需要。通过地磅称重, 我们获得了来自两个母猪群的6859头次的PIC®康贝尔头胎和经产母猪在配种/妊娠期第4天是和妊娠期第112天时的体重信息。并且假设妊娠期的总增重中有30%来自于配种至妊娠期第60天, 另外70%的总增重来自于妊娠期第61天至112天。

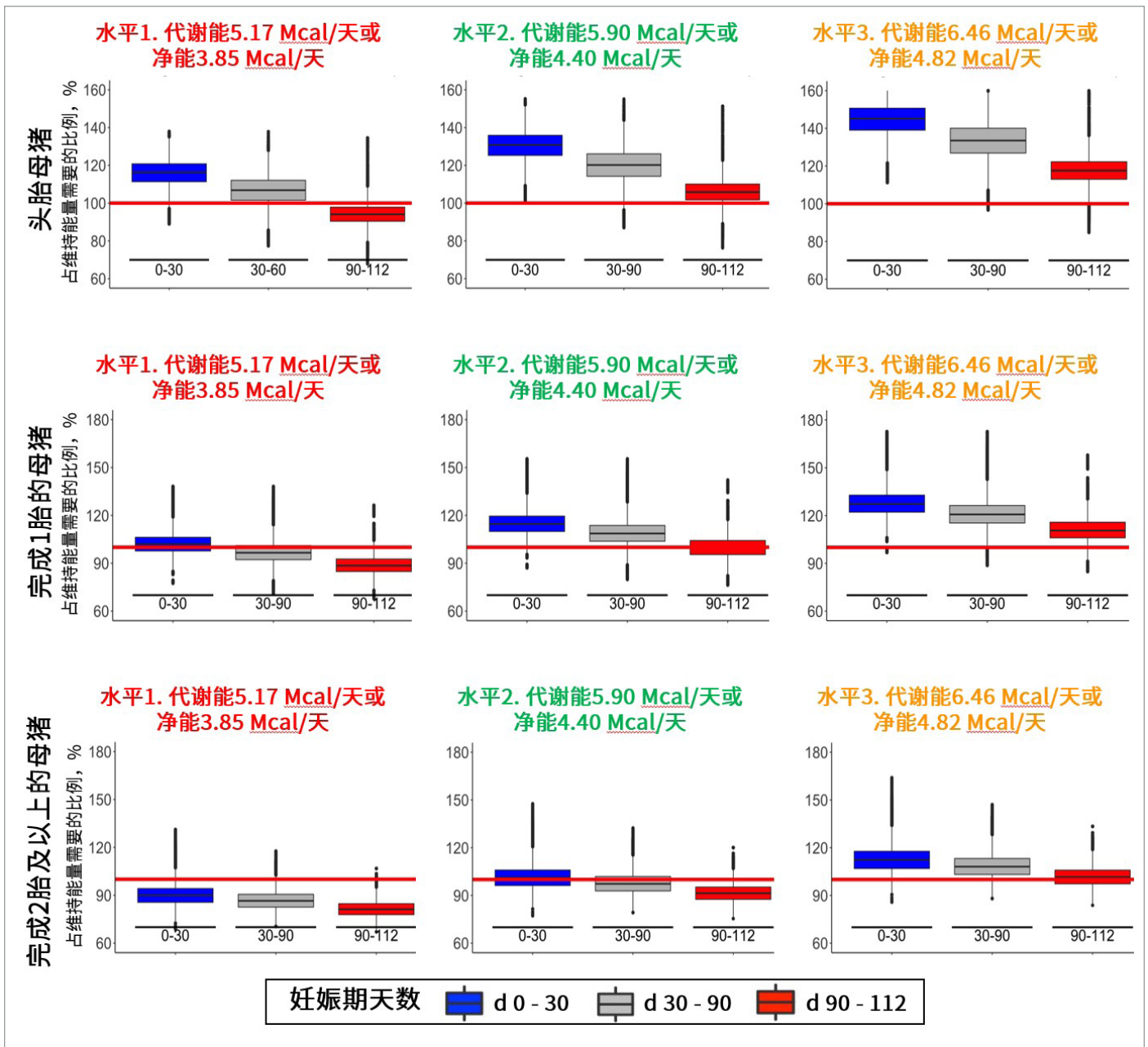
通过利用这些收集到的体重信息, 我们估测了如果在整个妊娠期中3个不同的每日能量采食水平 (水平1. 代谢能5.17 Mcal/天或净能3.85 Mcal/天; 水平2. 代谢能5.90 Mcal/天或净能4.40 Mcal/天; 水平3. 代谢能6.46 Mcal/天或净能4.82 Mcal/天) 占不同体重母猪的每日维持能量需要量的相对比例 (图H7; Vier等, 2022)。

使用水平1的每日能量采食水平会造成头胎母猪的每日能量采食量在妊娠期的第90至112天低于维持能量需要, 完成了1胎的母猪的每日能量采食量在妊娠期的第30至112天低于维持能量需要, 以及完成了2胎及以上的母猪的每日能量采食量在整个妊娠期都低于维持能量需要。

使用水平2的每日能量采食水平会造成极少部分的头胎母猪, 约一半的完成了1胎的母猪, 以及所有的完成了2胎及以上的母猪的每日能量采食量在妊娠期的第90至112天低于维持能量需要。

使用水平3的每日能量采食水平时, 所有的头胎母猪和完成了1胎的母猪在整个妊娠期的每日能量采食量均高于维持能量需要, 仅有约四分之一的完成了2胎及以上的母猪的每日能量采食量在妊娠期的第90至112天低于维持能量需要。

因此, PIC推荐在妊娠后期对完成了2胎及以上的母猪提高代谢能采食量0.75Mcal/天或者净能采食量0.55Mcal/天 (图H1)。



水平方向的红线代表100%满足维持能量需要;因此高于或者低于这条红线的头胎或者经产母猪观察值意味着它们的每日能量采食量分别高于或者低于维持能量需要。

图H7. 以体重为基础,对三种能量采食水平在头胎母猪(上),完成1胎的母猪(中),完成2胎及以上的母猪(下)整个妊娠期中的评估

围产期饲喂

- 可使用哺乳料依照妊娠后期的饲喂水平饲喂围产期母猪。
- 在围产期提高饲喂频率
 - 可在助产受限的情况下可以降低死胎率。
 - 可能有改善断奶前存活率的作用。

围产期(分娩前三天到分娩后三天)的饲喂管理愈加受到全球研究者的关注(Cools等,2014;Decaluwé等,2014)。长期以来,围产期的推荐饲喂水平一直很低。Cools等(2014)表明,分娩前自由采食可以改善体况良好母猪的断奶重和仔猪的生长速度,但对偏肥母猪却会产生负面影响。在此期间提高饲喂水平会改善哺乳期采食量并减少体储的消耗(Cools等,2014;Decaluwé等,2014)。另外,有研究报告在分娩前提高饲喂水平对初乳产量和营养成分也有改善(Decaluwé等,2014)。

据Feyera等(2018)观察,母猪如果在分娩开始前3小时内可以采食饲料,其产程将缩短,产生这种现象的原因推测可能是因为更充足能量供应。作者还观察到,母猪如果在分娩开始前3小时内采食饲料,其死胎率也会降低。Gourley等(2020a)报道,在分娩的前3或前8天,增加SID赖氨酸和能量的采食量可提高头胎和经产母猪的增重,同时提高头胎母猪的活仔初生重。然而,如果在母猪分娩前较长时间(8天)饲喂含较高水平赖氨酸和能量的日粮,仔猪从出生后第2天至断奶的增重减少。Harper等(2021)报道,从妊娠期第112天到分娩前以1.8kg/d、2.7kg/d或自由采食饲喂母猪对死胎率无显著影响。一些兽医和营养学家推测,当猪群中存在过多偏肥母猪和需要助产的母猪时,在分娩前自由采食可能会增加子宫和直肠脱垂的风险。Almond等(2006)推测偏肥的母猪可能出现子宫肌张力不足和难产率增加。这也是我们提醒不要在分娩前过早或让偏肥猪群自由采食的另一个原因。

除了提高饲喂水平外,有研究报告报道在围产期中提高母猪的饲喂频率可以改善仔猪断奶前的存活率(Gourley等,2020b),并在助产条件有限时降低死胎率(Miller和Kellner,2020)。

PIC母猪动态饲喂程序

PIC母猪高产高效——饲喂不足或饲喂过多均会导致母猪和仔猪的生产性能下降。体况管理成为成功的母猪群的关键,因此母猪体况应指导饲喂程序。PIC基于对大规模商业试验的研究,对妊娠期、围产期、哺乳期以及断奶至发情间隔期母猪的营养和饲喂作出建议。PIC母猪动态饲喂程序工具的动态饲喂计划为饲喂现代高产的头胎和经产母猪提供推荐,以最大化提高母猪终生生产成绩并优化猪群盈利能力。该工具对用户友好,操作时仅需输入简单信息,包括用户的繁殖性能参数,当前饲喂程序,以及日粮能量水平和赖氨酸浓度。PIC开发该工具是为了帮助生产经理、技术服务顾问和营养师:

1. 用现有日粮为头胎和经产母猪量身定制饲喂计划。
2. 评估PIC的日粮营养建议。
3. 比较每年每头经产母猪节省饲料的机会和产仔数。

[点击此处](#)通过计算机、智能手机或平板电脑访问此应用程序。

章节I 哺乳母猪

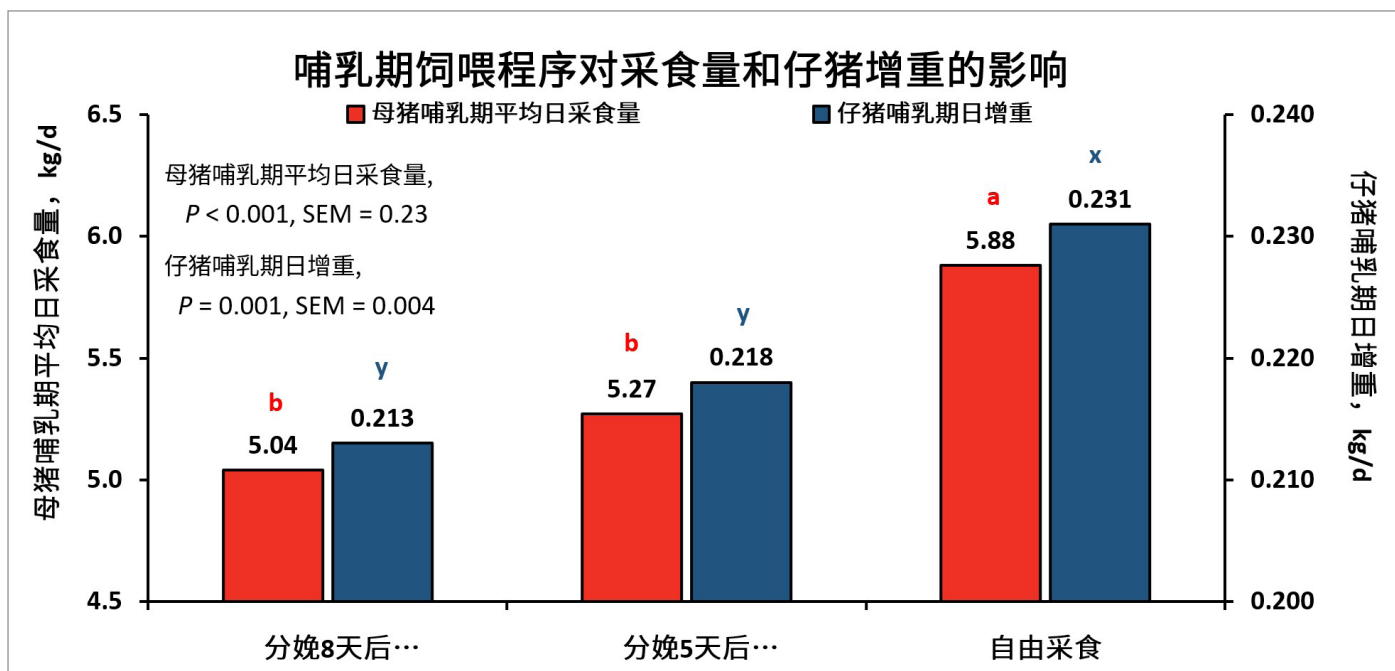


哺乳期营养和饲喂的目标是确保母猪每日摄入充足的能量和营养物质以实现窝产性能最大化, 尽量减少母猪的体重损失, 并改善后续胎次的繁殖性能。

- 实现哺乳期母猪采食量最大化至关重要。
- 使母猪保持理想体况, 在舒适的产房环境中分娩, 并供应充足的饲料和水, 均有助于最大限度地提高其繁殖性能。
- 哺乳期日粮的氨基酸水平取决于仔猪的生长速度和母猪群的平均采食量。

饲喂计划

与哺乳前期限饲并逐步提高饲喂水平的饲喂程序相比,从分娩当天起实施自由采食可提高哺乳期母猪的采食量和产奶量,以及仔猪断奶重(图I1),同时减少哺乳期体重损失。分娩后前5到8天限饲会降低总产奶量(PIC内部数据;Sulabo等,2010)。



^{a,b} 上标字母不同表示哺乳期母猪的日均采食量(ADFI)差异显著, $P < 0.05$ 。

^{x,y} 上标字母不同表示仔猪的日增重差异显著, $P < 0.05$ 。

¹ 分娩8天后开始自由采食:每天的饲喂量从分娩当天的1.8kg逐渐增加至分娩8天后自由采食;分娩5天后开始自由采食:每天的饲喂量从分娩当天的1.8kg逐渐增加至分娩5天后自由采食;自由采食:从分娩当天到断奶期间自由采食。

图I1. 不同哺乳期饲养策略对母猪哺乳期采食量和仔猪日增重的影响(PIC内部数据)¹

高哺乳期采食量可减少母猪体重损失,增加仔猪日增重,并减少断奶至发情期间隔(表I1)。

表I1. 哺乳期采食量对母猪断奶至发情间隔、哺乳期体重损失和仔猪日增重的影响(PIC内部数据)

| 哺乳期采食量, kg | SID1赖氨酸采食量, g/d | 哺乳期母猪体重变化, kg | 哺乳期母猪体重变化, % | 仔猪日增重, kg | 断奶到发情间隔, 天 |
|------------|-----------------|---------------|--------------|-----------|------------|
| 3.18 | 31.5 | -26.30 | -5.10 | 0.222 | 6.3 |
| 4.08 | 42.0 | -22.90 | -4.81 | 0.231 | 5.0 |
| 4.99 | 52.5 | -5.80 | -1.04 | 0.249 | 4.4 |
| 5.90 | 63.0 | 8.80 | 2.06 | 0.249 | 4.4 |
| 6.80 | 73.5 | 24.90 | 5.41 | 0.249 | 4.2 |
| 8.16 | 84.0 | 29.70 | 6.57 | 0.259 | 4.4 |
| 9.07 | 94.5 | 26.70 | 5.57 | 0.272 | 4.3 |

¹ SID = 标准回肠可消化赖氨酸。

哺乳期采食量的影响因素

影响哺乳期采食量的因素包括：

- 环境
 - 环境温度
 - 空气流速
 - 蒸发制冷
 - 湿度
 - 通风率
- 设施设备
 - 水流量
 - 料槽设计
 - 自动下料vs手动喂料
 - 地板表面
 - 栏位设计
- 妊娠期采食量
 - 分娩时体况
- 母猪相关因素
 - 哺乳期长短
 - 窝产仔数
 - 遗传
 - 胎次
 - 疾病
- 管理
 - 饮水供应
 - 饲喂频率
 - 饲喂量
 - 饲料新鲜度
 - 料槽调整

使母猪保持理想体况，在舒适的产房环境中分娩，并供应充足的饲料和水，均有助于最大限度地提高其繁殖性能。

氨基酸需求

持续的遗传改良提高PIC母猪的产仔数和产奶量，进而影响了哺乳期母猪的氨基酸需要量。一项针对1000头PIC头胎母猪的试验表明，提高母猪日粮中的SID赖氨酸水平提高了（线性， $P=0.06$ ）仔猪日增重，且当每日的SID赖氨酸摄入量从42g增加到59g时获得了最大幅度的改善（Bruder等，2018；图12）。增加哺乳期头胎和经产母猪的每日SID赖氨酸摄入量，有提高（线性， $P=0.10$ ）仔猪日增重的趋势，当每日的SID赖氨酸摄入量从43g增加到57g时，获得最大幅度改善（Graham等，2018年；图13）。最近一项针对超过600头经产母猪（PIC Camborough）的试验（Silva等，2020）发现，将哺乳期SID赖氨酸水平从0.75%提高到1.00%可以增加断奶仔猪体重和仔猪日增重（线性， $P<0.05$ ），这种改善与日粮能量水平无关（代谢能水平为3.2或3.4Mcal/kg）。根据上述试验的数据，PIC推荐经产母猪每天摄入56.5gSID赖氨酸，头胎母猪每天摄入59.0gSID赖氨酸（如果头胎和经产母猪公用同一哺乳期日粮，则每天至少摄入50.0gSID赖氨酸），以母猪群为基础每天需要摄入57.0gSID赖氨酸。

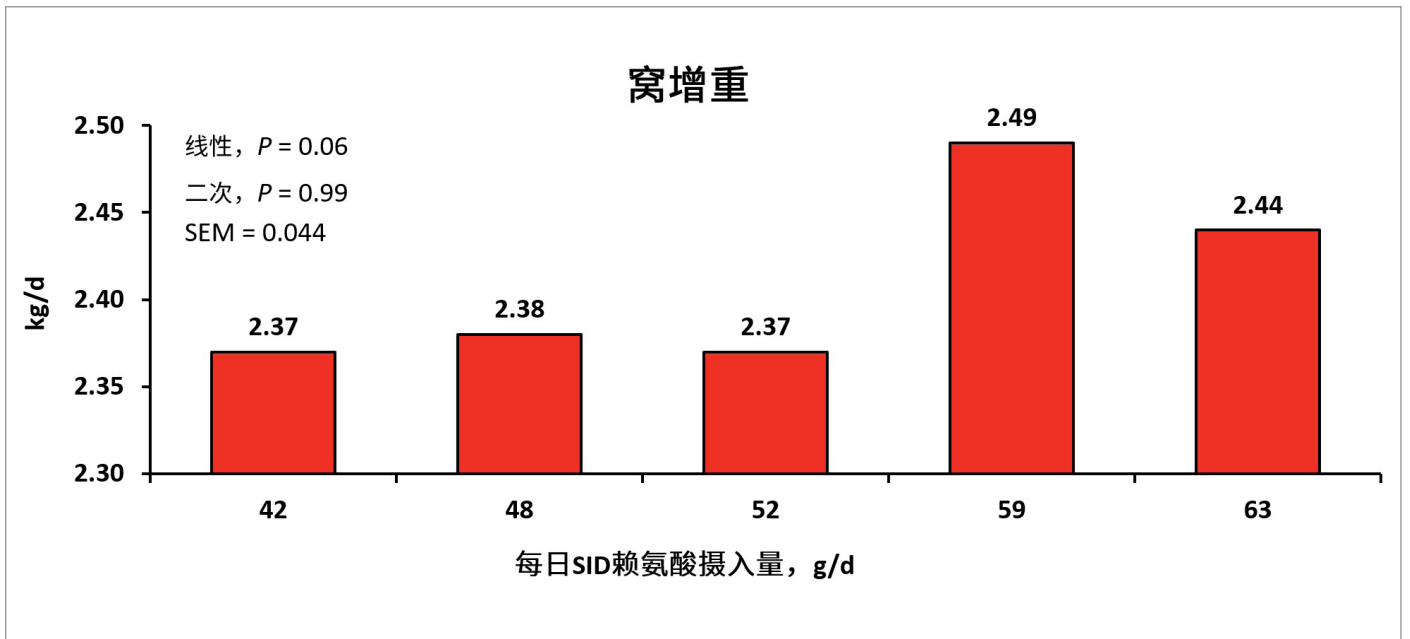


图12. 哺乳期头胎母猪每日SID赖氨酸摄入量对窝增重的影响 (Bruder等, 2018)

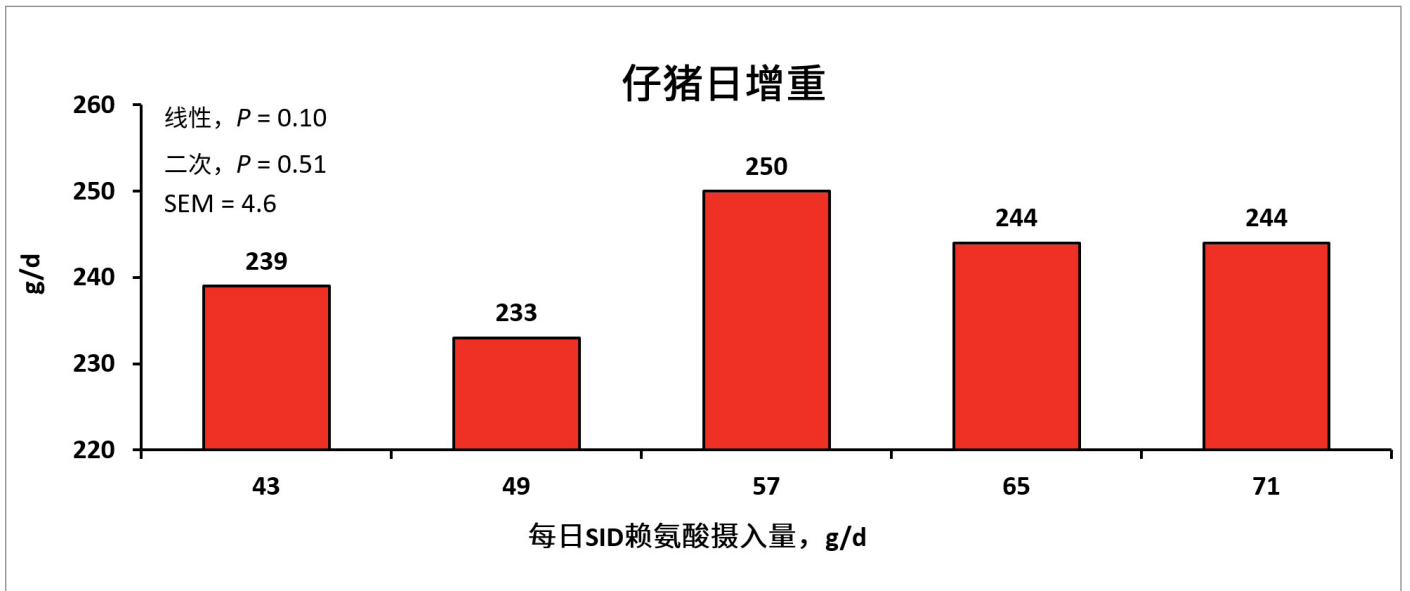


图13. 哺乳期头胎和经产母猪每日SID赖氨酸摄入量对仔猪日增重的影响 (Graham等, 2018)

哺乳期日粮的赖氨酸水平取决于仔猪的生长速度和母猪群的平均采食量。表I2说明了如何通过仔猪生长速度和母猪采食量估测各个母猪场特定的日粮SID赖氨酸水平。从实际生产中的可行性出发，PIC建议将哺乳期日粮的最高SID赖氨酸水平设定为1.30%。另外，有研究表明哺乳期日粮中的豆粕含量超过30%会降低ADFI(Gourley等, 2020c)。

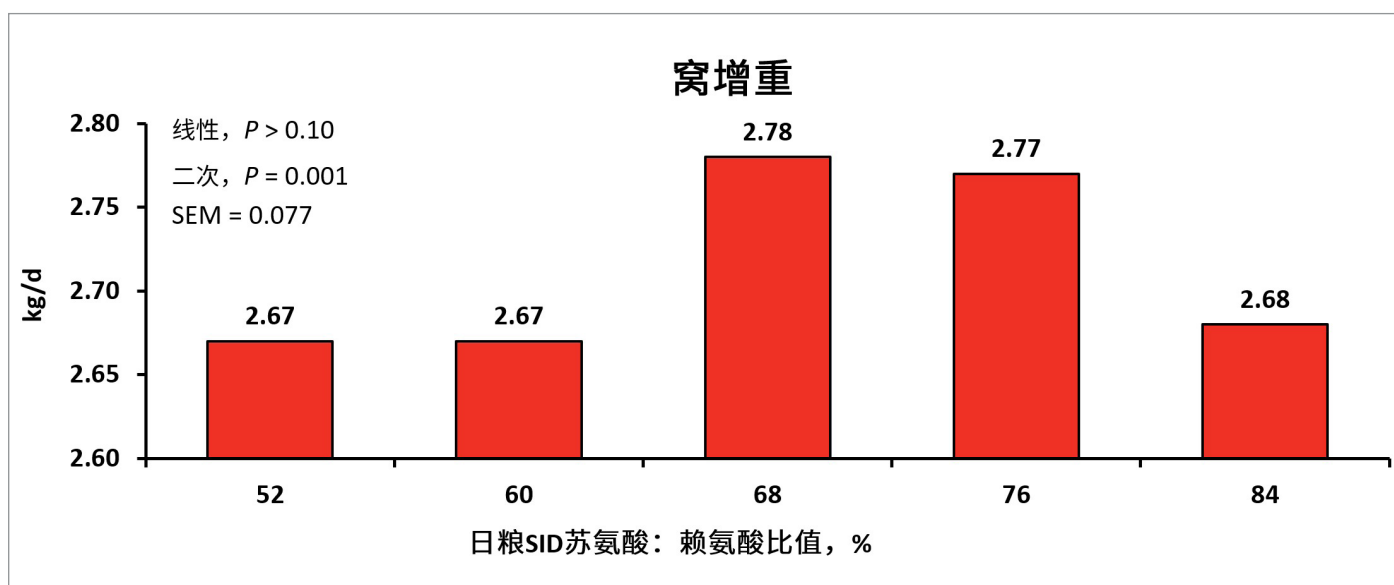
表I2. 基于仔猪生长速度和哺乳期母猪采食量的日粮赖氨酸水平 (%)^a

| 仔猪生长速度 , kg/d | 平均采食量, kg/d | | | | | SID赖氨酸摄入量 , g/d |
|------------------|-------------------|------|------|------|------|--------------------|
| | 4.5 | 5.0 | 5.4 | 5.9 | 6.4 | |
| 2.0 | 0.96 | 0.87 | 0.80 | 0.74 | 0.68 | 43.3 |
| 2.3 | 1.09 | 0.99 | 0.91 | 0.84 | 0.78 | 49.6 |
| 2.5 | 1.23 | 1.12 | 1.03 | 0.95 | 0.88 | 55.9 |
| 2.7 | 1.37 ^b | 1.25 | 1.14 | 1.05 | 0.98 | 62.1 |

^a 源自Tokach等(2019)。仔猪的生长速度与赖氨酸的需求量(g/d)之间的关系是基于1998-2017年对头胎和多胎母猪的研究(Sauber等, 1998; Yang等, 2000, Xue等, 2012; Gourley等, 2017), 假设哺乳期为21天且赖氨酸需要量与能量摄入量不严格相关。

^b PIC建议哺乳期日粮中的豆粕添加量不超过30%或SID赖氨酸水平不超过1.30%。

苏氨酸和缬氨酸被认为是哺乳期母猪的第二和第三限制性氨基酸(Kim等, 2001)。Greiner等(2017)报道, 提高日粮中SID苏氨酸与赖氨酸的比值(52%、60%、68%、76%和84%; n=291, PIC康贝尔母猪)提高了仔猪日增重(二次, $P=0.001$; 图I4)。经二次曲线模型测定, SID苏氨酸与赖氨酸的最佳比值为65%时可以最大化仔猪的生长速度。Touchette等(2018)使用了990头PIC康贝尔母猪评估了SID缬氨酸与赖氨酸的最佳比值。结果显示日粮SID缬氨酸与赖氨酸的比值从58%增加到93%对仔猪断奶重有二次效应的影响($P=0.06$; 图I5)。根据该研究结果, 在不影响母猪或仔猪生产性能的情况下, 日粮中的SID缬氨酸与赖氨酸的最低比值为65%。



图I4. 哺乳期经产母猪日粮SID苏氨酸与赖氨酸的比值对仔猪断奶重的影响(Greiner等, 2017)

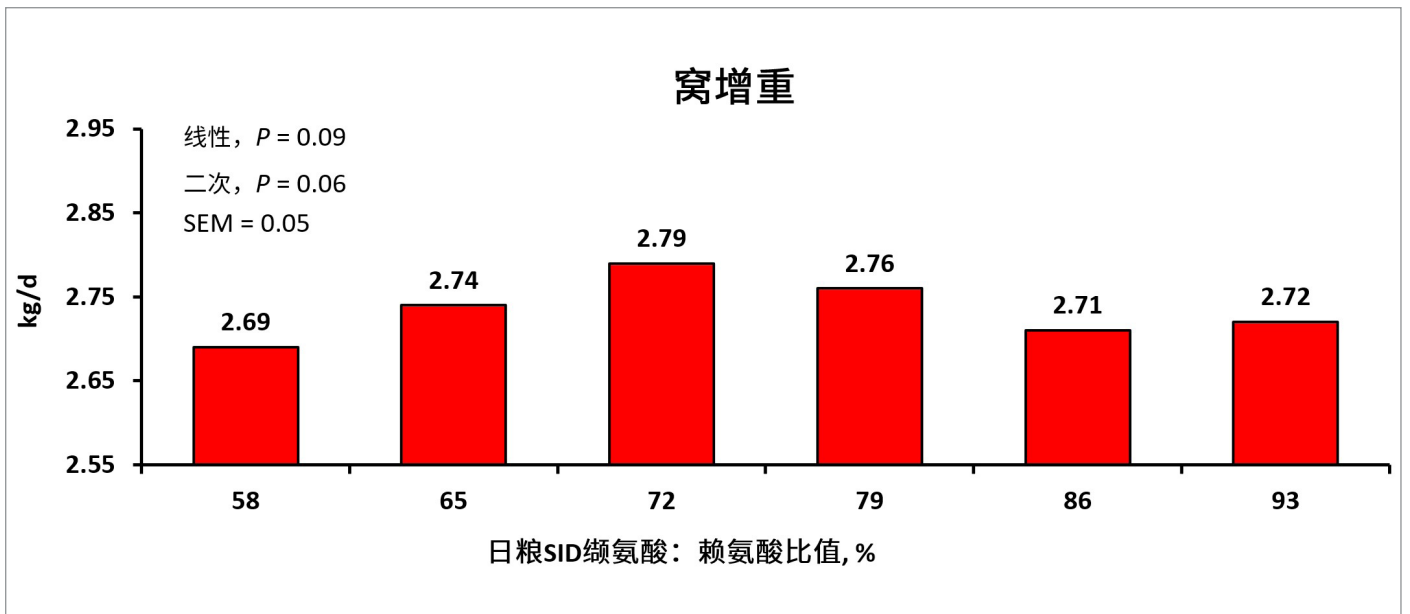
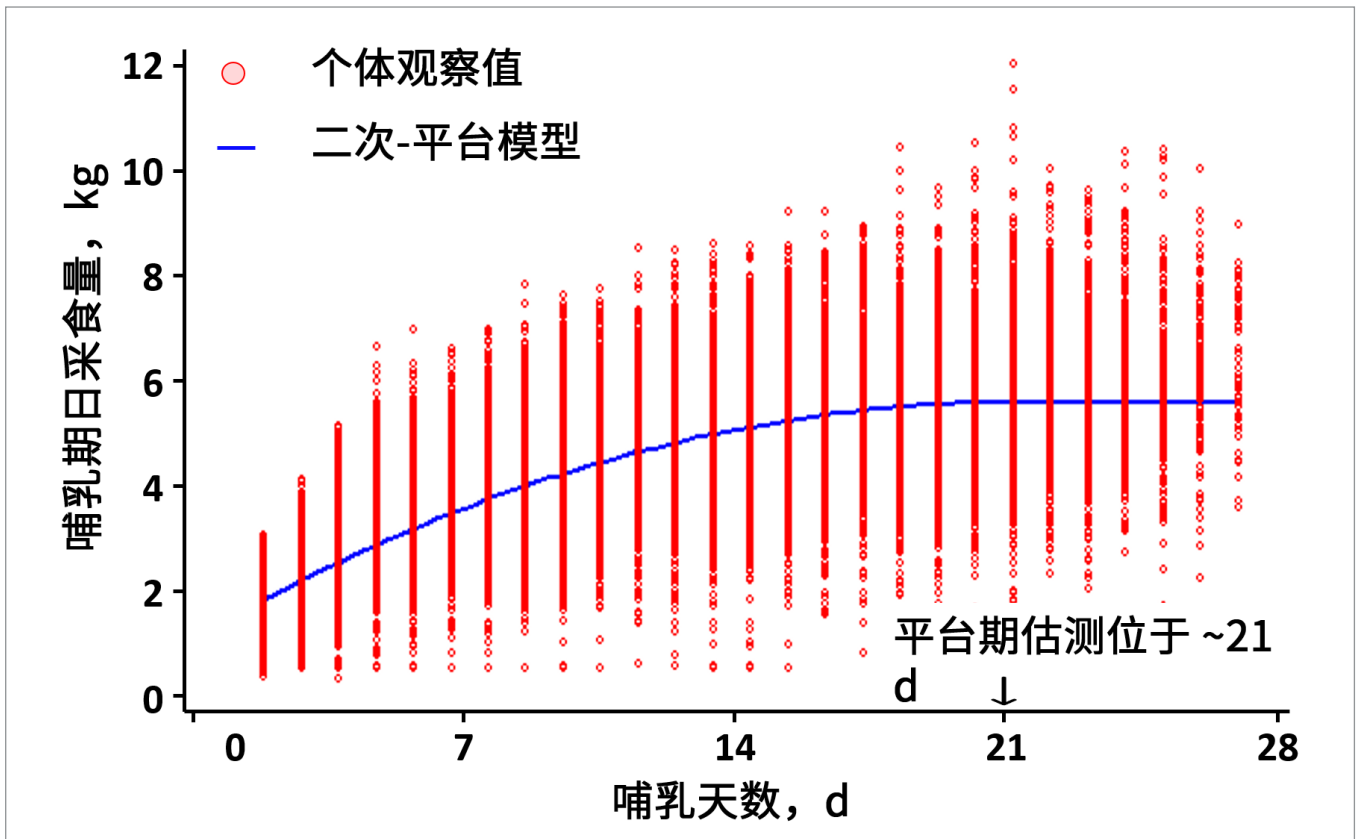


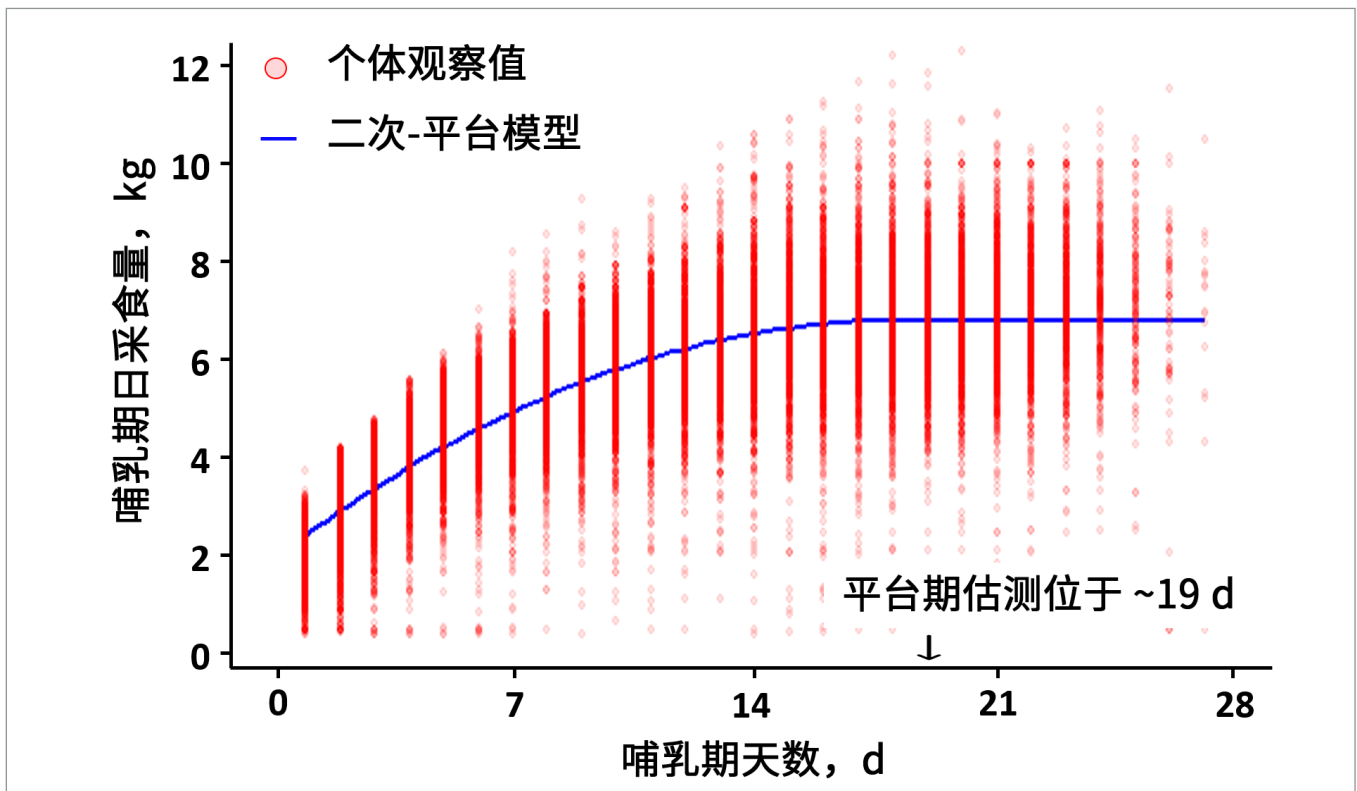
图15. 哺乳期经产母猪日粮SID缬氨酸与赖氨酸的比值对仔猪断奶重的影响(Touchette等, 2018)

PIC对两个商业母猪场中的405头康贝尔母猪和1665头大白母猪分别进行了为期10个月和3年的哺乳期采食量数据收集, 共得到了37402份有效的母猪日采食量数据。并根据收集到的数据建立了头胎母猪和经产母猪的哺乳期采食量预测模型(图16和17)。模型显示头胎母猪在哺乳期的第21天左右达到采食高峰, 当哺乳期长度超过21天后, 每增加一天哺乳期会提高哺乳期全期采食量47g/d; 经产母猪在哺乳期的第19天左右达到采食高峰, 当哺乳期长度超过19天后, 每增加一天哺乳期会提高哺乳期全期采食量57g/d。



头胎母猪的哺乳期日采食量 = $3.234049 + 0.949148 \times \text{天数} - 0.022863 \times \text{天数}^2$ ($R^2 = 0.53$)

图16. PIC头胎母猪的哺乳期日采食量 (Jerez等, 2021)



经产母猪的哺乳期日采食量 = $4.104837 + 1.201068 \times \text{天数} - 0.031364 \times \text{天数}^2$ ($R^2 = 0.60$)

图17. PIC经产母猪的哺乳期日采食量 (Jerez等, 2021)

确保饲料新鲜并正确调整哺乳期料槽以刺激采食量(图18和19)。



图18.料槽调整正确,槽内饲料新鲜



图19.料槽调整错误,槽内饲料霉变

PIC母猪动态饲喂程序

哺乳期充足的营养摄入是实现PIC母猪遗传潜力的关键点之一。PIC母猪动态饲喂程序工具是PIC公司开发的一款交互式网页应用程序。该工具通过分析用户的日粮营养水平和生产信息,提定制的哺乳期日粮营养水平推荐以满足母猪在哺乳期的营养需要。[点击此处](#)通过计算机、智能手机或平板电脑获得此工具。

章节J

断奶母猪

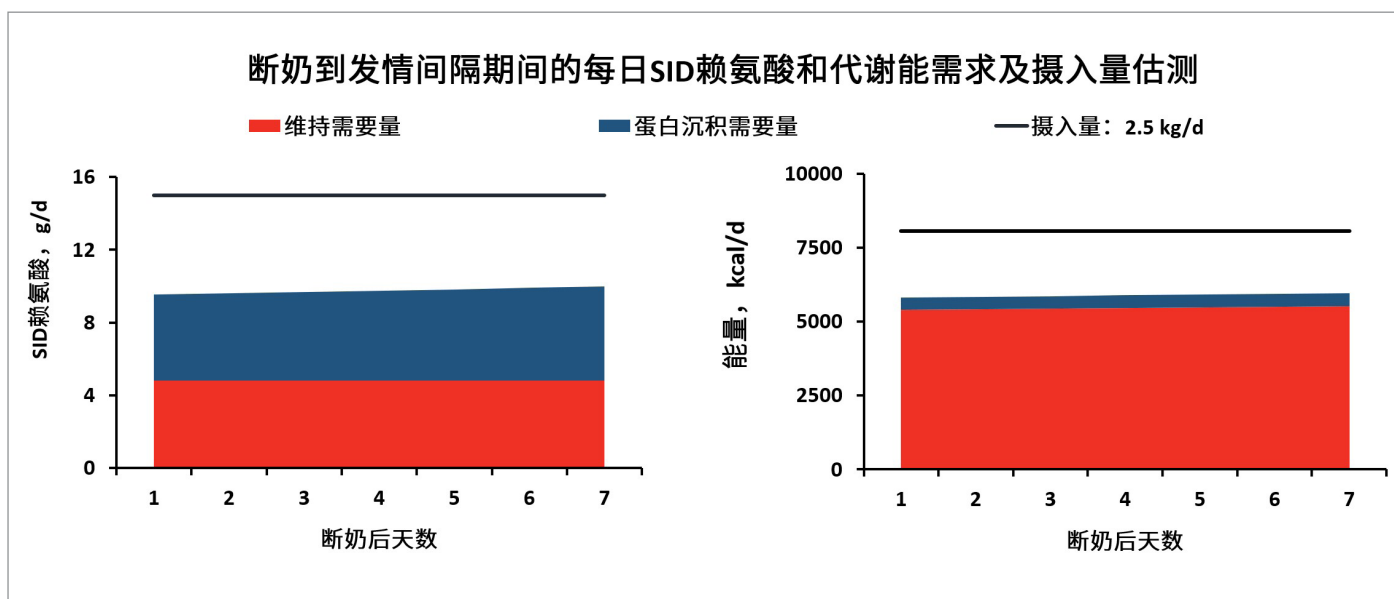


断奶母猪的饲喂管理着眼于恢复哺乳期损失的体储,并维持排卵率以确保后续胎次较高的产仔数。

- 断奶至发情期的营养和饲喂并不能上一胎次中发生的问题,例如妊娠期体况过肥和哺乳期采食量不足。
- 每天饲喂2.7kg的妊娠期日粮可为断奶母猪提供约8.7Mcal代谢能和16.0gSID赖氨酸,足以最大化后续胎次的繁殖性能。
- 仅对体况卡尺读数显示偏瘦的母猪进行自由采食。
- 在断奶当天需要确保不要断料。
- 断奶后应按体况将母猪分组,避免体况差异较大断奶母猪相邻。
- 确保饲料新鲜,最大程度地减少浪费和变质。

断奶至发情间隔期饲喂计划

根据NRC (2012) 的模型预测, 使用代谢能水平为3230Kcal/kg, SID赖氨酸水平为0.60%的妊娠期日粮, 以2.5kg/d的饲喂水平足以满足断奶期母猪的赖氨酸和能量需求 (图J1; Menegat等, 2018)。同时, 断奶至发情间隔的饲喂水平应该由母猪断奶时的体况决定



图J1.断奶至发情间隔期每日SID赖氨酸 (g/d) 和代谢能 (kcal/d) 的需要量估测以及断奶母猪的饲喂水平 (源自Menegat等, 2018)。假设日粮代谢能水平为3230Kcal/kg, SID赖氨酸水平为0.60%, 则从第1到第7天的体重增加1.0kg/d, 饲喂水平为2.5kg/d。

最近的几项大规模商业试验表明, 断奶至发情间隔期较高的饲喂水平对体况理想的断奶母猪的生产表现并无促进作用 (表J1)。Graham等 (2015) 报道, 2.7、3.6或5.5kg/d的饲喂水平对断奶体况评分>2.75的母猪的断奶到发情间隔天数、分娩率、总产仔数和活产数无显著影响。Almeida等 (2017) 发现, 断奶母猪的饲喂水平为3.7kg/d时, 下一胎次的分娩率和活产指数 (每百头被配种母猪的总产活仔数) 相较于饲喂水平为2.7kg/d有提高。但最近的三项研究均未能证明在断奶至发情间隔期将使用高于2.7kg/d的饲喂水平 (等效每日代谢能采食量约8.7Mcal/d) 对繁殖性能的促进作用 (Almeida等, 2018; Gianluppi等, 2019; Lu等, 2021)。已有研究表明, 在断奶至发情间隔期增加饲喂量可改善体况欠佳母猪的繁殖性能 (Baidoo等, 1992)。

表J1. 断奶到发情间隔饲喂水平对下一胎次母猪繁殖性能的影响

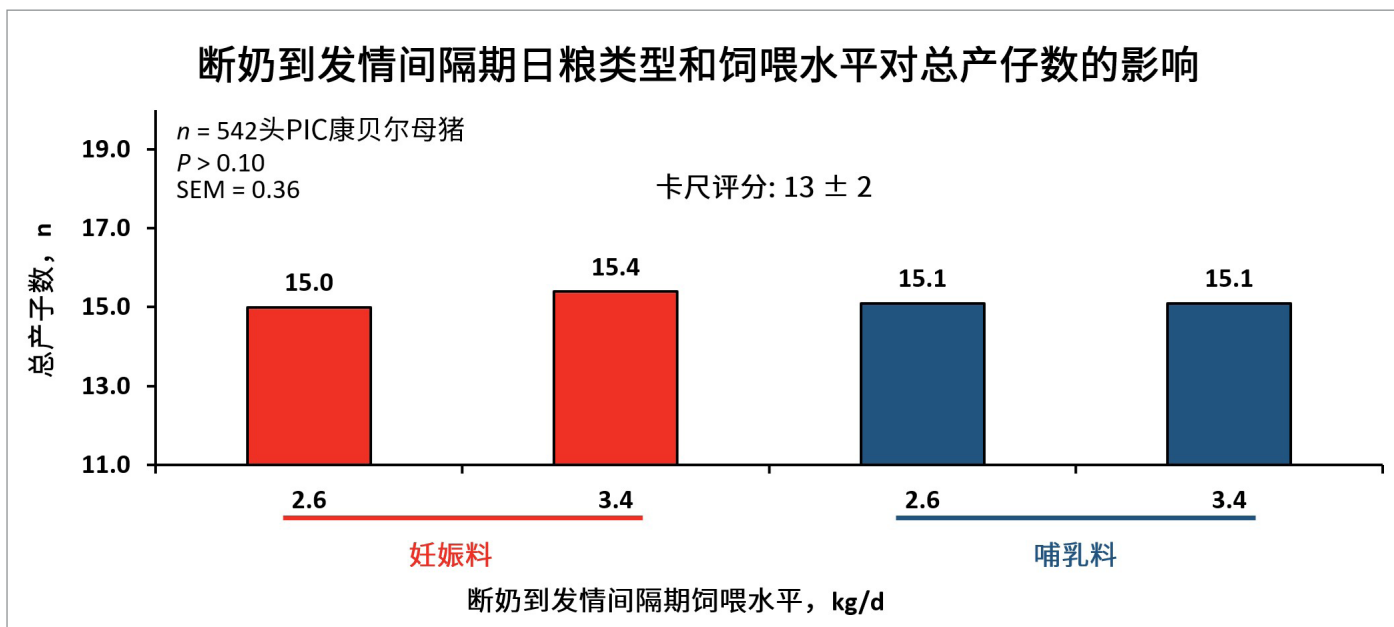
| 参考文献 | 饲喂水平, kg/d | 断奶到发情间隔天数 | 分娩率, % | 总产仔数, n | 活产仔数, n | 活产指数, n ¹ |
|------------------------|------------|-----------|-------------------|---------|---------|----------------------|
| Graham等, 2015 | 2.7 | 5.1 | 85.4 | 14.3 | 13.1 | 1,119 |
| | 3.6 | 5.0 | 87.0 | 13.9 | 12.9 | 1,122 |
| | 5.5 | 5.0 | 82.3 | 13.9 | 12.9 | 1,062 |
| Almeida等, 2017 | 2.7 | 未报道 | 88.3 ^b | 14.6 | 13.4 | 1,144 ^b |
| | 3.7 | 未报道 | 93.3 ^a | 15.0 | 13.7 | 1,262 ^a |
| Almeida等, 2018 | 2.6 | 4.2 | 88.1 | 15.1 | 13.8 | 1,219 |
| | 3.5 | 4.2 | 88.2 | 15.3 | 13.8 | 1,220 |
| Gianluppi等, 2019 – P1 | 2.7 | 5.0 | 92.0 | 14.0 | 13.3 | 1,227 |
| | 4.3 | 5.7 | 86.1 | 13.8 | 13.2 | 1,135 |
| Gianluppi等, 2019 – P2+ | 2.7 | 4.5 | 93.4 | 15.2 | 14.3 | 1,340 |
| | 4.3 | 4.6 | 92.6 | 15.5 | 14.5 | 1,340 |
| Lu等, 2021 ² | 3.0 | 4.7 | 97.4 | 15.3 | 14.0 | 1,372 |
| | 4.5 | 4.7 | 95.7 | 15.6 | 14.3 | 1,362 |

^{a,b} 同一试验和同一列中平均值的上标不同代表差异显著, $P < 0.05$ 。

¹ 活产指数代表每100头被配种母猪的总产活仔数, 计算公式为: 活产指数 = 分娩率, % × 活产仔数 × 100。

² 该试验中对照组母猪饲喂水平为3.0kg/d; 处理组母猪饲喂水平为4.5 kg/d并每天额外饲喂200g的葡萄糖

近期的试验表明在断奶至发情间隔期饲喂哺乳日粮并不会改善母猪的繁殖性能(Almeida等, 2018; Gianluppi等, 2019)。



图J2. 断奶到发情间隔期日粮类型和饲喂水平对总产仔数的影响(Almeida等, 2018)

PIC推荐对体况卡尺读数为理想的断奶母猪使用常规妊娠日粮以2.7kg/d的水平进行断奶到发情间隔期的饲喂。仅对体况卡尺读数显示偏瘦的母猪使用自由采食。避免在断奶日断料, 因为断料降低催产激素的分泌, 对母猪的繁殖能力产生负面影响。同时, PIC推荐根据体况将断奶期母猪分组, 避免体况差异较大断奶母猪相邻。断奶期母猪的饲喂管理要求在供应充足的新鲜饲料和避免浪费和变质之间取得平衡。为达到这个目标, 可将断奶至发情间隔期的每日饲喂量分为2-3餐进行。

章节K

保育猪



保育阶段营养计划的重点是在断奶后的第一周尽可能使用具有高消化性的日粮提高断奶仔猪的采食量。其目标是尽快使保育猪过渡到采食相对简单的以谷物为基础的日粮。

- 断奶日龄和断奶后的高采食量对于最大化保育阶段的性能至关重要。
- 在保育猪42日龄之后不需要在日粮中使用乳制品和特制蛋白。
- 保育全期的总增重主要来自于保育后期的体重增加,因此需要满足猪在保育后期的赖氨酸需要量。
- 在日粮赖氨酸水平刚好满足或低于保育猪需要量时,足够的氨基酸比值中尤为关键。
- NRC 2012推荐的保育猪钠需要量在当前仍然适用。在当今的保育料中因为使用了替代性来源的乳糖以及更低的动物蛋白添加水平,通常需要添加更多的盐以达到NRC2012的推荐水平。

断奶仔猪

断奶日龄直接影响断奶重,断奶后生长性能和存活率,是一个需要考虑的重要因素。关于断奶日龄的研究表明,提高断奶日龄可以改善后期的生长性能,死亡率,肠屏障功能和免疫应答(Main等,2004;Moeser等,2007)。断奶更晚的猪在生理上更加成熟,能够更好地过渡到干料。由于养猪业面临减少抗生素使用的压力,断奶日龄的选择将愈发重要。

Faccin等(2020)评估了不同断奶日龄(18.5、21.5和24.5天)和是否进行无抗生产对商业条件下全期生产性能的影响。在该试验中断奶日龄和是否使用抗生素之间无显著交互,并且提高断奶日龄和使用抗生素均有助于提高全期生产性能和每头断奶仔猪的上市体重均摊。断奶日龄每增加一天,每头断奶仔猪的上市体重均摊可提高0.7公斤。

最大化断奶仔猪的采食量非常关键,因为它们非常依赖能量摄入。提高断奶后第一周内的采食量可提高消化道的排空速度,减少肠道细菌繁殖,并减少腹泻发生率。

断奶仔猪饲养管理上的关键是在到场后立即提供足量饲料和水,实行自由采食和饮水。一项大规模的流行病学研究表明,与高采食量相比,断奶后的低采食量会增加发生腹泻的可能性(Madec等,1998)。因此,断奶日龄和断奶后的高采食量对于最大化保育期生长性能是极其重要的。有关断奶后提高采食量的管理方面的信息(例如垫子和稀粥料),请[单击此处](#)访问最新的《PIC断奶育肥指南》。

分阶段饲喂

根据断奶仔猪消化系统的发育阶段,保育期通常饲喂三种日粮。每个饲喂阶段的持续时间将根据断奶日龄而变化(表K1)。通常,PIC建议饲喂第1阶段和第2阶段料不超过42日龄。这是由于保育前期日粮中的乳制品和特制蛋白的成本较高。保育期饲喂成本占每头出栏猪总饲料成本的10%到15%。

表K1. 基于断奶日龄的保育期日粮饲喂程序推荐¹

| 断奶日龄,天 | 阶段1 - 断奶至约7.5 kg | | 阶段2 - 约7.5至11.5 kg | | 阶段3 - 11.5至22.5 kg | |
|---------|------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------|
| | 时长,天 | 结束日龄,天 | 时长,天 | 结束日龄,天 | 时长,天 | 结束日龄,天 |
| 18 - 20 | 8 | 26至28 | 14至16 | 42 | 21 | 63 |
| 21 - 22 | 7 | 28至29 | 13至14 | 42 | 21 | 63 |
| 23 - 24 | 6 | 29至30 | 12至13 | 42 | 21 | 63 |
| 25 - 28 | 5 | 30至33 | 9至12 | 42 | 21 | 63 |

¹ 饲料预算将取决于采食量,采食量可能会根据管理,物流运输,料槽设计,健康状况等而有所不同。

阶段1:断奶至约7.5kg

断奶仔猪日粮中需要使用高消化性的碳水化合物和蛋白质原料以最大化采食量,同时需要保证与断奶仔猪的消化能力匹配。通常断奶仔猪日粮的成本要高于后续阶段的日粮。

最常用的高消化性碳水化合物来源是乳糖类,例如乳糖,乳清粉和渗透乳清。理想的断奶仔猪日粮乳糖水平为14%或更高,但由于成本昂贵,只能短期使用。乳清粉通常认为比渗透乳清更加理想,因为它的质量更加稳定。但是高质量的渗透乳清也可以作为断奶仔猪日粮中的唯一来源。通常食品级乳糖是乳糖产品来源中的首选(Bergstrom等,2007)。在经济性和品质可以得到保证的前提下,其他高消化性的碳水化合物来源也可以代替部分乳糖(即麦芽糖,葡萄糖,麦芽糊精,微粉化玉米,微粉化大米,燕麦碎粒等;Guo等,2015)。

断奶仔猪对豆粕有短暂的超敏反应(Engle,1994)。因此在此阶段中日粮最高豆粕添加量不应超过20%,以帮助仔猪逐步适应豆粕添加水平更高的后续阶段日粮。植物蛋白源通常可以在保育日粮中提供大部分蛋白质,但是饲料级氨基酸和动物蛋白源可以帮助减少保育前期日粮中豆粕的添加量。另外,在断奶仔猪日粮中浓缩大豆蛋白的使用量可高达14%;发酵豆粕的添加量控制在6%到15%不会降低生长速度和采食量(Cho等,2007; Jones等,2010; Kim等,2010)。然而,一项研究报道当发酵豆粕的添加量为8%时保育全期采食量有下降的趋势。断奶日粮中可以添加约3%至6%的鱼粉以刺激采食量(Jones等,2018)。请注意,不同来源的鱼粉质量之间可能存在很大差异(Kim和Easter,2001),通常可以使用鱼粉中的矿物质和脂肪水平作为指标来估计鱼粉的饲喂价值(例如,最大灰分水平为20%和最小脂肪水平7.5%)。

阶段2:约7.5至11.5kg

日粮的复杂程度在保育期第二阶段通常有所降低,在该阶段日粮中包含谷物,豆粕以及较低水平的乳糖和特制蛋白来源。日粮乳糖水平降低至约7%,而豆粕的最高添加水平通常会达到28%(Jang等,2019)。从经济性上考虑,随着饲料级色氨酸、缬氨酸和异亮氨酸的供应量日渐充足且使用成本逐步降低,可以考虑在保育期第二阶段日粮中降低或者完全不使用特制蛋白。

阶段3:11.5至22.5kg

保育期第三阶段日粮主要由谷物和豆粕组成,不包含乳糖或特制蛋白。该阶段所使用的原料与生长育肥日粮相似。保育猪在此阶段的生长潜力最大,因此满足它们的营养需要(尤其是满足赖氨酸需要量)对最大化保育阶段生长性能有关键作用。

其他考虑因素

有一种观点认为在保育期生长速度更快的仔猪在生长育肥期将把这种优势进一步扩大。但如果保育期生长速度的优势来自于营养干预,即使猪在生长育肥过程中可能可以维持这种优势,却不再会出现生长速度的进一步提高。多项研究表明,使用复杂程度较高的日粮可以提高仔猪在保育期的采食量和生长速度(Wolter等,2003;Skinner等,2014;Lunedo等,2020)。但是,这些试验中猪在保育期所获得的生长性能优势并没有在育肥期实现进一步的增加(Whang等,2000;Wolter等,2003;Skinner等,2014)。

提高保育日粮中的赖氨酸和其他氨基酸的水平可以改善生长速度和饲料转化率(Kendall等,2008;Jones等,2014)。然而,最近的研究表明,保育猪在短期氨基酸缺乏之后可以通过补偿生长弥补生长性能的损失(Nemecheck等,2018;Totafurno等,2019)。这意味着在实际生产中可以在断奶后的前两到三周内降低日粮中的赖氨酸水平,这样不仅可以降低饲料成本,并且能够降低日粮粗蛋白含量、改善肠道健康(Heo等,2009)。

Millet等(2018)报道,保持日粮SID赖氨酸与粗蛋白的比值低于6.40的条件下,可以通过添加饲料级氨基酸部分替代特制蛋白。但需要注意的是,足够的氨基酸比值在日粮赖氨酸水平刚好满足或低于保育猪需要量的日粮中尤为关键(Clark等,2017a)。日粮中色氨酸与赖氨酸的比值对采食量和生长速度有重要影响。根据生产体系所使用固定时间或固定体重的特定出栏策略,色氨酸与赖氨酸的比值可能会对生产利润产生很大的影响。有关日粮SID色氨酸与赖氨酸最佳比值工具的详细信息,请[参阅章节A](#)。苏氨酸在猪体内除蛋白质合成外,还参与肠道健康和免疫(Ruth和Field,2013)。恶劣的环境和健康问题可能会影响对苏氨酸的需求。PIC根据最近在商业条件下得到的研究结果(De Jong等,2018)更新了保育猪饲料中的苏氨酸:赖氨酸比。本手册中保育猪的氨基酸需要量同样参考了近年来发表的其他氨基酸梯度试验的结果(Gonçalves等,2015;Jayaraman等,2015;Clark等,2017b;Kahindi等,2017;Cemin等,2018年),可以在设定日粮氨基酸比值时作为参考。有关氨基酸的更多详细信息,请[参见章节A和C](#)。

保育猪在5.5至6.8kg、6.8至11.5kg和11.5至22.5kg体重阶段钠的需要量分别为0.40、0.35和0.28%(NRC,2012;Shaw等,2018)。在当今的保育料中,由于乳糖来源的原料很少能够单独提供猪所需的钠,并且鱼粉和动物蛋白的添加水平较低,因此通常必须添加更多的盐以满足猪对钠的需要。减少仔猪日粮中过量钙以避免性能下降也很重要,特别是当磷水平刚好满足或低于需要时(González-Vega等,2016a,b;Merriman等,2017,Wu等,2018)。有关钙和磷需要量的更多详细信息,请[参阅章节D](#)。

章节L

生长育肥猪



生长育肥日粮的目标是使投资回报最大化。

- PIC根据最新的研究结果更新了PIC商品猪的赖氨酸和磷的推荐生物学需要量。
- 开发了新的工具以确定最具成本效益的日粮能量, 赖氨酸, 色氨酸和磷的水平, [点击此处](#)下载这些营养工具。
- 最近的试验表明, 当日粮亮氨酸与赖氨酸的比值过高时可能需要调节异亮氨酸, 缬氨酸和色氨酸与赖氨酸的比值以保证取得最佳的生长性能。
- 通过PIC季节性日粮配方工具, 主动采取措施, 在预期出现高利润的时期增加出栏量。

配制生长育肥日粮

制定生长育肥猪日粮的步骤与本手册章节A中描述的原则一致，即：

1. 确定最佳日粮赖氨酸能量比

使用PIC SID赖氨酸生物学需要量工具可帮助用户确定SID赖氨酸水平以在一定体重范围内最大化猪的生长速度。PIC SID赖氨酸生物学需要量工具现可涵盖11到150公斤体重。PIC SID赖氨酸经济学计算工具可帮助用户将其现行的日粮赖氨酸水平与赖氨酸生物学需要量进行比较以评估经济收益的差异。有关PIC SID赖氨酸生物学需要量工具 and 经济学计算工具的详细信息，[请参阅章节C](#)。

2. 确定最经济的日粮能量水平

能量是任何生长育肥日粮的主要成本，并且会显著影响生长性能。最佳净能工具可帮助用户在生猪或胴体价格基础上设定能够最大化总生产成本回报的日粮净能水平。有关最佳净能工具的详细信息，[请参阅章节B](#)。

3. 确定日粮中其他氨基酸与赖氨酸的比值

日粮中色氨酸与赖氨酸的比值对饲料的摄入量和生长速率有重要影响。根据生产体系所使用固定时间或固定体重的特定出栏策略，色氨酸与赖氨酸的比值可能会对生产利润产生很大的影响。关于最佳SID色氨酸与赖氨酸比值工具，[请参阅章节A](#)。

在生长育肥的日粮中，使用玉米或小麦加工过程中产生的纤维副产品是降低饲料成本的普遍做法。但是，较高的日粮纤维水平可能会影响苏氨酸的最佳水平。Mathai等(2016)报道，当25到50公斤猪的日粮NDF水平从8.3增加到16.6%时，最大化日增重所需的苏氨酸与赖氨酸比值从66%提高到了71%。

缬氨酸通常被认为是用于生长育肥猪的玉米豆粕型日粮中的第五限制性氨基酸(Figueroa等, 2003)。最近的一项研究报告显示，对于25至45公斤的猪，SID缬氨酸:赖氨酸比值达到68%和63%时，分别取得99%的最大日增重和饲料转化率(Gonçalves等, 2018)

日粮中SID亮氨酸与赖氨酸的比值从100%增加到300%会线性降低生长速度，采食量及肉料比(Kwon和Stein, 2019; Kwon等, 2019)。由于亮氨酸在玉米或玉米副产品中的水平较高，以玉米为基础的日粮中的亮氨酸水平通常会过量。一项包含44个试验的荟萃分析得出结论，单独或同时提高日粮缬氨酸，异亮氨酸和色氨酸水平，可能可以降低过量的亮氨酸对生长性能的负面影响(Cemin等, 2019)。单独增加日粮中SID色氨酸与赖氨酸的比值只能部分缓解日粮中过量亮氨酸的负面影响。章节R中列举了根据日粮亮氨酸水平调整日粮色氨酸和支链氨基酸与赖氨酸比值的示例。日粮氨基酸与赖氨酸的推荐比值见本手册末尾的营养推荐表。

4. 确定日粮磷的水平

磷是猪日粮中第三昂贵的营养物质。生长，瘦肉沉积和骨矿化均需要磷的参与(Berndt和Kumar, 2009)。最佳日粮STTD磷工具能够确定生物学需要量，并帮助用户比较其现行日粮STTD磷水平与生物学需要量对总生产成本回报的影响。有关最佳日粮STTD磷工具的详细信息，[请参阅章节D](#)。

5. 设定日粮钙, 维生素, 微量元素, 盐和其他营养成分的水平

钙和磷的比值通常决定了日粮钙水平。Vier等(2019b)报道当日粮中添加或不添加1000FYT/kg植酸酶时, 实现26至127kg猪最大化日增重所需分析钙与分析磷比值分别为1.63:1和1.38:1。

在生长育肥猪日粮中以高于NRC(2012)预测需要量的水平添加维生素是生产惯例。最近的研究微调了实现最佳生产性能所需的日粮维生素水平(Tuffo等, 2019; Thompson等, 2020)。本手册营养推荐表中的维生素需要量是基于这些试验结果得出的。

除上述的五个步骤外, 根据猪生长性能和市场价格的季节性变化调整日粮配方同样有助于提高盈利能力。有关PIC季节性日粮配方工具的详细信息, [请参阅章节A](#)。

分阶段饲喂

分阶段饲喂是养猪业常用的策略, 以此在给定的体重范围内严格满足生长育肥猪的营养需要量。由于简化饲喂阶段可以提高饲料厂的效率, 并且优化饲料的运输和存储, 养猪生产企业一直有简化饲喂阶段的兴趣(Moore等, 2013)。

Menegat等(2020a)报道, 与多阶段饲喂程序(分为4个、3个或2个阶段)相比, 单阶段饲喂程序不利于生长育肥猪(27至127kg)的生长性能。但是, 当日粮SID赖氨酸水平100%满足PIC推荐的需要量时, 将饲喂程序从四个阶段减少到三至两个阶段可以维持总体生长性能, 胴体特性和饲料成本收入(IOFC)不变。

当每阶段的初始体重和采食量低于预期时, 生长育肥猪的生长性能会受到影响。分阶段饲喂的其他考虑因素包括SID赖氨酸的限制程度, 限制时间, 限制时间与恢复饲喂时间的比例以及恢复后日粮中的SID赖氨酸水平是否满足需要量(Menegat等, 2020b)。是否减少饲喂阶段应取决于生产成本和市场行情所共同产生的财务影响。

制定饲料预算可以通过在正确的时间饲喂正确的日粮来保证日粮所提供的营养与生长育肥猪的需要量一致, 饲料预算的制定与饲喂阶段的数量无关。因此, 饲料预算是一种降低营养采食量不足或者营养采食量过量发生几率的重要工具。PIC饲料预算工具([点击此处](#))能够帮助用户根据各阶段日粮的能量水平, 目标出栏重, 以及特定的生产性能计算每头猪在各阶段所需的饲料重量。

PIC校正能量效率计算工具

断奶至育肥期猪的饲料转化率受多种因素影响, 其中最主要的四个因素是: 日粮能量水平, 遗传, 初始和出栏体重以及死亡率。

因为原料价格变化, 日粮能量可能会随着时间的变化而变化。日粮能量水平每升高1%预计能够使饲料转化率就会降低1%(Euken, 2012)。校正不同的日粮能量水平对于比较出栏成绩很重要。不同遗传背景(父系)的后代具有不同的生长速度和饲料转化率。使用特定的系数来校正不同遗传背景的商品猪的初始和出栏体重有助于提高准确性。为了校正不同批次出栏商品猪的初始重和出栏重存在的差异所导致的饲料转化率的差异, 通常的做法是按照保育阶段的最终体重, 育肥阶段的初始和出栏体重调整饲料转化率。假设死亡发生在育肥阶段的中段, 则死亡率每增加1%, 饲料转化率就会下降0.5%至0.8%(Tokach等, 2014)。[点击此处](#)访问PIC校正能量效率计算工具。请参考堪萨斯州立大学饲料转化率计算器以考虑可能影响饲料转化率的其他因素, 例如日粮形式, 季节, 以及环境温度。

PIC成年公猪营养需要推荐表 (饲喂基础)

| 项目 ^a | 单位 | |
|------------------------------|--------|------|
| 标准回肠可消化氨基酸 | | |
| 赖氨酸:净能 | g/Mcal | 2.64 |
| 赖氨酸:代谢能 | g/Mcal | 1.95 |
| 蛋氨酸+半胱氨酸:赖氨酸 | 比值 | 70 |
| 苏氨酸:赖氨酸 | 比值 | 74 |
| 色氨酸:赖氨酸 | 比值 | 20 |
| 缬氨酸:赖氨酸 | 比值 | 67 |
| 异亮氨酸:赖氨酸 | 比值 | 58 |
| 亮氨酸:赖氨酸 | 比值 | 65 |
| 组氨酸:赖氨酸 | 比值 | 30 |
| 苯丙氨酸+酪氨酸:赖氨酸 | 比值 | 114 |
| L-赖氨酸盐酸盐(最大添加量) ^b | % | 0.25 |
| 矿物质 | | |
| STTD磷:净能 ^c | g/Mcal | 1.87 |
| STTD磷:代谢能 ^c | g/Mcal | 1.38 |
| 有效磷:净能 ^{c,d} | g/Mcal | 1.78 |
| 有效磷:代谢能 ^{c,d} | g/Mcal | 1.31 |
| 分析钙:分析磷 ^e | 比值 | 1.50 |
| 钠 ^f | % | 0.22 |
| 氯 | % | 0.22 |
| 添加微量元素^g | | |
| 锌 | ppm | 125 |
| 铁 | ppm | 100 |
| 锰 | ppm | 50 |
| 铜 | ppm | 15 |
| 碘 | ppm | 0.35 |
| 硒 ^h | ppm | 0.30 |
| 添加维生素^{g,i} | | |
| 每千克全价日粮 | | |
| 维生素A | IU/kg | 9920 |
| 维生素D | IU/kg | 1985 |
| 维生素E | IU/kg | 66 |
| 维生素K | mg/kg | 4.4 |
| 胆碱 ^j | mg/kg | 660 |
| 烟酸 | mg/kg | 44 |
| 核黄素 | mg/kg | 10 |
| 泛酸 | mg/kg | 33 |

| 项目 ^a | 单位 | |
|----------------------------|--------|------|
| 添加维生素^{g,i} | | |
| 每千克全价日粮 | | |
| 维生素 B ₁₂ | mcg/kg | 37 |
| 叶酸 | mcg/kg | 1325 |
| 生物素 | mcg/kg | 220 |
| 硫胺素 | mg/kg | 2.2 |
| 吡哆醇 | mg/kg | 3.3 |
| 其他营养成分推荐水平 | | |
| 中性洗涤纤维 (NDF), 最低含量 | % | 11 |
| 亚油酸 | % | 1.9 |

^a本表的营养需要推荐水平是基于营养物质的每日需要量制定并作为参考方案使用。在实际生产中需要根据采食量, 当地情况, 法规和市场情况做出调整。[点击此处](#)获取PIC最佳公猪饲养工具, 根据日粮能量水平调整日粮营养水平。

^bL-赖氨酸盐酸盐的最大添加量是基于玉米-豆粕型日粮的推荐值并作为参考方案使用。如果其他氨基酸与赖氨酸的比例满足PIC推荐量, L-赖氨酸盐酸盐的添加量也可以高于上述推荐的最大水平。

^c磷的推荐值考虑了植酸酶的释放; 但具体释放量取决于供应商提供的经过同行评议的科学性研究得出的推荐。STTD磷 = 标准全肠道可消化磷。

^d在日粮中添加了植酸酶, 并使用NRC (1998和2012) 建议的STTD磷消化率和生物有效磷的情况下, 玉米豆粕型公猪日粮中有效磷的需要量估测为STTD磷推荐量的95%。

^e如果公猪日粮中未添加植酸酶, 推荐的分析钙:分析磷比例应为1.25。

^f如果主要原料的钠含量无法获得, 应保证日粮钠含量中的80%来自氯化钠。

^g微量元素和维生素的推荐水平代表额外添加量, 未考虑原料中的含量。

^h公猪料中通常使用有机硒。但并没有充足的证据表明其优于无机硒。

ⁱ制粒和(或)膨化会分别降低维生素稳定性10-12%和15-20%。请咨询维生素制造商以核实制粒条件下的特定维生素稳定性, 以评估是否需要额外添加。

^j假设典型的玉米豆粕型日粮中胆碱的含量为1325mg/kg。

PIC 培育期后备母猪营养需要推荐表 (饲喂基础)

| 项目 ^a | 单位 | 体重, kg | | |
|-----------------------------------|--------|-------------|-------------|---------------------|
| | | 23-60 | 60 - 90 | 90 到配种 ^b |
| 标准回肠可消化赖氨酸 | | | | |
| 赖氨酸:净能 ^c | g/Mcal | 4.29 | 3.46 | 2.51 |
| 赖氨酸:代谢能 ^c | g/Mcal | 3.15 | 2.57 | 1.86 |
| 蛋氨酸+半胱氨酸:赖氨酸 | 比值 | 58 | 58 | 58 |
| 苏氨酸:赖氨酸 | 比值 | 65 | 65 | 66 |
| 色氨酸:赖氨酸 | 比值 | 18 | 18 | 18 |
| 缬氨酸:赖氨酸 | 比值 | 68 | 68 | 68 |
| 异亮氨酸:赖氨酸 | 比值 | 56 | 56 | 56 |
| 亮氨酸:赖氨酸 | 比值 | 101 | 101 | 102 |
| 组氨酸:赖氨酸 | 比值 | 34 | 34 | 34 |
| 苯丙氨酸+酪氨酸:赖氨酸 | 比值 | 94 | 95 | 96 |
| L-赖氨酸盐酸盐 (最大添加量) ^d | % | 0.40 | 0.32 | 0.27 |
| 矿物质 | | | | |
| STTD磷:净能 ^e | g/Mcal | 1.64 | 1.37 | 1.09 |
| STTD磷:代谢能 ^e | g/Mcal | 1.23 | 1.04 | 0.84 |
| 有效磷:净能 ^{e,f} | g/Mcal | 1.41 | 1.17 | 0.94 |
| 有效磷:代谢能 ^{e,f} | g/Mcal | 1.05 | 0.89 | 0.73 |
| 分析钙:分析磷, 范围 ^g | 比值 | 1.25 - 1.50 | 1.25 - 1.50 | 1.25 - 1.50 |
| 钠 ^h | % | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| 氯 | % | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| 添加微量元素ⁱ | | | | |
| 锌 | ppm | 125 | 125 | 125 |
| 铁 | ppm | 100 | 100 | 100 |
| 锰 | ppm | 50 | 50 | 50 |
| 铜 | ppm | 15 | 15 | 15 |
| 碘 | ppm | 0.35 | 0.35 | 0.35 |
| 硒 | ppm | 0.30 | 0.30 | 0.30 |
| 添加维生素^{ij} 每千克全价日粮 | | | | |
| 维生素A | IU/kg | 9920 | 9920 | 9920 |
| 维生素D | IU/kg | 1985 | 1985 | 1985 |
| 维生素E | IU/kg | 66 | 66 | 66 |
| 维生素K | mg/kg | 4.4 | 4.4 | 4.4 |
| 胆碱 ^k | mg/kg | 660 | 660 | 660 |
| 烟酸 | mg/kg | 44 | 44 | 44 |

| 项目 ^a | 单位 | 体重, kg | | |
|---------------------|--------|---------|---------|---------------------|
| | | 23-60 | 60 - 90 | 90 到配种 ^b |
| 添加维生素 ^{ij} | | 每千克全价日粮 | | |
| 核黄素 | mg/kg | 9.9 | 9.9 | 9.9 |
| 泛酸 | mg/kg | 33 | 33 | 33 |
| 维生素 B ₁₂ | mcg/kg | 37 | 37 | 37 |
| 叶酸 | mcg/kg | 1325 | 1325 | 1325 |
| 生物素 | mcg/kg | 220 | 220 | 220 |
| 硫胺素 | mg/kg | 2.2 | 2.2 | 2.2 |
| 吡哆醇 | mg/kg | 3.3 | 3.3 | 3.3 |

^a 本表的营养需要推荐水平基于三阶段后备母猪培育方案,实际的日粮阶段数量和每阶段体重范围可能会有所不同。本表的推荐同时基于营养物质的每日需要量制定并作为参考方案使用。在实际生产中需要根据采食量,当地情况,法规和市场情况做出调整。[点击此处](#),获取PIC培育期后备母猪营养推荐工具,获取针对用户特定饲养方案的营养推荐

^b 当培育期后备母猪的体重达到大约90公斤以后,可以使用妊娠料进行饲养,从而减少专用后备母猪料的品种数量。

^c [点击此处](#),获取PIC培育期后备母猪营养推荐工具,获取针对用户定制的SID赖氨酸:能量比值推荐。

^d L-赖氨酸盐酸盐的最大添加量是基于玉米-豆粕型日粮的推荐值并作为参考方案使用。如果其他氨基酸与赖氨酸的比例满足PIC推荐量,L-赖氨酸盐酸盐的添加量也可以高于上述推荐的最大水平。

^e 磷的推荐值考虑了植酸酶的释放;但具体释放量取决于供应商提供的经过同行评议的科学性研究得出的推荐。STTD磷 = 标准全肠道可消化磷。

^f 在使用NRC (1998和2012) 建议的STTD磷消化率和生物有效磷的情况下,玉米豆粕型后备母猪日粮中有效磷的需要量估测为STTD磷推荐量的86%。[点击此处](#),获取PIC培育期后备母猪营养推荐工具,获取针对用户定制的STTD磷或有效磷:能量比值推荐。

^g 分析钙:分析磷的推荐比例基于Vier等 (2019c) 在满足了PIC磷推荐水平之后得到的试验结果。

^h 如果主要原料的钠含量无法获得,应保证日粮钠含量中的80%来自氯化钠。

ⁱ 微量元素和维生素的推荐水平代表额外添加量,未考虑原料中的含量。微量元素和维生素的推荐量与母猪相同。如果母猪水平的微量元素、维生素水平无法实现,可以在后备猪体重达到60kg之前使用商品猪的微量元素、维生素推荐水平。

^j 制粒和(或)膨化会分别降低维生素稳定性10-12%和15-20%。请咨询维生素制造商以核实制粒条件下的特定维生素稳定性,以评估是否需要额外添加。

^k 假设典型的玉米豆粕型日粮中胆碱的含量为1325mg/kg。

章节0

PIC头胎及经产妊娠母猪营养需要推荐表(饲喂基础)

| 项目 ^a | 单位 | 净能 | 代谢能 |
|---|--------|------|-----|
| 每日能量摄入^b | | | |
| 偏胖体况的经产母猪 ^c | Mcal/d | 3.7 | 4.9 |
| 头胎母猪 ^d 和理想体况的经产母猪 ^e | Mcal/d | 4.4 | 5.9 |
| 偏瘦体况的经产母猪 | Mcal/d | 6.1 | 8.0 |
| 卡尺变化估测^f | | | |
| 偏胖母猪, 妊娠期30至90天 | 卡尺单位 | -0.5 | |
| 理想母猪, 整个妊娠期 | 卡尺单位 | 1.7 | |
| 偏瘦母猪, 平均30天时间 | 卡尺单位 | 2.0 | |
| 标准回肠可消化氨基酸 | | | |
| 赖氨酸, 最小每日摄入量 | g/d | 11.0 | |
| 蛋氨酸+半胱氨酸: 赖氨酸 | 比值 | 70 | |
| 苏氨酸: 赖氨酸 | 比值 | 76 | |
| 色氨酸: 赖氨酸 | 比值 | 19 | |
| 缬氨酸: 赖氨酸 | 比值 | 71 | |
| 异亮氨酸: 赖氨酸 | 比值 | 58 | |
| 亮氨酸: 赖氨酸 | 比值 | 92 | |
| 组氨酸: 赖氨酸 | 比值 | 35 | |
| 苯丙氨酸+酪氨酸: 赖氨酸 | 比值 | 96 | |
| L-赖氨酸盐酸盐(最大添加量) ^g | % | 0.25 | |
| 矿物质 | | | |
| STTD磷: 净能 ^h | g/Mcal | 1.84 | |
| STTD 磷: 代谢能 ^h | g/Mcal | 1.36 | |
| 有效磷: 净能 ^{h,i} | g/Mcal | 1.74 | |
| 有效磷: 代谢能 ^{h,i} | g/Mcal | 1.29 | |
| 分析钙: 分析磷 ^j | 比值 | 1.50 | |
| 钠 ^k | % | 0.24 | |
| 氯 | % | 0.24 | |
| 添加微量元素^l | | | |
| 锌 | ppm | 125 | |
| 铁 | ppm | 100 | |
| 锰 | ppm | 50 | |
| 铜 | ppm | 15 | |
| 碘 | ppm | 0.35 | |
| 硒 | ppm | 0.30 | |

| 项目 ^a | 单位 | |
|----------------------|--------|---------|
| 添加维生素 ^{l,m} | | 每千克全价日粮 |
| 维生素 A | IU/kg | 9920 |
| 维生素 D | IU/kg | 1985 |
| 维生素 E | IU/kg | 66 |
| 维生素 K | mg/kg | 4.4 |
| 胆碱 ⁿ | mg/kg | 660 |
| 烟酸 | mg/kg | 44 |
| 核黄素 | mg/kg | 10 |
| 泛酸 | mg/kg | 33 |
| 维生素B ₁₂ | mcg/kg | 37 |
| 叶酸 | mcg/kg | 1325 |
| 生物素 | mcg/kg | 220 |
| 硫胺素 | mg/kg | 2.2 |
| 吡哆醇 | mg/kg | 3.3 |

^a 本表的营养需要推荐水平是基于营养物质的每日需要量制定并作为参考方案使用。在实际生产中需要根据采食量,当地情况,法规和市场情况做出调整。[点击此处](#)前往PIC母猪动态饲喂程序工具,根据日粮能量水平调整日粮营养水平。如果母猪所处环境温度低于等热区最低温度时,需要额外的能量摄入量用于维持体温。

^b 本表中按照0.75的换算系数根据代谢能值估测净能值。根据日粮的原料组成,该换算系数可能会有所变化(0.73到0.76)。如果妊娠料使用的是颗粒料,考虑将饲喂量下调3%。

^c 对体况卡尺评定为体况偏胖的母猪,PIC推荐仅在妊娠检查之后直到妊娠期第90天之间使用3.7 Mcal净能/天或4.9 Mcal代谢能/天的能量摄入量进行饲喂。

^d 对头胎母猪,PIC推荐整个妊娠期的能量摄入量为4.4 Mcal净能/天或5.9 Mcal代谢能/天,不根据头胎母猪初配体重调整饲喂量。同时,PIC不推荐在头胎母猪妊娠期根据体况调整饲喂量。

^e 考虑在妊娠后期对完成了2胎及以上的母猪提高每日代谢能采食量0.75 Mcal或者净能采食量0.55 Mcal。大部分完成2胎及以上的母猪的体重在200 kg以上,并且妊娠后期代表着母猪群体重最终的生产阶段。

^f 体况卡尺评分的变化基于平均体重为200 kg的母猪群进行估测。估测体况卡尺评分的回归公式:每日卡尺评分变化 = $1.35 \times (\text{ME摄入量, Mcal/d}) \div (\text{体重, kg})^{0.75} - 0.1332$ (Knauer等,2020)。

^g L-赖氨酸盐酸盐的最大添加量是基于玉米-豆粕型日粮的推荐值并作为参考方案使用。如果其他氨基酸与赖氨酸的比例满足PIC推荐量,L-赖氨酸盐酸盐的添加量也可以高于上述推荐的最大水平。

^h 磷的推荐值考虑了植酸酶的释放;但具体释放量取决于供应商提供的经过同行评议的科学性研究得出的推荐。STTD 磷 = 标准全肠道可消化磷。

ⁱ 在日粮中添加了植酸酶,并使用NRC (1998和2012) 建议的STTD磷消化率和生物有效磷的情况下,玉米豆粕型妊娠日粮中有效磷的需要量估测为STTD磷推荐量的95%。

^j 如果妊娠日粮中未添加植酸酶,推荐的分析钙:分析磷比例应为1.25。

^k 如果主要原料的钠含量无法获得,应保证日粮钠含量中的80%来自氯化钠。

^l 微量元素和维生素的推荐水平代表额外添加量,未考虑原料中的含量。

^m 制粒和(或)膨化会分别降低维生素稳定性10-12%和15-20%。请咨询维生素制造商以核实制粒条件下的特定维生素稳定性,以评估是否需要额外添加。

ⁿ 假设典型的玉米豆粕型日粮中胆碱的含量为1325 mg/kg。

章节P

PIC哺乳母猪营养需要推荐表(饲喂基础)

| 项目 ^a | 单位 | 后备母猪 | 经产母猪 | 母猪群 |
|------------------------------|--------|------|------|------|
| 净体重损失 ^b | % | <10 | <10 | <10 |
| 背膘损失, 最大 ^b | mm | 0-2 | 0-2 | 0-2 |
| 预测卡尺评分损失 ^c | 体况卡尺单位 | --- | --- | 2.3 |
| 窝增重 ^d | kg/d | 2.5 | 2.7 | 2.7 |
| 每日净能摄入量 ^{e,f} | Mcal/d | 12.5 | 15.5 | 14.9 |
| 每日代谢能摄入量 ^f | Mcal/d | 16.9 | 20.9 | 20.1 |
| 平均采食量 ^{d,g} | kg/d | 5.0 | 6.2 | 6.0 |
| 标准回肠可消化氨基酸 | | | | |
| 每日赖氨酸摄入, 单一哺乳料 | g/d | 50.0 | 62.0 | 59.5 |
| 每日赖氨酸摄入, 两阶段哺乳料 ^h | g/d | 59.0 | 56.5 | --- |
| 蛋氨酸+半胱氨酸:赖氨酸 | 比值 | 53 | 53 | 53 |
| 苏氨酸:赖氨酸 | 比值 | 64 | 64 | 64 |
| 色氨酸:赖氨酸 | 比值 | 19 | 19 | 19 |
| 缬氨酸:赖氨酸 | 比值 | 64 | 64 | 64 |
| 异亮氨酸:赖氨酸 | 比值 | 56 | 56 | 56 |
| 亮氨酸:赖氨酸 | 比值 | 114 | 114 | 114 |
| 组氨酸:赖氨酸 | 比值 | 40 | 40 | 40 |
| 苯丙氨酸+酪氨酸:赖氨酸 | 比值 | 113 | 113 | 113 |
| L-赖氨酸盐酸盐(最大添加量) ⁱ | % | 0.45 | 0.45 | 0.45 |
| 矿物质 | | | | |
| STTD 磷:净能 ^j | g/Mcal | 1.90 | 1.67 | 1.72 |
| STTD磷:代谢能 ^j | g/Mcal | 1.44 | 1.27 | 1.30 |
| 有效磷:净能 ^{j,k} | g/Mcal | 1.73 | 1.52 | 1.56 |
| 有效磷:代谢能 ^{j,k} | g/Mcal | 1.31 | 1.15 | 1.19 |
| 分析钙:分析磷 ^l | 比值 | 1.50 | 1.50 | 1.50 |
| 钠 ^m | % | 0.27 | 0.23 | 0.24 |
| 氯 | % | 0.27 | 0.23 | 0.24 |
| 添加微量元素ⁿ | | | | |
| 锌 | ppm | 125 | 125 | 125 |
| 铁 | ppm | 100 | 100 | 100 |
| 锰 | ppm | 50 | 50 | 50 |
| 铜 | ppm | 15 | 15 | 15 |
| 碘 | ppm | 0.35 | 0.35 | 0.35 |
| 硒 | ppm | 0.30 | 0.30 | 0.30 |

| 项目 ^a | 单位 | 后备母猪 | 经产母猪 | 母猪群 |
|----------------------------|--------|------|------|------|
| 添加维生素^{n,o} | | | | |
| 每千克全价日粮 | | | | |
| 维生素A | IU/kg | 9920 | 9920 | 9920 |
| 维生素D | IU/kg | 1985 | 1985 | 1985 |
| 维生素E | IU/kg | 66 | 66 | 66 |
| 维生素K | mg/kg | 4.4 | 4.4 | 4.4 |
| 胆碱 ^p | mg/kg | 660 | 660 | 660 |
| 烟酸 | mg/kg | 44 | 44 | 44 |
| 核黄素 | mg/kg | 10 | 10 | 10 |
| 泛酸 | mg/kg | 33 | 33 | 33 |
| 维生素B ₁₂ | mcg/kg | 37 | 37 | 37 |
| 叶酸 | mcg/kg | 1325 | 1325 | 1325 |
| 生物素 | mcg/kg | 220 | 220 | 220 |
| 硫胺 | mg/kg | 2.2 | 2.2 | 2.2 |
| 吡哆醇 | mg/kg | 3.3 | 3.3 | 3.3 |

^a本表的营养需要推荐水平是基于营养物质的每日需要量制定并作为参考方案使用。在实际生产中需要根据采食量,当地情况,法规和市场情况做出调整。

^b假设:后备猪配种体重为135kg,妊娠期净增重为35kg;经产母猪配种体重为180kg,妊娠期净增重为9kg;分娩后体重为175kg;体重损失为10kg。

^c哺乳期的体况卡尺分数损失基于分娩时测得的卡尺分数估测而得。数据收集于西班牙一个4500头的母猪场(Huerta等,2021)。如果使用旧版本的卡尺,则回归方程为:哺乳期卡尺分数损失 = 6.253704 + (-0.874766 × 分娩时卡尺分数) + [0.042414 × (分娩时卡尺分数)²]。如果使用新版本的卡尺,则回归方程式:卡尺单位损耗 = 6.253704 + [-0.874766 × (分娩时卡尺单位 + 4)] + [0.042414 × (分娩时卡尺单位 + 4)²]。

^d假设胎次结构为20%头胎母猪及80%经产母猪。

^e本表中按照0.75的换算系数根据代谢能值估测净能值。根据日粮的原料组成,该换算系数可能会有所变化(0.73到0.76)。

^f每日能量摄入量只作为参考,并不是推荐值。

^g每日采食量只作为21天哺乳期的参考,并不是推荐值。采食量中假设后备母猪的采食量比经产母猪平均低19%。[点击此处](#)前往PIC母猪动态饲喂程序工具,根据哺乳期平均采食量调整日粮营养水平。

^h在有条件为头胎母猪生产单独的哺乳料的情况,如分胎次管理或新场,可以考虑初产母猪每日摄入59g的SID赖氨酸以实现最大化哺乳期表现;经产母猪每日摄入56.5g的SID赖氨酸以改善成本效益。

ⁱL-赖氨酸盐酸盐的最大添加量是基于玉米-豆粕型日粮的推荐值并作为参考方案使用。如果其他氨基酸与赖氨酸的比例满足PIC推荐量,L-赖氨酸盐酸盐的添加量也可以高于上述推荐的最大水平。豆粕添加量超过30%会降低哺乳期采食量(Gourley等.,2020c)。

^j磷的推荐值考虑了植酸酶的释放;但具体释放量取决于供应商提供的经过同行评议的科学性研究得出的推荐。STTD磷 = 标准全肠道可消化磷。

^k在日粮中添加了植酸酶,并使用NRC(1998和2012)建议的STTD磷消化率和生物有效磷的情况下,玉米豆粕型妊娠日粮中有效磷的需要量估测为STTD磷推荐量的90%。

^l如果哺乳日粮中未添加植酸酶,推荐的分析钙:分析磷比例应为1.25。

^m如果主要原料的钠含量无法获得,应保证日粮钠含量中的80%来自氯化钠。

ⁿ微量元素和维生素的推荐水平代表额外添加量,未考虑原料中的含量。

^o制粒和(或)膨化会分别降低维生素稳定性10-12%和15-20%。请咨询维生素制造商以核实制粒条件下的特定维生素稳定性,以评估是否需要额外添加。

^p假设典型的玉米豆粕型日粮中胆碱的含量为1325mg/kg。

PIC保育前期猪营养需要推荐表 (饲喂基础)

| 项目 ^a | 单位 | 体重, kg | |
|------------------------------------|---------|-------------|-----------|
| | | 断奶至约7.5 | 约7.5至11.5 |
| 日粮能量水平 (基于NRC 2012数据库) | | | |
| 净能 ^{b,c} | kcal/kg | 2545 | 2545 |
| 代谢能 ^b | kcal/kg | 3395 | 3395 |
| 标准回肠可消化氨基酸 | | | |
| 赖氨酸 ^d | % | 1.46 | 1.42 |
| 蛋氨酸+半胱氨酸:赖氨酸 | 比值 | 58 | 58 |
| 苏氨酸:赖氨酸 | 比值 | 65 | 65 |
| 色氨酸:赖氨酸 | 比值 | 20 | 19 |
| 缬氨酸:赖氨酸 | 比值 | 67 | 67 |
| 异亮氨酸:赖氨酸 ^e | 比值 | 55 | 55 |
| 亮氨酸:赖氨酸 | 比值 | 100 | 100 |
| 组氨酸:赖氨酸 | 比值 | 32 | 32 |
| 苯丙氨酸+酪氨酸:赖氨酸 | 比值 | 92 | 92 |
| 矿物质 | | | |
| 有效磷 ^{f,g} | % | 0.45 | 0.40 |
| STTD磷 ^{f,g} | % | 0.50 | 0.45 |
| 分析钙 ^g | % | 0.65 | 0.65 |
| 钠 ^h | % | 0.40 | 0.35 |
| 氯 | % | 0.35 - 0.40 | 0.32 |
| 添加微量元素ⁱ | | | |
| 锌 ^j | ppm | 130 | 130 |
| 铁 ^k | ppm | 130 | 130 |
| 锰 | ppm | 50 | 50 |
| 铜 ^l | ppm | 18 | 18 |
| 碘 | ppm | 0.65 | 0.65 |
| 硒 | ppm | 0.30 | 0.30 |
| 添加维生素^{i,m} 每千克全价日粮 | | | |
| 维生素A | IU/kg | 5000 | 5000 |
| 维生素D | IU/kg | 1600 | 1600 |
| 维生素E | IU/kg | 50 | 50 |
| 维生素K | mg/kg | 3.0 | 3.0 |
| 胆碱 ⁿ | mg/kg | --- | --- |
| 烟酸 | mg/kg | 50 | 50 |
| 核黄素 | mg/kg | 8.0 | 8.0 |
| 泛酸 | mg/kg | 28 | 28 |
| 维生素B ₁₂ | mcg/kg | 38 | 38 |

| 项目 ^a | 单位 | 体重, kg | |
|------------------------------|----|---------|-----------|
| | | 断奶至约7.5 | 约7.5至11.5 |
| 其他营养成分推荐水平 | | | |
| 豆粕, 最高添加量 ^o | % | 20 | 28 |
| SID赖氨酸:粗蛋白, 最大值 ^p | % | 6.4 | 6.4 |
| 高消化性蛋白 ^q | % | 5 - 10 | 3 - 5 |
| 高消化性碳水化合物 ^r | % | 15.0 | 7.5 |

^a本表的营养需要推荐水平是基于营养物质的每日需要量制定并作为参考方案使用。在实际生产中需要根据采食量, 当地情况, 法规和市场情况做出调整。

^b能量水平是指导原则, 应根据市场价格和特定农场的情况进行调整。

^c本表中按照0.75的换算系数根据代谢能值估测净能值。根据日粮的原料组成, 该换算系数可能会有所变化(0.73到0.76)。

^d如果保育后期日粮SID赖氨酸水平满足PIC推荐, 断奶到11.5kg猪的最低日粮SID赖氨酸水平为1.35%。

^e本表中异亮氨酸:赖氨酸比值适用于血球粉添加量 < 2%的日粮。如果添加量超过2%, 异亮氨酸:赖氨酸比值应为60。

^fSTTD磷即标准全肠道可消化磷。

^g只应日粮中含有足够底物的情况下考虑植酸酶对钙磷的释放值。

^h如果主要原料的钠含量无法获得, 应保证日粮钠含量中的80%来自氯化钠。

ⁱ微量元素和维生素的推荐水平代表额外添加量, 未考虑原料中的含量。

^j不同国家对于锌元素在日粮中的添加水平有不同的监管规则, 请根据中华人民共和国农业部第2625号公告内容执行。

^k因为磷酸氢钙的铁含量很高且铁摄入过多会导致保育猪的大肠杆菌增殖, 所以铁的最大添加量为200 ppm。

^l如果日粮中不允许添加药理学水平的锌, 可以考虑添加最高水平为250 ppm的铜(假设为无机铜)提升生长性能。不同国家对于使用铜作为促生长剂有不同监管规则, 请根据中华人民共和国农业部第2625号公告内容执行。

^m制粒和(或)膨化会分别降低维生素稳定性10-12%和15-20%。请咨询维生素制造商以核实制粒条件下的特定维生素稳定性, 以评估是否需要额外添加。

ⁿ全价日粮中胆碱的总含量为1325mg/kg。

^o商业化生产中豆粕的最高推荐水平, 有助于维持猪群的健康。健康程度高的猪能耐受更高水平的豆粕(7.5-11.5kg阶段的豆粕添加量可以达到30%)。

^p以Millet等(2018)的研究结果为基础。

^q常用的高消化性蛋白来源如高质量鱼粉、动物血浆、血粉、酶解豆粕等。

^r最常见的高消化性碳水化合物来源是食用级乳糖。如果具备经济性, 其它的高消化性碳水化合物来源能够部分替代乳糖(如麦芽糖, 葡萄糖, 微粉化玉米, 微粉化米, 麦芽糊精等)。

章节R

PIC保育后期和生长育肥猪营养需要推荐表(饲喂基础)

| 项目 ^a | 单位 | 体重, kg | | | | | |
|------------------------------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 11至23 | 23至41 | 41至59 | 59至82 | 82至104 | 104至出栏 |
| 标准回肠可消化氨基酸 | | | | | | | |
| 赖氨酸:净能 ^b | g/Mcal | 5.32 | 4.74 | 4.11 | 3.54 | 3.06 | 2.72 |
| 赖氨酸:代谢能 ^b | g/Mcal | 3.90 | 3.47 | 3.03 | 2.62 | 2.29 | 2.08 |
| 蛋氨酸+半胱氨酸:赖氨酸 | 比值 | 58 | 58 | 58 | 58 | 58 | 58 |
| 苏氨酸:赖氨酸 | 比值 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | 66 |
| 色氨酸:赖氨酸 | 比值 | 19 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| 缬氨酸:赖氨酸 | 比值 | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 |
| 异亮氨酸:赖氨酸 | 比值 | 55 | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 |
| 亮氨酸:赖氨酸 ^d | 比值 | 100 | 101 | 101 | 101 | 101 | 102 |
| 组氨酸:赖氨酸 | 比值 | 32 | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 |
| 苯丙氨酸+酪氨酸:赖氨酸 | 比值 | 92 | 94 | 94 | 94 | 95 | 96 |
| L-赖氨酸盐酸盐(最大添加量) ^e | % | --- | 0.45 | 0.40 | 0.35 | 0.28 | 0.25 |
| 最大SID赖氨酸:粗蛋白 ^g | % | 6.4 | --- | --- | --- | --- | --- |
| 最低粗蛋白水平 ^h | % | --- | --- | --- | --- | --- | 13 |
| 矿物质 | | | | | | | |
| STTD磷:净能 ^{ij} | g/Mcal | 1.80 | 1.62 | 1.43 | 1.25 | 1.10 | 0.99 |
| STTD磷:代谢能 ^{ij} | g/Mcal | 1.32 | 1.20 | 1.07 | 0.95 | 0.84 | 0.77 |
| 有效磷:净能 ^{ij,k} | g/Mcal | 1.54 | 1.39 | 1.23 | 1.07 | 0.94 | 0.85 |
| 有效磷:代谢能 ^{ij,k} | g/Mcal | 1.14 | 1.03 | 0.92 | 0.82 | 0.72 | 0.66 |
| 分析钙:分析磷, 范围 ^l | 比值 | 1.25-1.50 | 1.25-1.50 | 1.25-1.50 | 1.25-1.50 | 1.25-1.50 | 1.25-1.50 |
| 钠 ^m | % | 0.28 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| 氯 | % | 0.32 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| 添加微量元素ⁿ | | | | | | | |
| 锌 | ppm | 130 | 111 | 98 | 78 | 65 | 65 |
| 铁 | ppm | 130 | 111 | 98 | 78 | 65 | 65 |
| 锰 | ppm | 50 | 43 | 38 | 30 | 25 | 25 |
| 铜 ^o | ppm | 18 | 15 | 14 | 11 | 9 | 9 |
| 碘 | ppm | 0.65 | 0.55 | 0.49 | 0.39 | 0.33 | 0.33 |
| 硒 | ppm | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.25 | 0.25 |

| 项目 ^a | 单位 | 体重, kg | | | | | |
|----------------------|--------|---------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | | 11至23 | 23至41 | 41至59 | 59至82 | 82至104 | 104至出栏 |
| 添加维生素 ^{n,p} | | 每千克全价日粮 | | | | | |
| 维生素A | IU/kg | 5000 | 4250 | 3750 | 3000 | 2500 | 2500 |
| 维生素D | IU/kg | 1600 | 1360 | 1200 | 960 | 800 | 800 |
| 维生素E | IU/kg | 51 | 44 | 37 | 31 | 26 | 26 |
| 维生素K | mg/kg | 3.1 | 2.6 | 2.4 | 1.8 | 1.5 | 1.5 |
| 烟酸 | mg/kg | 51 | 44 | 37 | 31 | 26 | 26 |
| 核黄素 | mg/kg | 8 | 7 | 7 | 4 | 4 | 4 |
| 泛酸 | mg/kg | 28 | 24 | 22 | 18 | 14 | 14 |
| 维生素B ₁₂ | mcg/kg | 38 | 33 | 29 | 22 | 20 | 20 |
| 胆碱 ^q | mg/kg | --- | --- | --- | --- | --- | --- |

^a本表的营养需要推荐水平是基于营养物质的每日需要量制定并作为参考方案使用。在实际生产中需要根据采食量,当地情况,法规和市场情况做出调整。

^b如果需要更详细的了解公式以确定赖氨酸推荐水平,请参阅章节C。请点击[此处](#)访问PIC SID赖氨酸生物学和经济学工具,根据特定情况确定日粮SID赖氨酸能量比以最大化生产表现和/或经济效益。这些工具也能预测最大化阉公猪、商品母猪和公猪生产性能的SID赖氨酸能量比。这些推荐的SID赖氨酸能量比能够满足PIC337后代的生物学需求。PIC同时建议对于PIC399的后代使用工具估测值的99%;对于PIC800的后代使用工具估测值的97%来满足生物学需求。

^c请点击[此处](#)获取保育育肥猪的色氨酸:赖氨酸经济学模型工具,基于特定情况确定SID色氨酸与赖氨酸比值以最大化生产性能及/或经济效益。

^d日粮SID亮氨酸:赖氨酸比值过高将对猪的生长性能造成不良影响。请查看下表,根据亮氨酸:赖氨酸比值调整色氨酸,缬氨酸和异亮氨酸:赖氨酸比值(源自Cemin等,2019)。

^eL-赖氨酸盐酸盐的最大添加量是基于玉米-豆粕型日粮的推荐值并作为参考方案使用。如果其他氨基酸与赖氨酸的比例满足PIC推荐量,L-赖氨酸盐酸盐的添加量也可以高于上述推荐的最大水平。

^f健康水平较高的11-23 kg猪可能耐受的最高豆粕添加量为35%。

^g以Millet等(2018)的研究结果为基础。

^h该推荐以Soto等(2019b)的一系列研究为基础。假设所有氨基酸比值均满足需要。

ⁱ磷的推荐值考虑了植酸酶的释放;但具体释放量取决于供应商提供的经过同行评议的科学性研究得出的推荐。STTD磷=标准全肠道可消化磷。

^j如果需要更详细的了解公式以确定磷推荐水平,请参阅章节C。请点击[此处](#)访问PIC STTD磷和有效磷生物学和经济学工具,根据特定情况确定磷与能量比以最大化生产表现和/或经济效益。

^k在使用NRC(1998和2012)建议的STTD磷消化率和生物有效磷的情况下,玉米豆粕型生长育肥猪日粮中有效磷的需要量估测为STTD磷推荐量的86%。

^l分析钙:分析磷的推荐比例基于Vier等(2019c)在满足了PIC磷推荐水平之后得到的试验结果。

^m如果主要原料的钠含量无法获得,应保证日粮钠含量中的80%来自氯化钠。

ⁿ微量元素和维生素的推荐水平代表额外添加量,未考虑原料中的含量。

^o在11-23kg阶段可以考虑添加最高水平为250ppm的铜(假设为无机铜)提升生长性能。不同国家对于使用铜作为促生长剂有不同监管规则,请根据中华人民共和国农业部第2625号公告内容执行。

^p制粒和(或)膨化会分别降低维生素稳定性10-12%和15-20%。请咨询维生素制造商以核实制粒条件下的特定维生素稳定性,以评估是否需要额外添加。

^q11-23kg阶段日粮中胆碱的总含量为1325mg/kg(含原料当中的胆碱)。

根据日粮亮氨酸:赖氨酸比值调整色氨酸,缬氨酸和异亮氨酸与赖氨酸比值的示例(源自Cemin等,2019)

| 项目 | 日粮亮氨酸:赖氨酸比值, % | | | | | | | | |
|------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 125.0 | 135.0 | 145.0 | 155.0 | 165.0 | 175.0 | 185.0 | 195.0 | 205.0 |
| 色氨酸:赖氨酸比值 | 18.0 | 18.2 | 18.5 | 18.7 | 19.0 | 19.2 | 19.4 | 19.7 | 19.9 |
| 缬氨酸:赖氨酸比值 | 68.0 | 68.4 | 69.7 | 71.1 | 72.4 | 73.8 | 75.1 | 76.5 | 77.8 |
| 异亮氨酸:赖氨酸比值 | 56.0 | 56.0 | 56.0 | 56.0 | 56.2 | 57.2 | 58.2 | 59.3 | 60.3 |

特定情形下PIC猪的饲喂

如果有特殊生产需要,可以对PIC的营养和饲喂推荐进行调整。此类需要包括地区政策要求,不同的生产环境,屠宰场的不同要求等。

对于特定情形下的PIC猪饲喂方式,咨询您的PIC客户团队或[点击此处](#)获取相关信息:

- 屠宰率及猪肉脂肪品质
- 特殊情形下营养水平和饲料厂的应急方案
- 饲料添加剂
- PIC猪的饲料生产指导意见
- PIC猪的特定饲喂程序
 - 高温环境的饲喂
 - 免疫去势猪
 - 液体饲料
 - 分性别饲喂
- 与异常行为相关的营养因素
- 饲料原料的使用上限
- 水

- Almeida, L. M., M. A. D. Gonçalves, U. A. D. Orlando, and A. Maiorka. 2017. 162 Effects of feeding levels during wean-to-estrus interval and first week of gestation on reproductive performance of sows. *J. Anim. Sci.* 95:76–77. doi:10.2527/asasmw.2017.12.162.
- Almeida, L. M., M. Gonçalves, U. A. D. Orlando, and A. Maiorka. 2018. 174 Effects of Feeding Level and Diet Type during Wean-to-Estrus Interval on Reproductive Performance of Sows. *J. Anim. Sci.* 96:92–92. doi:10.1093/jas/sky073.171.
- Almond, G., W. L. Flowers, L. Batista, and S. D’Allaire. 2006. Disease of the reproductive system. In: B. E. Straw, J. J. Zimmerman, S. D’Allaire, and D. J. Taylor, editors. *Diseases of swine*. 9th ed. Blackwell Publishing, Ames, IA. p. 113–147.
- Althouse, B., M. E. Wilson, T. Gall, and R. L. Moser. 2000. Effects of supplemental dietary zinc on boar sperm production and testis size. In: 14th International Congress on Animal Reproduction. Stockholm, Sweden. p. 264.
- Ampaire, A., and C. L. Levesque. 2016. D Effect of altered lysine:energy ratio during gestation on wean pig growth performance. *J. Anim. Sci.* 94:125. doi:10.2527/msasas2016-264.
- ARC (Agricultural Research Council). 1981. *The Nutrient Requirements of Pigs: Technical Review*. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough, UK.
- Athorn, R. Z., P. Stott, E. G. Bouwman, T. Y. Chen, D. J. Kennaway, and P. Langendijk. 2013. Effect of feeding level on luteal function and progesterone concentration in the vena cava during early pregnancy in gilts. *Reprod. Fertil. Dev.* 25:531–538. doi:10.1071/RD11295.
- Baidoo, S. K., F. X. Aherne, R. N. Kirkwood, and G. R. Foxcroft. 1992. Effect of feed intake during lactation and after weaning on sow reproductive performance. *Can. J. Anim. Sci.* 72:911–917. doi:10.4141/cjas92-103.
- Ball, M. E. E., E. Magowan, K. J. McCracken, V. E. Beattie, R. Bradford, F. J. Gordon, M. J. Robinson, S. Smyth, and W. Henry. 2013. The Effect of Level of Crude Protein and Available Lysine on Finishing Pig Performance, Nitrogen Balance and Nutrient Digestibility. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 26:564–572. doi:10.5713/ajas.2012.12177.
- Baumgartner, M. 1998. Boars react positively to L-carnitine supplements. *Int. Pig Top.* 13:22.
- Bazer, F. W., G. W. Song, J. Y. Kim, K. A. Dunlap, M. C. Satterfield, G. A. Johnson, R. C. Burghardt, and G. Wu. 2012. Uterine biology in sheep and pigs. *J Anim Sci Biotechnol.* 3:1–21. doi:10.1186/2049-1891-3-23.
- Berger, T., K. L. Esbenshade, M. A. Diekman, T. Hoagland, and J. Tuite. 1981. Influence of Prepubertal Consumption of Zearalenone on Sexual Development of Boars. *J. Anim. Sci.* 53:1559–1564. doi:10.2527/jas1982.5361559x.
- Bergstrom, J. R., C. N. Groesbeck, J. M. Benz, M. D. Tokach, J. L. Nelssen, J. M. DeRouchey, R. D. Goodband, and S. S. Dritz. 2007. An evaluation of dextrose, lactose, and whey sources in phase 2 starter diets for weanling pigs. *Kansas Agric. Exp. Stn. Res. Reports.* 60–65. doi:10.4148/2378-5977.6962.
- Berndt, T., and R. Kumar. 2009. Novel Mechanisms in the Regulation of Phosphorus Homeostasis. *Physiology.* 24:17–25. doi:10.1152/physiol.00034.2008.
- Boyd, R. D., G. C. Castro, R. A. Cabrera, and B. Franklin. 2002. Nutrition and management of the sow to maximize lifetime productivity. *Advances in Pork Production.* 13:47–59.
- Bruder, E., G. Gourley, and M. Goncalves. 2018. 313 - Effects of Standardized Ileal Digestible Lysine Intake during Lactation on Litter and Reproductive Performance of Gilts. *J. Anim. Sci.* 96:168–168. doi:10.1093/jas/sky073.310.
- Buis, R. Q., D. Wey, and C. F. M. De Lange. 2016. 266 - Development of precision gestation feeding program using electronic sow feeders and effects on gilt performance. *J. Anim. Sci.* 94:125-126. doi:10.2527/msasas2016-266.
- Cabezón, F. A., K. R. Stewart, A. P. Schinckel, W. Barnes, R. D. Boyd, P. Wilcock, and J. Woodliff. 2016. Effect of natural betaine on estimates of semen quality in mature AI boars during summer heat stress. *Anim. Reprod. Sci.* 170:25–37. doi:10.1016/j.anireprosci.2016.03.009.
- Cemin, H. S., C. M. Vier, M. D. Tokach, S. S. Dritz, K. J. Touchette, J. C. Woodworth, J. M. DeRouchey, and R. D. Goodband. 2018. Effects of standardized ileal digestible histidine to lysine ratio on growth performance of 7- to 11-kg nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 96:4713–4722. doi:10.1093/jas/sky319.
- Cemin, H. S., M. D. Tokach, S. S. Dritz, J. C. Woodworth, J. M. DeRouchey, and R. D. Goodband. 2019. Meta-regression analysis to predict the influence of branched-chain and large neutral amino acids on growth performance of pigs. *J. Anim. Sci.* 97:2505–2514. doi:10.1093/jas/skz118.

- Chen, J. Q., Y. S. Li, Z. J. Li, H. X. Lu, P. Q. Zhu, and C. M. Li. 2018. Dietary l-arginine supplementation improves semen quality and libido of boars under high ambient temperature. *Animal*. 12:1611–1620. doi:10.1017/S1751731117003147.
- Chiba, L. I., A. J. Lewis, and E. R. Peo. 1991. Amino acid and energy interrelationships in pigs weighing 20 to 50 kilograms: I. Rate and efficiency of weight gain. *J. Anim. Sci.* 69:694–707. doi:10.2527/1991.692694x.
- Cho, J. H., B. J. Min, Y. J. Chen, J. S. Yoo, Q. Wang, J. D. Kim, and I. H. Kim. 2007. Evaluation of FSP (Fermented Soy Protein) to Replace Soybean Meal in Weaned Pigs: Growth Performance, Blood Urea Nitrogen and Total Protein Concentrations in Serum and Nutrient Digestibility. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 20:1874–1879. doi:10.5713/ajas.2007.1874.
- Clark, A. B., M. D. Tokach, J. M. DeRouchey, S. S. Dritz, J. C. Woodworth, R. D. Goodband, and K. J. Touchette. 2017a. Effects of Amino Acid Ratios and Lysine Level on Nursery Pig Growth Performance. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports: Vol. 3: Iss. 7*. <https://doi.org/10.4148/2378-5977.7466>
- Clark, A. B., M. D. Tokach, J. M. DeRouchey, S. S. Dritz, R. D. Goodband, J. C. Woodworth, K. J. Touchette, and N. M. Bello. 2017b. Modeling the effects of standardized ileal digestible isoleucine to lysine ratio on growth performance of nursery pigs. *Transl. Anim. Sci.* 1:437–447. doi:10.2527/tas2017.0048.
- Close, W. H., and F. G. Roberts. 1993. Nutrition of the working boar. In: D. J. Cole, A. Haresign, and P. C. Garnsworthy, editors. *Recent Developments in Pig Nutrition*. 2nd ed. University Press, Nottingham, UK. p. 347–368.
- Cools, A., D. Maes, R. Decaluwé, J. Buyse, T. A. T. G. van Kempen, A. Liesegang, and G. P. J. Janssens. 2014. *Ad libitum* feeding during the periparturient period affects body condition, reproduction results and metabolism of sows. *Anim. Reprod. Sci.* 145:130–140. doi:10.1016/j.anireprosci.2014.01.008.
- CVB. 2008. Central Bureau for Livestock Feeding. Lelystad, Netherlands.
- Decaluwé, R., D. Maes, A. Cools, B. Wuyts, S. De Smet, B. Marescau, P. P. De Deyn, and G. P. J. Janssens. 2014. Effect of periparturient feeding strategy on colostrum yield and composition in sows. *J. Anim. Sci.* 92:3557–3567. doi:10.2527/jas.2014-7612.
- Dritz, S. S., R. D. Goodband, J. M. DeRouchey, M. D. Tokach, and J. C. Woodworth. 2019. Nutrient Deficiencies and Excesses. In: J. J. Zimmerman, L. A. Karriker, A. Ramirez, K. J. Schwartz, G. W. Stevenson, J. Zhang, editors. *Diseases of Swine*. 11th ed. Wiley Blackwell. p. 1041–1054.
- Engle, M. J. 1994. The role of soybean meal hypersensitivity in postweaning lag and diarrhea in piglets. *Swine Heal. Prod.* 2:7–10.
- Estienne, M. J., A. F. Harper, and R. J. Crawford. 2008. Dietary supplementation with a source of omega-3 fatty acids increases sperm number and the duration of ejaculation in boars. *Theriogenology*. 70:70–76. doi:10.1016/j.theriogenology.2008.02.007.
- Euken, R. M. 2012. Swine Feed Efficiency: Effect of dietary energy on feed efficiency. Available from: <http://www.swinefeedefficiency.com/>
- Faccin, J. E. G., M. D. Tokach, M. W. Allerson, J. C. Woodworth, J. M. DeRouchey, S. S. Dritz, F. P. Bortolozzo, and R. D. Goodband. 2020. Relationship between weaning age and antibiotic usage on pig growth performance and mortality. *J. Anim. Sci.* doi:10.1093/jas/skaa363.
- Feyera, T., T. F. Pedersen, U. Krogh, L. Foldager, and P. K. Theil. 2018. Impact of sow energy status during farrowing on farrowing kinetics, frequency of stillborn piglets, and farrowing assistance. *J. Anim. Sci.* 96:2320–2331. doi:10.1093/jas/sky141.
- Figuroa, J. L., A. J. Lewis, P. S. Miller, R. L. Fischer, and R. M. Diedrichsen. 2003. Growth, carcass traits, and plasma amino acid concentrations of gilts fed low-protein diets supplemented with amino acids including histidine, isoleucine, and valine. *J. Anim. Sci.* 81:1529–1537. doi:10.2527/2003.8161529x.
- Flohr, J. R., J. M. DeRouchey, J. C. Woodworth, M. D. Tokach, R. D. Goodband, and S. S. Dritz. 2016. Original research peer reviewed a survey of current feeding regimens for vitamins and trace minerals in the US swine industry. *J. Swine Heal. Prod.* 24:290–303.
- Fraser, D. 1987. Mineral-deficient diets and the pig's attraction to blood: implications for tail-biting. *Can. J. Anim. Sci.* 67:909–918. doi:10.4141/cjas87-096.
- Gabert, V. M., H. Jørgensen, and C. M. Nyachoti. 2001. Bioavailability of AA in feedstuffs for swine. In: A. J. Lewis and L. L. Southern, editors. *Swine Nutrition*, 2nd ed. CRC Press, New York, NY. p. 151–186.
- Gianluppi, R. D. F., M. S. Lucca, A. P. G. Mellagi, M. L. Bernardi, U. A. D. Orlando, R. R. Ulguim, and F. P. Bortolozzo. 2020. Effects of different amounts and type of diet during weaning-to-estrus interval on reproductive performance of primiparous and multiparous sows. *animal*. 14:1906–1915. doi:10.1017/S175173112000049X.
- Gonçalves, M. A. D., S. Nitikanjana, M. D. Tokach, S. S. Dritz, N. M. Bello, R. D. Goodband, K. J. Touchette, J. L. Usry, J. M. DeRouchey, and J. C. Woodworth. 2015. Effects of standardized ileal digestible tryptophan: lysine ratio on growth performance of nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 93:3909–3918. doi:10.2527/jas.2015-9083.

- Gonçalves, M. A. D., K. M. Gourley, S. S. Dritz, M. D. Tokach, N. M. Bello, J. M. DeRouchey, J. C. Woodworth, and R. D. Goodband. 2016b. Effects of amino acids and energy intake during late gestation of high-performing gilts and sows on litter and reproductive performance under commercial conditions. *J. Anim. Sci.* 94:1993–2003. doi:10.2527/jas.2015-0087.
- Gonçalves, M. A. D., M. D. Tokach, S. S. Dritz, N. M. Bello, K. J. Touchette, R. D. Goodband, J. M. Derouchey, and J. C. Woodworth. 2018. Standardized ileal digestible valine:Lysine dose response effects in 25- to 45-kg pigs under commercial conditions. *J. Anim. Sci.* 96:591–599. doi:10.1093/jas/skx059.
- González-Vega, J. C., Y. Liu, J. C. McCann, C. L. Walk, J. J. Looor, and H. H. Stein. 2016a. Requirement for digestible calcium by eleven- to twenty-five-kilogram pigs as determined by growth performance, bone ash concentration, calcium and phosphorus balances, and expression of genes involved in transport of calcium in intestinal and kidney cell. *J. Anim. Sci.* 94:3321–3334. doi:10.2527/jas.2016-0444.
- González-Vega, J. C., C. L. Walk, M. R. Murphy, and H. H. Stein. 2016b. Requirement for digestible calcium by 25 to 50 kg pigs at different dietary concentrations of phosphorus as indicated by growth performance, bone ash concentration, and calcium and phosphorus balances. *J. Anim. Sci.* 94:5272–5285. doi:10.2527/jas.2016-0751.
- Goodband, B., M. Tokach, S. Dritz, J. DeRouchey, and J. Woodworth. 2014. Practical starter pig amino acid requirements in relation to immunity, gut health and growth performance. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 5:12. doi:10.1186/2049-1891-5-12.
- Gourley, K. M., G. E. Nichols, J. A. Sonderman, Z. T. Spencer, J. C. Woodworth, M. D. Tokach, J. M. DeRouchey, S. S. Dritz, R. D. Goodband, S. J. Kitt, and E. W. Stephenson. 2017. Determining the impact of increasing standardized ileal digestible lysine for primiparous and multiparous sows during lactation. *Transl. Anim. Sci.* 1:426–436. doi:10.2527/tas2017.0043.
- Gourley, K. M., A. J. Swanson, J. M. DeRouchey, M. D. Tokach, S. S. Dritz, R. D. Goodband, and J. C. Woodworth. 2020a. Effects of increased lysine and energy feeding duration prior to parturition on sow and litter performance, piglet survival, and colostrum quality. *J. Anim. Sci.* 98. doi:10.1093/jas/skaa105.
- Gourley, K. M., A. J. Swanson, R. Q. Royall, J. M. DeRouchey, M. D. Tokach, S. S. Dritz, R. D. Goodband, C. W. Hastad, and J. C. Woodworth. 2020b. Effects of timing and size of meals prior to farrowing on sow and litter performance. *Transl. Anim. Sci.* 4:724–736. doi:10.1093/tas/txaa066.
- Gourley, K. M., J. C. Woodworth, J. M. DeRouchey, M. D. Tokach, S. S. Dritz, and R. D. Goodband. 2020c. Effects of soybean meal concentration in lactating sow diets on sow and litter performance and blood criteria. *Transl. Anim. Sci.* 4:594–601. doi:10.1093/tas/txaa037.
- Graham, A., K. J. Touchette, S. Jungst, M. Tegtmeier, J. Connor, and L. Greiner. 2015. Impact of feeding level postweaning on wean to estrus interval, conception and farrowing rates, and subsequent farrowing performance. *J. Anim. Sci.* 93:65.
- Graham, A., L. Greiner, M. A. D. Goncalves, U. A. D. Orlando, and K. J. Touchette. 2018. Lysine Requirement of Lactating Sows - Revisited. *J. Anim. Sci.* 96:167–168. doi:10.1093/jas/sky073.309.
- Greiner, L., A. Graham, K. J. Touchette, and C. R. Neill. 2016. The evaluation of increasing lysine or feed amounts in late gestation on piglet birth weights. *J. Anim. Sci.* 94:123-124. doi:10.2527/msasas2016-261.
- Greiner, L., A. Graham, K. J. Touchette, M. A. D. Goncalves, U. A. D. Orlando, and J. Connor. 2017. Threonine:Lysine ratio requirement in lactating sows. *J. Anim. Sci.* 95:115. doi:10.2527/asasmw.2017.12.240.
- Guo, J. Y., C. E. Phillips, M. T. Coffey, and S. W. Kim. 2015. Efficacy of a supplemental candy coproduct as an alternative carbohydrate source to lactose on growth performance of newly weaned pigs in a commercial farm condition. *J. Anim. Sci.* 93:5304–5312. doi:10.2527/jas.2015-9328.
- Harper, H., G. Silva, B. Peterson, A. Hanson, J. Soto, C. Vier, N. Lu, and U. Orlando. 2021. Effects of Different Feeding Levels Prior to Farrowing on Sow and Litter Performance. In: ASAS Midwest Animal Science Meetings
- Heo, J. M., J. C. Kim, C. F. Hansen, B. P. Mullan, D. J. Hampson, and J. R. Pluske. 2009. Feeding a diet with decreased protein content reduces indices of protein fermentation and the incidence of postweaning diarrhea in weaned pigs challenged with an enterotoxigenic strain of *Escherichia coli*. *J. Anim. Sci.* 87:2833–2843. doi:10.2527/jas.2008-1274.
- Huerta, I., C. M. Vier, U. A. D. Orlando, N. Lu, R. Navales, and W. R. Cast. 2021. Association between gilts and sows body condition and reproductive performance. In: ASAS Midwest Animal Science Meetings.
- Jacyno, E., A. Kołodziej, M. Kamyczek, M. Kawęcka, K. Dziadek, and A. Pietruszka. 2007. Effect of L-Carnitine Supplementation on Boar Semen Quality. *Acta Vet. Brno.* 76:595–600. doi:10.2754/avb200776040595.
- Jang, K. B., J. M. Purvis, and S. W. Kim. 2019. 143 Supplemental effects of whey permeate on growth performance and gut health of nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 97:81–82. doi:10.1093/jas/skz122.148.

- Jayaraman, B., J. Htoo, and C. M. Nyachoti. 2015. Effects of dietary threonine:lysine ratios and sanitary conditions on performance, plasma urea nitrogen, plasma-free threonine and lysine of weaned pigs. *Anim. Nutr.* 1:283–288. doi:10.1016/j.aninu.2015.09.003.
- Jerez, K., C. Ramirez-Camba, C. Vier, N. Lu, W. Cast, S. Dritz, R. Navales, U. Orlando. 2021. A web application to establish customized feeding program and nutrient specifications for highly prolific sows. In: ASAS Midwest Animal Science Meetings.
- Jindal, R., J. R. Cosgrove, F. X. Aherne, and G. R. Foxcroft. 1996. Effect of nutrition on embryonal mortality in gilts: association with progesterone. *J. Anim. Sci.* 74:620–624. doi:10.2527/1996.743620x.
- Jones, C. K., J. M. DeRouchey, J. L. Nelssen, M. D. Tokach, S. S. Dritz, and R. D. Goodband. 2010. Effects of fermented soybean meal and specialty animal protein sources on nursery pig performance. *J. Anim. Sci.* 88:1725–1732. doi:10.2527/jas.2009-2110.
- Jones, C. K., M. D. Tokach, J. L. Usry, C. R. Neill, and J. F. Patience. 2014. Evaluating lysine requirements of nursery pigs fed low protein diets with different sources of nonessential amino acids. *J. Anim. Sci.* 92:3460–3470. doi:10.2527/jas.2014-7018.
- Jones, A. M., F. Wu, J. C. Woodworth, M. D. Tokach, R. D. Goodband, J. M. DeRouchey, and S. S. Dritz. 2018. Evaluating the effects of fish meal source and level on growth performance of nursery pigs. *Transl. Anim. Sci.* 2:144–155. doi:10.1093/tas/txy010.
- De Jong, J., C. R. Neill, M. A. D. Goncalves, U. A. D. Orlando, and M. Culbertson. 2018. 310 - Effects of Standardized Ileal Digestible (SID) Threonine: Lysine Ratio on Nursery Pig Performance. *J. Anim. Sci.* 96:166–167. doi:10.1093/jas/sky073.307.
- Kahindi, R., A. Regassa, J. Htoo, and M. Nyachoti. 2017. Optimal sulfur amino acid to lysine ratio for post weaning piglets reared under clean or unclean sanitary conditions. *Anim. Nutr.* 3:380–385. doi:10.1016/j.aninu.2017.08.004.
- Kemp, B., H. J. G. Grooten, L. A. Den Hartog, P. Luiting, and M. W. A. Verstegen. 1988. The effect of a high protein intake on sperm production in boars at two semen collection frequencies. *Anim. Reprod. Sci.* 17:103–113. doi:10.1016/0378-4320(88)90050-4.
- Kemp, B., L. A. Den Hartog, and H. J. G. Grooten. 1989. The effect of feeding level on semen quantity and quality of breeding boars. *Anim. Reprod. Sci.* 20:245–254. doi:10.1016/0378-4320(89)90073-0.
- Kemp, B., F. P. Vervoort, P. Bikker, J. Janmaat, M. W. A. Verstegen, and H. J. G. Grooten. 1990. Semen collection frequency and the energy metabolism of A.I. boars. *Anim. Reprod. Sci.* 22:87–98. doi:10.1016/0378-4320(90)90068-Q.
- Kendall, D. C., A. M. Gaines, G. L. Allee, and J. L. Usry. 2008. Commercial validation of the true ileal digestible lysine requirement for eleven- to twenty-seven-kilogram pigs. *J. Anim. Sci.* 86:324–332. doi:10.2527/jas.2007-0086.
- Kim, S. W., D. H. Baker, and R. A. Easter. 2001. Dynamic ideal protein and limiting amino acids for lactating sows: the impact of amino acid mobilization. *J. Anim. Sci.* 79:2356–2366. doi:10.2527/2001.7992356x.
- Kim, S. W., and R. A. Easter. 2001. Nutritional value of fish meals in the diet for young pigs. *J. Anim. Sci.* 79:1829–1839. doi:10.2527/2001.7971829x.
- Kim, S. W., E. Van Heugten, F. Ji, C. H. Lee, and R. D. Mateo. 2010. Fermented soybean meal as a vegetable protein source for nursery pigs: I. Effects on growth performance of nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 88:214–224. doi:10.2527/jas.2009-1993.
- Knauer, M. T., J. Purvis, N. Lu, U. A. D. Orlando, C. M. Vier, and W. R. Cast. 2020. Evaluation of the NRC (2012) model in estimating standard maintenance metabolizable energy requirement of PIC® sows during mid-gestation. In: ASAS Midwest Animal Science Meetings.
- Kozink, D. M., M. J. Estienne, A. F. Harper, and J. W. Knight. 2004. Effects of dietary l-carnitine supplementation on semen characteristics in boars. *Theriogenology.* 61:1247–1258. doi:10.1016/j.theriogenology.2003.07.022.
- Kwon, W. B., and H. H. Stein. 2019. Update on amino acids in high fiber diets: Threonine and branch chained amino acids. In: Midwest Swine Nutr. Conf. Indianapolis. p. 11–17.
- Kwon, W. B., K. J. Touchette, A. Simongiovanni, K. Syriopoulos, A. Wessels, and H. H. Stein. 2019. Excess dietary leucine in diets for growing pigs reduces growth performance, biological value of protein, protein retention, and serotonin synthesis. *J. Anim. Sci.* 97:4282–4292. doi:10.1093/jas/skz259.
- De La Llata, M., S. S. Dritz, M. R. Langemeier, M. D. Tokach, R. D. Goodband, and J. L. Nelssen. 2001. Economics of increasing lysine:calorie ratio and adding dietary fat for growing-finishing pigs reared in a commercial environment. *J. Swine Heal. Prod.* 9:215–223.
- Langendijk, P., E. G. Bouwman, T. Y. Chen, R. E. Koopmanschap, and N. M. Soede. 2017. Temporary undernutrition during early gestation, corpora lutea morphometrics, ovarian progesterone secretion and embryo survival in gilts. *Reprod. Fertil. Dev.* 29:1349–1355. doi:10.1071/RD15520.
- Laskoski, F., J. E. Faccin, C. M. Vier, M. A. Goncalves, U. A. Orlando, R. Kummer, A. P. Mellagi, M. L. Bernardi, I. Wentz, and F. P. Bortolozzo. 2019. Effects of pigs per feeder hole and group size on feed intake onset, growth performance, and ear and tail lesions in nursery pigs with consistent space allowance. *J. Swine Heal. Prod.* 27:12–18. Leeson, S., and J. D. Summers. 2001. Minerals. In: *Nutrition of the Chicken*. 4th ed. University Books, Guelph, ON. p. 331–428.
- Levis, D. G. 1997. Managing post pubertal boars for optimum fertility. *The Compendium's Food Animal Medicine and Management*.
- Liao, P., X. Shu, M. Tang, B. Tan, and Y. Yin. 2018. Effect of dietary copper source (inorganic vs. chelated) on immune response, mineral status, and fecal mineral excretion in nursery piglets. *Food Agric. Immunol.* 29:548–563. doi:10.1080/09540105.2017.1416068.

- Lindemann, M. D., and N. Lu. 2019. Use of chromium as an animal feed supplement. In: J. Vincent, editor. *The nutritional biochemistry of chromium*. 1st ed. Elsevier. p. 79–125.
- Liu, Y., Y. L. Ma, J. M. Zhao, M. Vazquez-Añón, and H. H. Stein. 2014. Digestibility and retention of zinc, copper, manganese, iron, calcium, and phosphorus in pigs fed diets containing inorganic or organic minerals. *J. Anim. Sci.* 92:3407–3415. doi:10.2527/jas.2013-7080.
- Louis, G. F., A. J. Lewis, W. C. Weldon, P. M. Ermer, P. S. Miller, R. J. Kittok, and W. W. Stroup. 1994a. The effect of energy and protein intakes on boar libido, semen characteristics, and plasma hormone concentrations. *J. Anim. Sci.* 72:2051–2060. doi:10.2527/1994.7282051x.
- Louis, G. F., A. J. Lewis, W. C. Weldon, P. S. Miller, R. J. Kittok, and W. W. Stroup. 1994b. The effect of protein intake on boar libido, semen characteristics, and plasma hormone concentrations. *J. Anim. Sci.* 72:2038–2050. doi:10.2527/1994.7282038x.
- Lu, N., J. Estrada, A. Hanson, C. Vier, J. Soto, G. Silva, B. Peterson, E. Parr, M. Welsch, S. Dritz, R. Navales, W. Cast, and U. Orlando. 2022. Effects of feeding levels in early gestation on PIC Camborough sows and litter performance. In: ASAS-CSAS Annual Meeting.
- Lu, N., and M. D. Lindemann. 2017. Effects of dietary copper levels on growth performance and response to lipopolysaccharide challenge in nursery pigs from sows fed either high or low copper diets. *J. Anim. Sci.* 95:55. doi:10.2527/asasmw.2017.118.
- Lu, N., C. Vier, W. Cast, U. Orlando, M. Goncalves, and M. Young. 2020. Effects of dietary net energy and neutral detergent fiber levels on growth performance and carcass characteristics of growing finishing pigs. In: ASAS Midwest Animal Science Meetings.
- Lu, N., H. J. Monegue, and M. D. Lindemann. 2018. Long-Term Effects of Dietary Source and Level of Copper on Reproductive Performance, Nutrient Digestibility, Milk Composition, and Tissue Trace Mineral Concentrations of Sows. *J. Anim. Sci.* 96:132. doi:10.1093/jas/sky073.244.
- Lunedo, R., D. Perondi, C. M. Vier, U. A. D. Orlando, G. F. R. Lima, A. D. Junior, and R. Kummer. 2020. Determining the effects of diet complexity and body weight categories on growth performance of nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 98:92. doi:10.1093/jas/skaa054.160.
- Madec, F., N. Bridoux, S. Bounaix, and A. Jestin. 1998. Measurement of digestive disorders in the piglet at weaning and related risk factors. *Prev. Vet. Med.* 35:53–72. doi:10.1016/S0167-5877(97)00057-3.
- Main, R. G., S. S. Dritz, M. D. Tokach, R. D. Goodband, and J. L. Nelssen. 2004. Increasing weaning age improves pig performance in a multisite production system. *J. Anim. Sci.* 82:1499–1507. doi:10.2527/2004.8251499x.
- Main, R. G., S. S. Dritz, M. D. Tokach, R. D. Goodband, J. L. Nelssen, and J. M. DeRouche. 2008. Effects of Feeding Growing Pigs Less or More Than Their Estimated Lysine Requirement in Early and Late Finishing on Overall Performance. *Prof. Anim. Sci.* 24:76–87. doi:10.15232/S1080-7446(15)30813-5.
- Mallmann, A. L., F. B. Betiolo, E. Camilloti, A. P. G. Mellagi, R. R. Ulguim, I. Wentz, M. L. Bernardi, M. A. D. Gonçalves, R. Kummer, and F. P. Bortolozzo. 2018. Two different feeding levels during late gestation in gilts and sows under commercial conditions: Impact on piglet birth weight and female reproductive performance. *J. Anim. Sci.* 96:4209–4219. doi:10.1093/jas/sky297.
- Mallmann, A. L., E. Camilotti, D. P. Fagundes, C. E. Vier, A. P. G. Mellagi, R. R. Ulguim, M. L. Bernardi, U. A. D. Orlando, M. A. D. Gonçalves, R. Kummer, and F. P. Bortolozzo. 2019. Impact of feed intake during late gestation on piglet birth weight and reproductive performance: A dose-response study performed in gilts. *J. Anim. Sci.* 97:1262–1272. doi:10.1093/jas/skz017.
- Mallmann, A. L., G. S. Oliveira, R. R. Ulguim, A. P. G. Mellagi, M. L. Bernardi, U. A. D. Orlando, M. A. D. Gonçalves, R. J. Cogo, and F. P. Bortolozzo. 2020. Impact of feed intake in early gestation on maternal growth and litter size according to body reserves at weaning of young parity sows. *J. Anim. Sci.* 98. doi:10.1093/jas/skaa075.
- Mansilla, W. D., J. K. Htoo, and C. F. M. de Lange. 2017. Replacing dietary nonessential amino acids with ammonia nitrogen does not alter amino acid profile of deposited protein in the carcass of growing pigs fed a diet deficient in nonessential amino acid nitrogen. *J. Anim. Sci.* 95:4481–4489. doi:10.2527/jas2017.1631.
- Mathai, J. K., J. K. Htoo, J. E. Thomson, K. J. Touchette, and H. H. Stein. 2016. Effects of dietary fiber on the ideal standardized ileal digestible threonine:lysine ratio for twenty-five to fifty kilogram growing gilts. *J. Anim. Sci.* 94:4217–4230. doi:10.2527/jas.2016-0680.
- Menegat, M. B., S. S. Dritz, C. M. Vier, M. D. Tokach, J. M. DeRouche, J. C. Woodworth, and R. D. Goodband. 2018. Update on feeding strategies for the highly prolific sow. In: 49th AASV Annual Meeting.
- Menegat, Mariana B., S. S. Dritz, M. D. Tokach, J. C. Woodworth, J. M. DeRouche, and R. D. Goodband. 2020a. Phase-feeding strategies based on lysine specifications for grow-finish pigs. *J. Anim. Sci.* 98. doi:10.1093/jas/skz366.
- Menegat, Mariana B., S. S. Dritz, M. D. Tokach, J. C. Woodworth, J. M. Derouche, and R. D. Goodband. 2020b. A review of compensatory growth following lysine restriction in grow-finish pigs. *Transl. Anim. Sci.* 4:531–547. doi:10.1093/tas/txaa014.
- Merriman, L. A., C. L. Walk, M. R. Murphy, C. M. Parsons, and H. H. Stein. 2017. Inclusion of excess dietary calcium in diets for 100- to 130-kg growing pigs reduces feed intake and daily gain if dietary phosphorus is at or below the requirement. *J. Anim. Sci.* 95:5439–5446. doi:10.2527/jas2017.1995.
- Miller, K., and T. A. Kellner. 2020. Impact of pre-farrow feeding amount and timing on stillborn rate of sows. *J. Anim. Sci.* 98:100. doi:10.1093/jas/skaa054.173.

- Millet, S., M. Aluwé, J. De Boever, B. De Witte, L. Doudah, A. Van den Broeke, F. Leen, C. De Cuyper, B. Ampe, and S. De Campeneere. 2018. The effect of crude protein reduction on performance and nitrogen metabolism in piglets (four to nine weeks of age) fed two dietary lysine levels. *J. Anim. Sci.* 96:3824–3836. doi:10.1093/jas/sky254.
- Moeser, A. J., K. A. Ryan, P. K. Nighot, and A. T. Bliklager. 2007. Gastrointestinal dysfunction induced by early weaning is attenuated by delayed weaning and mast cell blockade in pigs. *Am. J. Physiol. Liver Physiol.* 293:G413–G421. doi:10.1152/ajpgi.00304.2006.
- Moore, K. L., B. P. Mullan, and J. C. Kim. 2013. Blend-feeding or feeding a single diet to pigs has no impact on growth performance or carcass quality. *Anim. Prod. Sci.* 53:52–56. doi:10.1071/AN12053.
- Nemechek, J. E., F. Wu, M. D. Tokach, S. S. Dritz, R. D. Goodband, J. M. DeRouchey, and J. C. Woodworth. 2018. Effect of standardized ileal digestible lysine on growth and subsequent performance of weanling pigs. *Transl. Anim. Sci.* 2:156–161. doi:10.1093/tas/txy011.
- Nitikanchana, S., S. S. Dritz, M. D. Tokach, J. M. DeRouchey, R. D. Goodband, and B. J. White. 2015. Regression analysis to predict growth performance from dietary net energy in growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 93:2826–2839. doi:10.2527/jas.2015-9005.
- Noblet, J. and J. Van Milgen. 2004. Energy value of pig feeds: Effect of pig body weight and energy evaluation system. *J. Anim. Sci.* 82:229–238. doi:10.2527/2004.8213_supplE229x.
- NRC. 1998. Nutrient requirements of swine. 10th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- NRC. 2012. Nutrient requirements of swine. 11th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Orlando, U. A. D., R. Hinson, M. Goncalves, A. D. Woodward, and N. R. Augspurger. 2018. Determination of SID Lys:ME Requirements in 129 to 149 Kg Pigs. *J. Anim. Sci.* 96:165–166. doi:10.1093/jas/sky073.305.
- Orlando, U. A. D., C. M. Vier, W. R. Cast, N. Lu, R. Navales, and S. S. Dritz. 2021. Meta-analysis to determine the standardized ileal digestible lysine requirements of growing-finishing pigs from 11- to 150-kg. In: ASAS Midwest Animal Science Meetings.
- Peters, J. C., and D. C. Mahan. 2008. Effects of dietary organic and inorganic trace mineral levels on sow reproductive performances and daily mineral intakes over six parities. *J. Anim. Sci.* 86:2247–2260. doi:10.2527/jas.2007-0431.
- Ribas, J., C. Vier, A. Siqueira, N. Brun, N. Lu, S. Dritz, R. Navales, W. Cast, and U. Orlando. 2022a. Effects of feeding levels in early gestation on PIC terminal sows and litter performance. In: ASAS Midwest Animal Science Meetings.
- Ribas, J., C. Vier, A. Siqueira, N. Brun, N. Lu, S. Dritz, R. Navales, W. Cast, and U. Orlando. 2022b. Effects of feeding levels in early gestation on PIC maternal sows and litter performance. In: ASAS Midwest Animal Science Meetings.
- Richards, J. D., J. Zhao, R. J. Harrell, C. A. Atwell, and J. J. Dibner. 2010. Trace Mineral Nutrition in Poultry and Swine. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 23:1527–1534. doi:10.5713/ajas.2010.r.07.
- Rijnen, M. M. J. A., M. W. A. Verstegen, M. J. W. Heetkamp, and J. W. Schrama. 2003. Effects of two different dietary fermentable carbohydrates on activity and heat production in group-housed growing pigs. *J. Anim. Sci.* 81:1210–1219. doi:10.2527/2003.8151210x.
- Rochell, S. J., L. S. Alexander, G. C. Rocha, W. G. Van Alstine, R. D. Boyd, J. E. Pettigrew, and R. N. Dilger. 2015. Effects of dietary soybean meal concentration on growth and immune response of pigs infected with porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *J. Anim. Sci.* 93:2987–2997. doi:10.2527/jas.2014-8462.
- Rojo, G. A. 2011. Evaluation of the effects of branched chain amino acids and corn-distillers dried grains by-products on the growth performance, carcass and meat quality characteristics of pigs. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Ruhr, L. P., G. D. Osweiler, and C. W. Foley. 1983. Effect of the estrogenic mycotoxin zearalenone on reproductive potential in the boar. *Am. J. Vet. Res.* 44:483–485.
- Ruth, M. R., and C. J. Field. 2013. The immune modifying effects of amino acids on gut-associated lymphoid tissue. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 4:1–10. doi:10.1186/2049-1891-4-27.
- Sauber, T. E., T. S. Stahly, N. H. Williams, and R. C. Ewan. 1998. Effect of lean growth genotype and dietary amino acid regimen on the lactational performance of sows. *J. Anim. Sci.* 76:1098–1111. doi:10.2527/1998.7641098x.
- Schinckel, A. P., M. E. Einstein, S. Jungst, J. O. Matthews, C. Booher, T. Dreading, C. Fralick, E. Wilson, and R. D. Boyd. 2012. Daily feed intake, energy intake, growth rate and measures of dietary energy efficiency of pigs from four sire lines fed diets with high or low metabolizable and net energy concentrations. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 25:410–420. doi:10.5713/ajas.2011.11212.
- Shaw, D. J., R. D. Goodband, M. D. Tokach, S. S. Dritz, J. M. DeRouchey, J. C. Woodworth, A. B. Lerner, and H. E. Williams. 2018. Effects of added dietary salt on pig growth performance. *Transl. Anim. Sci.* 2:396–406. doi:10.1093/tas/txy085.
- Shaw, D. J., M. D. Tokach, R. D. Goodband, S. S. Dritz, J. C. Woodworth, J. M. Derouchey, A. B. Lerner, F. Wu, C. M. Vier, M. M. Moniz, and K. N. Nemechek. 2019. Effects of sodium and chloride source and concentration on nursery pig growth performance. *J. Anim. Sci.* 97:745–755. doi:10.1093/jas/sky429.
- She, Y., Q. Huang, D. Li, and X. Piao. 2017. Effects of proteinate complex zinc on growth performance, hepatic and splenic trace elements concentrations, antioxidative function and immune functions in weaned piglets. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 30:1160–1167. doi:10.5713/ajas.16.0867.
- Shelton, N. W., C. R. Neill, J. M. DeRouchey, M. D. Tokach, R. D. Goodband, J. L. Nelssen, and S. S. Dritz. 2009. Effects of increasing feeding level during late gestation on sow and litter performance. *Kansas Agri. Exp. Stn. Res. Rep.* doi:10.4148/2378-5977.6780.

- Silva, G., R. Thompson, B. Knopf, L. Greiner, J. Soto, C. M. Vier, N. Lu, and U. A. D. Orlando. 2020. Effects of metabolizable energy and standardized ileal digestible lysine levels on lactating sow and litter performance. *J. Anim. Sci.* 98:95-96. doi:10.1093/jas/skaa054.166.
- Skinner, L. D., C. L. Levesque, D. Wey, M. Rudar, J. Zhu, S. Hooda, and C. F. M. de Lange. 2014. Impact of nursery feeding program on subsequent growth performance, carcass quality, meat quality, and physical and chemical body composition of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 92:1044-1054. doi:10.2527/jas.2013-6743.
- Soto, J., L. Greiner, J. Connor, and G. Allee. 2011. Effects increasing feeding levels in sows during late gestation on piglet birth weights. *J. Anim. Sci.* 89:86.
- Soto, J. A., M. D. Tokach, S. S. Dritz, M. A. D. Gonçalves, J. C. Woodworth, J. M. DeRouchey, R. D. Goodband, M. B. Menegat, and F. Wu. 2019a. Regression analysis to predict the impact of dietary neutral detergent fiber on carcass yield in swine. *Transl. Anim. Sci.* 3:1270-1274. doi:10.1093/tas/txz113.
- Soto, J. A., M. D. Tokach, S. S. Dritz, J. C. Woodworth, J. M. DeRouchey, R. D. Goodband, and F. Wu. 2019b. Optimal dietary standardized ileal digestible lysine and crude protein concentration for growth and carcass performance in finishing pigs weighing greater than 100 kg. *J. Anim. Sci.* 97:1701-1711. doi:10.1093/jas/skz052.
- Speight, S. M., M. J. Estienne, A. F. Harper, R. J. Crawford, J. W. Knight, and B. D. Whitaker. 2012. Effects of dietary supplementation with an organic source of selenium on characteristics of semen quality and in vitro fertility in boars. *J. Anim. Sci.* 90:761-770. doi:10.2527/jas.2011-3874.
- Stein, H. H., L. A. Merriman, and J. C. González-Vega. 2016. Establishing a digestible calcium requirement for pigs. In: C. L. Walk, I. Kühn, H. H. Stein, M. T. Kidd, and M. Rodehutschord, editors. *Phytate destruction - consequences for precision animal nutrition*. Wageningen Academic Publishers. p. 207-216. doi:10.3920/978-90-8686-836-0_13.
- Stevermer, E. J., M. F. Kovacs, W. G. Hoekstra, and H. L. Self. 1961. Effect of Feed Intake on Semen Characteristics and Reproductive Performance of Mature Boars. *J. Anim. Sci.* 20:858-865. doi:10.2527/jas1961.204858x.
- Stähr, B., L. Rothe, and D. Waberski. 2009. Empfehlungen zur Gewinnung, Aufbereitung, Lagerung und Transport von Ebersperma Handbuch für Besamungsstationen. Diss. med. vet. Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
- Stewart, K. R., C. L. Bradley, P. Wilcock, F. Domingues, M. Kleve-Feld, and J. Hundley. 2016. Superdosing phytase fed to mature boars improves semen concentration and reproductive efficiency. *J. Anim. Sci.* 94:109. doi:10.2527/msasas2016-231.
- Sulabo, R. C., J. Y. Jacela, M. D. Tokach, S. S. Dritz, R. D. Goodband, J. M. DeRouchey, and J. L. Nelssen. 2010. Effects of lactation feed intake and creep feeding on sow and piglet performance. *J. Anim. Sci.* 88:3145-3153. doi:10.2527/jas.2009-2131.
- Sutkevičienė, N., B. Bakutis, A. Banys, B. Karvelienė, A. Rutkauskas, J. Sabeckienė, and H. Žilinskas. 2009. The effect of the estrogenic mycotoxin zearalenone on boar reproductive potential and the dynamic of aspartate aminotransferase and alanine aminotransferase levels in the boar blood serum. *Vet. ir Zootech.* 46:73-77.
- Thomas, L. L., M. D. Tokach, J. C. Woodworth, R. D. Goodband, S. S. Dritz, and J. M. DeRouchey. 2018. Effects of Added Soybean Isoflavones in Low Crude Protein Diets on Growth and Carcass Performance of Finishing Pigs from 260 to 320 lb. *Kansas Agric. Exp. Stn. Res. Reports.* 4. doi:10.4148/2378-5977.7684.
- Thompson, R., B. Knopf, C. M. Vier, L. Ning, R. C. Wayne, and U.A.D. Orlando. 2020. Evaluation of Different Vitamin Concentrations in a Commercial Wean-to-Finish Program. *J. Anim. Sci.* 98:170-171. doi:10.1093/jas/skaa054.302.
- Tokach, M. D., and R. D. Goodband. 2007. Feeding Boars for Optimum Sperm Production. In: *Proceedings of Swine Reproduction Preconference Symposium at 2007 AASV Annual Meeting*.
- Tokach, M. D., and M. A. D. Gonçalves. 2014. Impact of nutrition and other production factors on carcass quality in pigs. In: *Proc. Latin America Pork Expo. Foz do Iguacu, Brazil.* p. 9.
- Tokach, M. D., M. B. Menegat, K. M. Gourley, and R. D. Goodband. 2019. Review: Nutrient requirements of the modern high-producing lactating sow, with an emphasis on amino acid requirements. *Animal.* 13:2967-2977. doi:10.1017/S1751731119001253.
- Totafurno, A. D., L. A. Huber, W. D. Mansilla, D. Wey, I. B. Mandell, and C. F. M. De Lange. 2019. The effects of a temporary lysine restriction in newly weaned pigs on growth performance and body composition. *J. Anim. Sci.* 97:3859-3870. doi:10.1093/jas/skz196.
- Touchette, K., R. Hinson, and M. Goncalves. 2018. 49 Determination of Sid Val: Lys Requirements in Lactating Sows. *J. Anim. Sci.* 96:26-27. doi:10.1093/jas/sky073.047.
- Tous, N., R. Lizardo, B. Vilà, M. Gispert, M. Font-i-Furnols, and E. Esteve-Garcia. 2014. Effect of reducing dietary protein and lysine on growth performance, carcass characteristics, intramuscular fat, and fatty acid profile of finishing barrows. *J. Anim. Sci.* 92:129-140. doi:10.2527/jas.2012-6222.
- Tuffo, L. Del, M. D. Tokach, C. K. Jones, J. M. DeRouchey, and R. D. Goodband. 2019. Evaluation of different vitamin concentrations on grow-finish pig growth and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 97:108-109. doi:10.1093/jas/skz122.192.
- Underwood, E. J., and F. Suttle. 1999. *The Mineral Nutrition of Livestock*, 3rd ed. CAB International, Wallingford, UK.
- Vier, C. M., S. S. Dritz, F. Wu, M. D. Tokach, J. M. DeRouchey, R. D. Goodband, M. A. D. Gonçalves, U. A. D. Orlando, and J. C. Woodworth. 2019a. Effects of standardized total tract digestible phosphorus on growth performance of 11- to 23-kg pigs fed diets with or without phytase. *J. Anim. Sci.* 97:4032-4040. doi:10.1093/jas/skz255.

- Vier, C. M., S. S. Dritz, F. Wu, M. D. Tokach, J. M. DeRouchey, R. D. Goodband, M. A. D. Gonçalves, U. A. D. Orlando, K. Chitakasempornkul, and J. C. Woodworth. 2019b. Standardized total tract digestible phosphorus requirement of 24-to 130-kg pigs. *J. Anim. Sci.* 97:4023–4031. doi:10.1093/jas/skz256.
- Vier, C. M., S. S. Dritz, M. D. Tokach, J. M. DeRouchey, R. D. Goodband, M. A. D. Gonçalves, U. A. D. Orlando, J. R. Bergstrom, and J. C. Woodworth. 2019c. Calcium to phosphorus ratio requirement of 26-to 127-kg pigs fed diets with or without phytase. *J. Anim. Sci.* 97:4041–4052. doi:10.1093/jas/skz257.
- Wähner, M., M. Geyer, G. Hallfarth, and U. Hühn. 2004. Der einfluss von zulagen einer vitaminemulsion mit L-Carnitin auf die spermaeigenschaften von besamungsebern. *Zuchtungskunde.* 76:196–207.
- Whang, K. Y., F. K. McKeith, S. W. Kim, and R. A. Easter. 2000. Effect of starter feeding program on growth performance and gains of body components from weaning to market weight in swine. *J. Anim. Sci.* 78:2885–2895. doi:10.2527/2000.78112885x.
- Whitney, M. H., and C. Masker. 2010. Replacement gilt and boar nutrient recommendations and feeding management. *Pork Information Gateway.* Available from: <https://porkgateway.org/resource/replacement-gilt-and-boar-nutrient-recommendations-and-feeding-management/>.
- Wolter, B. F., M. Ellis, B. P. Corrigan, J. M. DeDecker, S. E. Curtis, E. N. Parr, and D. M. Webel. 2003. Impact of early postweaning growth rate as affected by diet complexity and space allocation on subsequent growth performance of pigs in a wean-to-finish production system. *J. Anim. Sci.* 81:353–359. doi:10.2527/2003.812353x.
- Wu, D., Ai-rong, Z., Yan, L., Sheng-yu, X., Hai-yan, G. and Yong, Z., 2009. Effect of feeding allowance level on embryonic survival, IGF-1, insulin, GH, leptin and progesterone secretion in early pregnancy gilts. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 93(5), pp.577-585.
- Wu, F., M. D. Tokach, S. S. Dritz, J. C. Woodworth, J. M. DeRouchey, R. D. Goodband, M. A. D. Gonçalves, and J. R. Bergstrom. 2018. Effects of dietary calcium to phosphorus ratio and addition of phytase on growth performance of nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 96:1825–1837. doi:10.1093/jas/sky101.
- Xue, L., X. Piao, D. Li, P. Li, R. Zhang, S. Kim, and B. Dong. 2012. The effect of the ratio of standardized ileal digestible lysine to metabolizable energy on growth performance, blood metabolites and hormones of lactating sows. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 3:11. doi:10.1186/2049-1891-3-11.
- Yang, H., J. E. Pettigrew, L. J. Johnston, G. C. Shurson, and R. D. Walker. 2000. Lactational and subsequent reproductive responses of lactating sows to dietary lysine (protein) concentration. *J. Anim. Sci.* 78:348–357. doi:10.2527/2000.782348x.

章节U

致谢

特别感谢下述人员在诸多研究试验当中的贡献,以及在审核PIC营养和饲喂规格手册上花费的时间。

- Alexandre Gomes Rocha (巴西, Aurora Alimentos)
- Annie Clark (美国, Schwartz farms)
- Fangzhou Arkin Wu (美国/中国, 派斯通)
- Carlos Kippert Jr. (巴西, 巴西食品)
- Fernando Bortolozzo (巴西, 南大河州联邦大学)
- Gonzalo Castro (智利, 顾问)
- Jose Soto (美国, 味之素)
- Keysuke Muramatsu (巴西, JBS Foods)
- Kyle Coble (美国, JBS Foods)
- Laura Greiner (美国, 爱荷华州立大学)
- Malachy Young (加拿大, Gowans)
- Melissa Hannas (巴西, 维索萨联邦大学)
- Merlin Lindemann (美国, 肯塔基大学)
- Mick Hazzledine (英国, 联合农产品集团)
- Mike Tokach (美国, 堪萨斯州立大学)
- Pau Aymerich (西班牙, Vall Company)
- Rommel Sulabo (菲律宾, 菲律宾大学)
- Simon Turner (英国, 罗斯林研究所)
- Sung Woo Kim (美国, 北卡罗来纳州立大学)
- Tom Crenshaw (美国, 威斯康星大学)
- 张文晔 (中国, 石羊集团)

此外,我们也想感谢Leopoldo Almeida (巴西巴拉那联邦大学, 博士生)对所有参考文献的组织和检查工作。



PIC中国

地址：上海市徐汇区漕宝路509号华美达广场1101室

邮编：200233

电话：862134612020

网站：<https://cn.pic.com>

 Never Stop Improving