

第57章 营养缺乏症和营养过剩症

对于肉猪生产来说，适当营养是持续的经济和环境生存能力的基础。只有当日粮中含必需营养素的正确量和达到平衡时，猪的生产性能最好且随粪便排出最少的营养素。但有时猪所食的日粮中含有不足或过量的一种或多种营养素，并且产生不同程度的影响。轻者为生长缓慢和饲料效率轻度降低，重者出现明显的临床和亚临床症状，甚至死亡。

图 57.1 显示了在营养素中，一种营养素的缺乏和过剩之间变化的关系。克服营养缺乏（即需求）相关的营养素摄取与出现毒性时的营养素摄取之间的绝对差异（耐受范围）可大（例如水溶性维生素）可小（例如硒）。这种观察结果与特定营养素的安全范围一样至关重要。

本章介绍了在猪只上出现过的营养缺乏症和营养过剩症的临床症状（外观的）和亚临床症状（只能通过尸体剖解或临床方法学予以证实）。尽管现在很少观察到单一的营养缺乏症或营养过剩症的状况，但认识不正确的营养应是克服养猪业问题的措施之一。

本章提供的内容来自用猪进行研究的结果，并且多数情况下是通过一次改变一种营养素的摄取所获得的。但往往营养素的作用是相互关联的。当多种营养素缺乏和过剩时，如在日粮中不适当添加维生素和微量矿物盐混合物时，会出现何种情况尚不清楚。

在当今的农场，维生素、矿物盐过剩症比缺乏症更易发生，原因在于日粮中按常规添加维生素、矿物盐。本章报道的营养缺乏症中许多问题在于饲喂纯化或半纯化日粮的猪只上，对此应重点加以考虑。为了能够观察到缺乏症的症状，必须提供一种含此种营养素极低的日粮。在实际猪日粮中使用的原料包含了多种必需的营养素（NRC，1988）。但如果不添加适当的营养素，就会出现某些症状。

营养缺乏症的原因

饲料摄食减少

猪应每日消耗一定量的必需营养素以利于最适生长发育。因为日粮通常按浓度配制，猪摄取低于需要的饲料量就可能导致营养缺乏症。这种情况最常见于怀孕母猪和配种公猪，其原因是此时因控制增重而限制其摄食。对于哺乳母猪，则因消耗的饲料低于最适生产性能所需，也可能发生这种情况。此外，瘦肉沉积能力强的生长猪饲料摄入也减少。

原料中营养素的生物可利用率降低

原料中的营养素并非全为维持、生长和哺乳的猪只所充分利用。原料中，以被猪可利用的形式吸收的营养素部分被称作生物可利用营养素。生物可利用营养素的量主要取决于营养素的来源。例如，磷酸氢钙中的磷就比谷物和植物蛋白质添加剂中的磷具有高得多的生物可利用性。在后面的原料中，磷被结合到肌醇六磷酸盐复合物中，在消化过程中不能充分释放。因此，如果在日粮配方中不考虑生物可利用性的话，就可能发生磷缺乏；另一方面，虽然有些饲料原料中所含营养素的生物可利用性低，但仍能释放足够量的营养素以满足动物的需要。值得注意的是，生物可利用性的估计与参考原料有关；因此，应该仔细检查参考原料的性质。

原料中营养素含量的变化

如果不考虑日粮配方的话，原料中营养素含量与期望或“书本”值之间的偏差可能导致营养缺乏症。例如，据报道，来自美国 15 个州的玉米样品所含赖氨酸为 0.24%~0.31%，大豆粉为 0.27%~3.0% (NCR-42,1992)。同时也报道了维生素含量的变化，并且这种变化与种植、收获、贮藏和加工条件有关 (Hoffman-La Roche, 1991)。

日粮配方与配制错误

在日粮配方中和配制时可能出现一些错误，并导致营养缺乏症。这些错误包括：在日粮中使用不正确的量或错误的原料，在每批之间没有适当清洁混匀器。此外，当使用没有设计互补的商售饲料产品配制日粮时，也可能发生营养缺乏症。外包装矿物盐随意加到已适当添加的日粮中可以使一些矿物盐干扰另一些矿物盐的利用，并导致营养缺乏症。而且，据 Traylor 等 (1994) 报道，缩短饲料混匀器混匀的时间也可以使最终日粮的营养素含量发生明显变化，并降低猪的生产性能。

猪营养需要的变化

猪具有不同的瘦肉生长和繁殖的能力，因此有不同的营养需求。例如一定水平的日粮赖氨酸对于病态的、低瘦肉增长的猪来说似乎是适当的，但对于健康的、高瘦肉增长的猪来说是缺乏 (Williams 等, 1994)。Stahly 等 (1991) 也报道，增加日粮赖氨酸水平比不同基因型瘦肉生长能力更能提高生产性能，表明赖氨酸水平与基因型的相互作用。况且，在同龄组猪中，有些可以出现缺乏症症状，而有些则不出现 (Cunha, 1977)；表明需要仔细观察每头猪的营养缺乏症症状。

营养过剩

所有必需营养素必须被猪只消化和利用，以避免缺乏症。为此，保持日粮中营养素的适当平衡是重要的。许多营养素在小肠有共同的吸收位点。因此，一种高日粮水平的营养素通过吸收位点时可能损害另一种营养素的吸收，并引起缺乏症。此外，一种营养素的过剩可能形成某种难以吸收的化学复合物。在实际情况下，可能产生问题的营养素的相互作用主要发生在钙与磷、钙与锌，以及铜、铁与锌之间。在某些情况下，营养过剩症可能与相互作用的营养素产生的缺乏症有关。

营养缺乏症的症状

表 57.1，表 57.2，表 57.3 列出了几种营养素的临床和亚临床缺乏症症状。在开始出现营养缺乏症症状的时间上存在很大的差异。例如，饲喂维生素 D 缺乏的日粮的猪经过 4~6 个月才出现缺乏症的症状 (NRC, 1988)，而盐缺乏症的症状几天就可出现 (Patience 和 Zijlstra, 2001)。

猪的营养需求由 NRC 发布 (1998)；并且可以作为指南，以便在配制猪日粮时尽量减少出现营养缺乏症的可能性。因已知有多个因素影响营养素需求 (NRC, 1988)，因此对这些需求应小心地增加安全限度，以保证动物的最适生产性能 (Reese 等, 2000)。

营养过剩症的原因

过多的摄食

有时给怀孕母猪和配种公猪饲喂超过其最适生产性能所需的日粮，结果它们消耗太多的能量，并获得过剩的体重和脂肪，从而降低繁殖性能和缩短寿命。

日粮配制错误

在引起营养缺乏症的日粮配制中的错误，同样可以引起营养过剩症。

水质差

水中所含多种矿物盐的量可能很高，其中有些可能来自工业废弃物或其它污染源(NRC, 1980)，有些则来自天然矿物盐沉积。已有几项报道对饮用差质水引起营养过剩症进行了研究。尽管如此，似乎在适应一段时间后，猪就能耐受含高水平的总的可溶性固体(5000 ppm)的水(Reese 等, 2000)。

污染的矿物盐添加剂

将矿物盐添加剂(如磷酸氢钙和磷酸脱氟石)加到猪的日粮中，以补充由谷物和蛋白质补充料配制的日粮中的不足。这些矿物盐添加剂除主要有利元素外，通常还含有其它元素；例如，磷酸脱氟石还分别含有 3.27%的钠和 0.84%的铁(NRC, 1998)。此外，有些磷源含有高水平的铝和氟，有些钙源含大量的镁和铁。同样，有些锌和铜源被铅和镉污染(D. A. Hill, 私人通信, 1997)。如果在配制日粮时加以考虑的话，这些“额外”元素通常对猪不会产生影响。矿物盐添加剂所含“其它”元素的类型和量取决于制造添加剂的原材料和加工类型(NRC, 1980)。

营养过剩症的症状和耐受水平

表 57.4, 表 57.5, 表 57.6 列出了几种营养素过剩摄入所引起的症状及估计的耐受水平。因为许多矿物盐在消化和利用过程中可以相互作用，所以一种矿物盐(如钙)的高摄入可以导致另一种矿物盐(如磷或锌)的缺乏。为了解决这类问题，例如既可减少钙的日粮水平，也可提高日粮中磷或锌的水平。

铜(以硫酸铜的形式，浓度为 250 ppm)和锌(以氧化锌的形式，3000 ppm)对促进仔猪的生长有独特的作用，其日粮中含量水平远超过猪对这些营养素的需求(Hill 和 Spears, 2001)。尽管如此，像其它矿物盐一样，日粮中太多的铜或锌将产生有害作用(表 57.5)。

Lewis (2001) 将消耗不正确量氨基酸的有害作用至少分成中毒和失衡两大类，消耗超水平的某种氨基酸可以引起中毒，而过剩摄入一种或多种氨基酸则导致失衡。对于后者，日粮中一种氨基酸的过剩可以加重另一种特定氨基酸的缺乏；此时可以通过适当添加相应氨基酸加以平衡。实际上，只有在使用结晶型氨基酸配制日粮过程中的错误可以导致中毒和失衡。目前商售的饲料级氨基酸只有赖氨酸、色氨酸、苏氨酸和甲硫氨酸。

除 Wahlstrom 和 Libal (1974) 对添加赖氨酸和甲硫氨酸的评价研究外，当把有利氨基酸加入被认为所有必需氨基酸都是适当的基础日粮中时，才能观察到表 57.6 所列出的超水平氨基酸的影响。换言之，就是在基础和氨基酸添加日粮中保持大豆粉的稳定水平。

Wahlstrom 和 Libal (1974) 在含大豆粉比基础日粮少的日粮中加入 DL-甲硫氨酸(0.2%)。当添加甲硫氨酸低于其他研究者所报道的水平时，猪的生产性能降低；其原因在于这种情况加重了赖氨酸缺乏(即造成氨基酸失衡)。不过，根据 Baker (1977) 的报道，猪似乎对日粮中过剩的甲硫氨酸特别敏感。将饲料级氨基酸加入到含 10 种精确定量必需氨基酸的日粮中比单独加入到低蛋白日粮中可能具有更高的耐受水平，认识这一点很重要。

还没有资料证明某些营养素具有耐受水平，因为还没有报道猪过剩摄入可以产生副作用。因此，当表中出现“无资料”时，不应推论该营养素对猪是绝对安全的。有报道称，镁和钾（NRC，1980）以及烟碱酸、维生素 K，维生素 E 和吡哆酸（NRC，1987）在其它动物上有毒性。一般来说，在猪只上尚未观察到副反应的维生素，比需求大得多的日粮浓度是比较安全的。特别是 B 族维生素（如核黄素、叶酸）更是如此。这些维生素不在体内广泛存留，过剩时很容易从尿中排出。

一种营养素的估计耐受量被定义为日食量，即在限定时间内饲喂，营养素不可能影响猪的生长性能，并在体内不应产生不安全的残留（NRC，1980）。尽管耐受水平随动物的年龄和生理条件而变化（NRC，1980），而在表中，对每种营养素只列出了一个耐受水平；除非有足够的资料证明可列出多个耐受水平。所列出的耐受值不能代表生产条件下的实际耐受水平。许多根据耐受水平所做的研究试验是在限定的时间内，使用具有与实际猪日粮中所有的不同生物可利用性的营养素源进行的。表中“未确定”意味着没有足够的资料提供一个猪的耐受水平。

可能出现的饲料相关紊乱的调查

规范的生产记录，结合每日对动物的仔细观察，对于鉴别营养不当所致的问题是重要的。应监测增重，饲料摄取和饲料效率，因为它们受到许多饲喂相关紊乱的典型影响。当生长性能明显降低，或者多只动物出现异常时，应重点考虑饲喂和营养方面的问题。一般来说，饲喂相关紊乱是由于不适当的摄食或劣质饲料所引起的。

饲料摄取

由于猪只没有消耗足够的饲料，造成猪场出现多种饲喂相关问题。例如，哺乳母猪和生长猪的采食受到太多的限制，人为错误、贮料罐或进料器输送饲料或设备损坏常常限制采食。不适当摄食的其它原因是水的数量和质量问题，过分拥挤，以及进料器空间和设计不合理。在调查饲料质量之前，首先应消除不适当采食造成饲喂相关紊乱的可能性。

饲料质量

如果饲喂相关紊乱不是由不适当采食引起的，则应查找可能的饲料质量问题。检查饲料是否外部污染（如垃圾、石头和啮齿动物排泄物）和其它指标（如颜色和气味）的变化。颜色的明显变化可能是原料的改变造成的（这不一定是问题），也可能是不适当的加工过程（如过热）引起的；此外，还应考虑饲料是否发霉或真菌毒素污染。当然，饲料中含过少或过多的一种或多种营养素同样可以影响饲料的质量。

猪的营养缺乏症和营养过剩症在养猪场几乎很少达到出现临床或亚临床症状的严重程度。但实际上确有发生。已观察到硒或维生素 E、氨基酸、生物素（对于母猪）、锌、磷酸盐和盐缺乏症，也已观察到与硒、维生素 A、维生素 D、铜和锌超量有关的问题。

为了查找和鉴别可能与饲喂有关的营养素问题，可以使用表 57.7 进行初步排查。在表中，以字母顺序将表 52.1~表 52.6 所列的临床症状进行了归纳排列。以观察到的临床症状，就可确定有关的营养素。例如，如果猪摄食受到影响，在表 57.7 中找到“厌食或摄食减少”项，并找到可能与摄食减少有关的营养素列表。如果还观察到其它的临床症状，则用这些临床症状缩小相关营养素种类

的范围。然后，参考表 57.1~表 57.6 所列出的亚临床症状，做出更加准确的诊断。也不容忽视，表 57.7 所列出的某些临床症状可能是由营养不当以外的其它因素引起的（例如，环境、传染病等）。最后，采集饲料样品，分析其中可能有问题的营养素。

采样程序

采集饲料样品进行实验室分析时，必须采集有代表性的样品；否则分析结果可能产生误导。使用谷粒采集器采样是最准确的采样方法。采样时，它可以深插进进料器、饲料袋和其它容器中。如果没有谷粒采集器，可以用手或勺子采样。

对于鉴定饲料质量问题而言，从进料器采样的变化是最大的。至少应该从每两个进料器中的一个采样，并且将采集器插入两个不同的部位采样。如果用手采样，必须保证将手臂插至肘部。当直接从混合器或卸载器采样时，卸载过程中除开始和最后一把外，在不同的时间间隔，每吨料中间应采集十把样品。将样品装入在大的洁净容器内混合均匀；再用两只容器分装，每只装 0.5 公斤，密封后做好明确标记和采样日期。最好使用厚塑料袋、带帽塑料瓶或干净的广口瓶保存样品。将一份样品送去实验室，另一份样品冷冻保存至分析完成。

实验室结果解释

即使采集的饲料样品是合格的，在采样和实验室分析过程中也可能出现错误，但可以最大限度地减少这些错误。这些错误可以造成实验室报告和生产者期望之间的营养素水平的不同。一般来说，只要分析的营养素值与日粮中计算的营养素含量之间没有显著差异，可以不必在意。在分析实验结果时，将分析值与日粮中计算的营养素含量进行比较是必需的步骤。

按日粮配方、相应的饲料标签和原料营养素含量，计算配制的饲料的营养素含量。与所计算的比较，将实验报告的值判定为：饲喂、符合或接受。

通过比较计算值与分析值之间差别的大小，得出是否存在饲料质量问题的相应结论。表 57.8 列出了某些营养素与采样和实验室分析有关的期望误差量（例如磷为 13%）。通过变异值和日粮中营养素的计算含量，可以估计日粮中营养素量的期望范围。例如，假定日粮中磷的计算含量为 0.65%，考虑正常采样和实验误差，那么日粮中磷水平的可接受范围为 0.57%~0.73%。其计算如下： $0.65\% \times 0.13 = 0.08$ ； $0.65\% - 0.08\% = 0.57\%$ ； $0.65\% + 0.08\% = 0.73\%$ 。

如果分析值在可接受范围之内（如为 0.57%~0.73%），就可能不存在某种营养素的饲料质量问题。尽管如此，如果任意一种或全部营养素的水平超出可接受范围，并且使用了适当的采样程序，那么应该把一部分保留的样品送到同一实验室或另一实验室进行重新分析。如果第二次分析的结果也超出正常范围，就可能存在饲料的质量问题。综合本章前述的营养缺乏症和营养过剩症的病因，就可分析确定质量问题的原因。需再次强调的是，一种营养素的拮抗作用或过剩可以证明另一种营养素的缺乏；因此，通过提供大致适当的日粮营养素浓度就可以观察到缺乏症症状。在锌和铜、钙和锌之间，最有可能出现这种情况。

营养素缺乏症和营养素过剩症的预防

重点应该放在减少猪摄食不适当或超水平营养素日粮的机会。适当的营养才能保证经济、生产

性能、健康和环境管理目标的实现。

满足猪的营养素需求

几个因素（包括性别、年龄、季节和基因型）可以影响猪的营养素需求。因此，监测猪的生产性能（例如瘦肉率、摄食等）对于单个养猪场是重要的。并且根据观察到的生产情况而不是使用一整套的营养素推荐资料来配制日粮。此外，当使用日粮百分率表达时，随着猪生长其营养素需求降低。因此，猪出栏时应该饲喂含低强度营养素的日粮。这通常叫做“阶段饲养”。在典型的阶段饲养计划中，长到 25kg~120kg 的猪应该饲喂四种以上不同的日粮。同样，在生长--完成期公猪比母猪消耗更多的饲料，所以公猪的氨基酸需求（日粮百分率）要低一些。最好公猪与母猪分开饲养，并饲喂含不同氨基酸浓度的日粮（Reese 等，2000）。NRC（1998）和 Reese 等（2000）提供了不同阶段猪的营养素推荐剂量，但没有提供公猪和母猪对其它营养素的单独需求。

执行质量控制计划

周期性监测原料和配制好的饲料的营养素含量有助于预防营养不当的问题。仔细采集样品，保证其代表性，然后将其提供给有资质的实验室进行分析。分析原料和日粮中猪需求的所有营养素是不现实的；因此，只需分析原料或日粮中的主要营养素。一般来说，在完成的日粮中，这些营养素包括粗蛋白、钙和磷。分析粗蛋白的蛋白质添加剂，并参考 NRC（1998）推荐，估计粗蛋白含量的氨基酸系数。分析在基础混合剂和预混剂中的钙、磷、至少一种微量矿物盐（例如锌）和维生素 A 或维生素 E。在分析结果时，将分析值与原料或日粮的期望营养素含量进行比较。

当动物没有按照期望要求生产时，有时应适当采集水样进行化学分析。有些商业实验室可以提供包括不同矿物盐分析在内的“家畜适应性”试验。水中的矿物盐不应替代饲料中推荐的量。当水中所含矿物盐高于正常值时，可以将猪对该种矿物盐的日常需求与通过水消耗的量进行比较，然后确定日粮中矿物盐含量是否应调节到防止矿物盐过剩的问题。与猪的需求相比较，水中矿物盐的作用通常微乎其微。因此，日粮中矿物盐浓度不需调节。

执行饲料生产管理规范

执行饲料生产管理规范包括：依据生产厂家的说明书使用产品，正确操作饲料混合器，以及使用可靠的衡器称重原料。原料的容积密度或测试重量是可变的。因此，不宜根据容积将原料加入日粮中（Reese 和 Brumm，1992）。此外，要保证所有的饲料原料标签清楚，配料区清洁；监督原料的购买和使用，保证按照参数配制饲料，并且配制后 30 日内使用。

营养素摄取的最大化和营养素排泄的最小化

饲料原料和饲料中的营养素只有部分能够被猪利用。消化和代谢的无效性分别反映在粪便和尿液中排泄营养素。因此，为了计算饲料（特别是副产品饲料）中营养素可利用性的变异率，应该根据可消化性营养素含量（即显著消化性或真实理想消化性）配制日粮。此外，根据相对生物可利用性的估计可以矫正氨基酸、矿物盐和维生素的营养素浓度（Ammerman 等，1995）。NRC（1998）报道了几种原料中营养素的相对生物可利用性。

混合掺兑的饲料

在喂猪前，有时需鉴定含高预期营养素水平的饲料。换兑饲料通常作为一种新的原料对待，并用于配制其它日粮。

结论

当没有提供理想的营养时，猪表现一定的症状。生产者和顾问们的职责是保证猪不断地接受所有必需营养素的正确平衡和数量，有效地监测和识别营养不当的症状。

表57.1 猪维生素缺乏症的症状

营 养 素	临 床 症 状	亚 临 床 症 状	参 考 文 献
维生素A	运动失调，脊柱前凸，后肢麻痹，夜盲症，先天性缺陷，生长缓慢，呼吸减少，皮肤粗糙，头歪斜，眼屎，死胎，流产胎儿腭裂、豁嘴和后肢变形，产精受损，胚胎死亡增加	骨质生长缓慢，脊柱液压增加，坐骨和股骨神经退化，最小的视觉紫斑，生殖道上皮层萎缩，血浆维生素A水平降低	NRC1979，1998； Ullrey,1991； Darroch, 2001
维生素D	佝偻病，骨软症，强直，生长缓慢，僵直和跛行，后部麻痹	缺乏骨质钙化和骨骺软组织增生，肋骨和脊椎骨骨折，血浆钙、镁和无机磷水平降低，血清碱性磷酸酶水平升高	NRC1979； Cunha，1977； Crenshaw, 2001
维生素E	泌乳停止，产仔数减少，分娩时间延长，初生仔猪体弱，突然死亡(快速生长猪)，断奶后腹泻	肝坏死(肝病营养学)，心肌退化(桑葚心)，心包积液，胃溃疡，贫血，脂肪组织黄变，骨骼退化，血清谷氨酸草-乙酸转氨酶和谷氨酸丙酮酸转氨酶水平升高，凝血酶原时间缩短，血清维生素E水平和免疫反应降低，睾丸退化	NRC1998； Mahan，1991， 2001
维 生 素 K (甲 萘 醌)	因脐带供血丧失而新生仔猪苍白无色，内血肿，关节肿大、出血，摄入双香豆素(抗凝血药)后突然死亡，尿血	凝血酶原时间延长，血液凝固时间延长，块状皮下出血，耳内出血，失血性贫血	NRC1979, 1998； Fritsche等，1971； Crenshaw, 2001
生物素	毛发过量脱落，皮肤溃烂和坏死，眼周分泌物，口粘膜炎症，角质横向龟裂，足垫龟裂和出血，后腿痉挛，腹泻，产仔数减少	血清生物素水平降低	NRC, 1998; Dove 和Cook,2001

胆碱	生长缓慢，产仔数减少，产仔率降低，毛被粗糙，步态失衡和蹒跚	肝和肾脂肪浸润，红细胞计数、红细胞密度和血红蛋白水平均减少，血浆碱性磷酸酶水平增加	NRC, 1998
叶酸	生长缓慢，产仔数减少，毛发褪色	正常红细胞性和巨红细胞性贫血，白细胞减少，凝血酶减少，红细胞密度减少，骨髓增生	NRC, 1998; Dove 和Cook,2001
烟碱酸	厌食，生长缓慢，毛被粗糙，脱毛，严重腹泻，皮炎,呕吐	口粘膜溃烂，溃疡性胃炎，盲肠和结肠炎症和坏死，正常红细胞性贫血	NRC, 1998
泛酸	厌食，生长缓慢，皮肤干燥，毛被粗糙，脱毛，异常步态(鹅步)，母猪繁殖力受损	小肠粘膜水肿和坏死，粘膜下结缔组织浸润增加，神经髓磷脂丧失，背根神经结退化，脂肪肝，肾上腺肿大，卵巢萎缩，子宫幼小，免疫反应降低，肌肉内出血	NRC, 1998, Dove 和Cook, 2001
核黄素	生长缓慢，白内障，皮脂溢出，步态僵直，呕吐，脱毛，产仔率降低，乏情，仔猪死亡率升高	血液嗜中性粒细胞增加，肝和肾组织色泽变淡，脂肪肝，卵泡萎缩，卵巢退化，坐骨和背神经髓磷脂减少，血红细胞谷胱甘肽减少酶活性系数增加，免疫反应降低	NRC, 1998; Dove 和Cook, 2001
维 生 素 B ₁ (硫 胺 素)	厌食，生长缓慢，偶尔呕吐，突然死亡	心脏肥大，心搏缓慢，血浆丙酮酸水平升高，体温降低，心肌退变，心脏松弛	NRC, 1998; Dove 和Cook, 2001
维 生 素 B ₆ (吡 哆 素)	厌食，生长缓慢，惊厥，眼周分泌物，运动失调，呕吐，昏迷，死亡	小红细胞低铬性贫血，血清铁和 γ -球蛋白水平升高，肝脂肪浸润，白蛋白、血红蛋白、红细胞和淋巴细胞减少	NRC, 1998, Dove 和Cook, 2001
维生素B ₁₂	厌食，生长缓慢，产仔数减少，初生仔猪体重降低变小，过敏，毛被粗糙，皮炎，后腿运动失调	正常红细胞性贫血，嗜中性白细胞计数增加，淋巴细胞计数减少	NRC, 1998, Dove 和Cook, 2001
维生素 C (抗坏血酸) ^a	无资料	无资料	NRC, 1998

a: 在猪体内由 D-葡萄糖和相关化合物合成，其缺乏症尚无定论。但有报道，在实际日粮中添加日食量维生素 C 可以提高猪的生产性能。

表 52. 2 猪矿物盐缺乏症症状

营养 素	临床症状	亚临床症状	参考文献
钙	佝偻病, 骨软症, 低钙性强直, 驼背症, 生长缓慢, 步态僵直, 关节肿大和疼痛, 自发性骨折, 后部麻痹(抑制性母猪综合征)	骨骼抗断强度降低, 血浆钙水平低, 血清磷和碱性磷酸酶水平升高, 骨骼矿化作用降低	NRC1979; Pco, 1991; Crenshaw, 2001
铬 ^a	无资料	无资料	Hill 和 Spears, 2001
铜	厌食, 生长缓慢, 弓形腿, 自发性骨折, 肌肉运动失调	小红细胞低铬性贫血, 白血球减少, 血浆铜蓝蛋白水平降低, 红细胞寿命缩短, 主动脉破裂, 心脏肥大	Miller, 1991; NRC1998; Hill 和 Spears, 2001
碘	甲状腺肿, 母猪产下弱的、无毛仔猪	甲状腺肿大、出血, 甲状腺滤泡细胞增生, 血浆蛋白质结合碘水平降低	Hill 和 Spears, 2001
铁	摄食减少, 生长缓慢, 饲料效率低, 毛被粗糙, 皮肤苍白、皱缩, 呼吸困难, 死亡	小红细胞低铬性贫血, 心脏和脾肿大, 脂肪肝肿大, 腹水, 血清铁和铁传递蛋白百分饱和度降低, 血红蛋白水平降低($\leq 7\text{g} / 100\text{mL}$), 血液稀薄、水样, 抗病能力降低	NRC1979, 1998; Miller, 1991; Hill 和 Spears, 2001
镁	过敏, 肌肉抽搐, 不愿站立, 蹄冠变弱, 失去平衡, 强直, 死亡	血清镁和钙水平低, 骨骼镁含量减少	NRC1979, 1998
锰	跛行, 跗关节肿大, 弓形腿, 腿缩短, 脂肪沉积增加, 胎儿重吸收, 骨骼变小和变软, 奶产量减少, 发情周期不正常或缺乏, 断奶后发情推迟	松质骨由纤维组织代替, 远端骺板早期封闭, 血清锰和碱性磷酸酶水平低	NRC1979, 1988; Hill 和 Spears, 2001
磷	生长缓慢, 饲料效率低, 佝偻病, 骨软症, 自发性骨折, 后部麻痹(抑制性母猪综合征)	骨骼抗断强度和矿物化降低, 血清钙和碱性磷酸酶水平升高, 肋软骨连接处肿大(串珠病), 血清无机磷水平降低	NRC1979; Koch 和 Mahan, 1986; Hall 等, 1991; Crenshaw, 2001
钾	厌食, 生长缓慢, 毛被粗糙, 憔悴, 肌肉运动失调, 沉郁	心率降低, 在心电图上 PR、QRS 和 QT 间隔增加, 多灶性心肌坏死	Van Vleet 和 Ferrans, 1986; NRC1998; Patience 和 ijlstra, 2001
硒	突然死亡, 奶产量减少, 分娩时间延长, 弱胎, 断奶后腹泻, 精子产生和活性降低, 精尾异常	肝坏死(肝病营养学), 心肌退变(桑椹心), 心包积液, 胃溃疡, 骨骼退化, 血清谷氨酸草-乙酸转氨酶和谷氨酸	Ullrey, 1987; NRC 1998; Mahan, 2001

		丙酮酸转氨酶水平升高,凝血酶原时间缩短,免疫反应降低,血清和骨骼硒含量减少,谷胱甘肽过氧化物酶活性降低	
钠和氯	摄食减少、生长缓慢、饲料,效率低,饮水减少,产仔数减少和个体变小,断奶发情间隔延长,血液引力增加	血浆钠和氯水平减少(钠缺乏),血浆钾升高(钠缺乏),血浆尿素氮升高,(钠和氯缺乏),血浆总蛋白和白蛋白水平升高(钠缺乏)	Honeyfield等, 1985; Fraser, 1987; Cromwell, 等, 1989; Seynaeve 等, 1996; Patience 和 Zijlstra, 2001
锌	厌食,生长缓慢,饲料效率低,角化不全,分娩时间延长,死胎率增加,初生仔猪体重降低和产仔数减少,脱毛,伤口愈合缓慢	血清、组织、奶中锌水平降低,血清白蛋白和碱性磷酸酶水平降低,胸腺重量降低,睾丸发育减缓,脂肪贮藏缺乏,脂肪浆液性萎缩,胸腺细胞衰竭,舌、食管和胃贲门角质化,免疫反应降低	Kalinowski 和 Chavez, 1986; Miller, 1991; NRC1998; Hill 和 Spears, 2001

a: 添加铬(以三甲酸铬、丙酸铬或L-甲硫氨酸铬形式)可以提高生长性能、肌肉产生和产仔数(Southern和Payne, 2003)。

表57.3 猪的其它营养素和日粮组分缺乏症症状

营养素	临床症状	亚临床症状	参考文献
能量	体弱,体温低,生长缓慢,体重降低,母猪繁殖力受损,昏迷,死亡	低血糖,皮下脂肪缺失,红细胞密度和血清胆固醇水平升高,血液葡萄糖、钙和钠的水平降低	NRC1979; Pettigrew 和 Tokach, 1991
脂肪(亚油酸)	皮炎,脱毛,皮肤坏死	胆囊变小,组织脂类中三/四碳链脂肪酸水平升高	NRC1979; ARC, 1981
蛋白质 / 氨基酸	摄食减少,生长缓慢,饲料效率降低,沉郁,母猪和公猪繁殖力受损,剖检背脂肪、饲料损耗和血液引力增加(可能咬尾)	初生仔猪出现Kwashiorkor样综合征,包括血清蛋白质和血清白蛋白水平降低,贫血,全身水肿,肝脏脂类浓度增加;血浆尿素水平增加,抗细菌感染能力降低	NRC1979, 1998; Baker 和 Speer, 1983; Pettigrew 和 Tokach, 1991; Frase等, 1991; Lewis, 1992
水	摄食减少,生长缓慢,脱水,可能的盐中毒,呼吸加快,仔猪腹泻,死亡	红细胞密度增加,血浆电解质水平增加,体温调节功能丧失,组织脱水,结晶尿,蛋白质尿,细菌尿,膀胱炎	NRC1979; Madec等, 1986 Thacker, 2001

表57. 4 猪维生素过剩的症状和估计的耐受水平

营养素	临床症状	亚临床症状	估计的日粮耐受水平 ^a	参考文献
维生素A ^b	摄食减少，生长缓慢，骨骼畸形，毛被粗糙，过敏，失调，尿血和便血，关节疼痛和肿胀，皮肤增厚，死亡	骨损伤，内出血，骨折，脊柱液压降低，肝和血清维生素E水平降低，关节软骨中尿酸水平降低，血凝时间延长	20000IU / kg (生长群) 40000IU/kg (繁殖群)	NRC,1987;Blair等, 1992, 1996; Darroch,2001
维生素D ^c	摄食减少，饲料效率低，生长缓慢，毛被粗糙，跛行，僵直，弓背，麻痹，呕吐，死亡	肝脏、桡骨和尺骨重量减轻，主动脉、心脏、肾脏、和肺脏钙化，骨质高钙性和高磷性出血，骨质疏松，出血性胃炎	22000IU/kg (<60日龄) ^d 2200IU/kg (>60日龄) ^d	Lung,1984; Hancock等,1986; NRC 1987, 1998; Crenshaw, 2001
维生素E	无资料	无资料	未确定	Mahan, 2001
维生素K (甲萘醌)	无资料	无资料	500mg / kg	NRC1987; Crenshaw,2001
生物素	无资料	无资料	0.2-0.5mg/kg	NRC1998;Dove和Cook, 2001
胆碱	摄食减少，生长缓慢 ^f	无资料	未确定	Dove 和 Cook, 2001
叶酸	无资料	无资料	未确定	Dove 和 Cook, 2001
烟碱酸	无资料	无资料	未确定	Dove 和 Cook, 2001
泛酸	无资料	无资料	未确定	Dove 和 Cook, 2001
核黄素	无资料	无资料	未确定 ^g	Dove 和 Cook, 2001
维生素B ₁ (硫胺素)	无资料	无资料	未确定 ^h	Dove 和 Cook, 2001
维生素B ₆ (吡哆素)	无资料	无资料	未确定 ⁱ	Dove 和 Cook, 2001

维 生 素 B ₁₂	无资料	无资料	未确定	Dove 和 Cook, 2001
维生素C (抗坏血酸)	无资料	无资料	未确定 ^j	Dove 和 Cook, 2001

a: 当提供高日食量水平时，在试验条件下观察到一定的临床症状和亚临床症状。这些水平不能代表生产条件下的实际耐受水平，后者一般以一种随意吃食的方式提供给生长猪。

b: 提高维生素D、维生素E和维生素K的日食量水平，可以减少维生素A的毒性。

c: 当日粮中钙水平低或维生素A水平高时，毒性降低。

d: 适用于维生素D₃。维生素D₂具有明显更高的毒性。

d: 对于生长猪，饲喂含≤2000IU/kg的饲料不引起任何致病作用。

f: 在哺乳、生长和育肥整个阶段中饲喂2000mg/kg都可观察到。

g: 当37kg的猪被饲喂70天添加0.1%、0.3%、0.5%和0.7%核黄素的日粮时，没有观察到致病作用。

h: 青年猪饲喂100mg/kg不产生致病作用。

i: 早期断奶猪饲喂含9.2mg/kg日粮时，没有观察到有害影响。

j: 青年猪饲喂含10g/kg的日粮时，没有任何不良反应。

表57.5 猪矿物盐过剩症症状和估计的耐受水平

营养素	临床症状	亚临床症状	估计的日粮 耐受水平 ^a	参考文献
钙	摄食减少，生长缓慢，饲料效率低，角化不全 ^b	血浆钙水平升高，凝血酶原凝固时间延长 ^c	1.0%	NRC1980; Foley等，1990; Hall等，1991; Crenshaw,2001
铬	厌食，腹泻，衰弱，迟钝，呼吸困难，肌肉震颤 ^d	无资料	未确定	Vishnyakov等，1985; Hill和Spears，2001
钴 ^e	厌食，生长缓慢，僵腿，驼背，失调，肌肉震颤	贫血	10ppm	NRC1980,1998, Hill和Spears, 2001
铜	厌食，生长缓慢，血便，黄疸，死亡	贫血，肝脏变黄，内出血，胃食管带形成溃疡，肺水肿，肝脏和肺脏铜水平升高，血红蛋白减少	250ppm ^f	NRC1980;Miller,1991; Cromwell等，1983; hill和Spears, 2001
碘	摄食减少，生长缓慢	肝铁降低，血红蛋白水平降低	400ppm	NRC1980; Miller, 1991; hill和Spears, 2001
铁	摄食减少，生长缓慢，饲料效率低，急性腹泻，失	胃壁水肿，充血，广泛性黏膜坏死，骨骼肌苍	3 000ppm <100mg ^h	NRC1980, 1998; Miller, 1991

	调，颤抖，强直性惊厥，呼吸困难，昏迷，嗜睡，死亡，佝偻病 ^g	白，肾肿大，心外膜出血，心包过小，胸膜积水，肌肉严重退化和肾变病，肝坏死，抗病能力降低		
镁	无资料	无资料	0.3%	NRC1998
锰	摄食减少，生长缓慢，僵直	血红蛋白减少	400ppm	NRC1980，1998
磷	生长缓慢，饲料效率低	尿结石，骨营养不良性纤维化，软组织代谢性钙化	0.9% ⁱ	Hall等,1991; Crenshaw,2001
钾	无资料	心电图异常	3%	Patience和Zijlstra,2001
硒	厌食，摄食减少，生长缓慢，脱毛，脚冠蹄与皮肤分离，妊娠率降低，产仔数减少，出生时仔猪个体小、体弱或死亡，呼吸困难，呕吐，虚脱，口流涎沫，异常蹒跚运动，肌肉痉挛，易受惊，脊柱麻痹，死亡	肝脏和肾脏退变，肺水肿，血清硒水平和谷氨酸丙酮酸转氨酶水平升高，肝脏硒水平高，肝脂肪浸润	0.5ppm ^k	Mahan,1991,2001;NRC,1998; Kim和Mahan,2001
钠和氯	厌食，重量减轻，水肿，神经过敏，体弱，蹒跚，腹泻，癫痫发作，麻痹，死亡		8%	NRC1998；Pretzer,2001； Patience和Zijlstra,2001
锌	生长缓慢，摄食减少，饲料效率低，产仔数减少，断奶仔猪重量减轻，关节炎，跛行，精神沉郁	胸腔出血，胃炎，母猪骨软症，肝脏锌水平升高，肝脏铁和铜水平降低	3000ppm(断奶猪) 1000ppm(碳酸盐)	Poulsen，1995；NRC1998； Hill和Spears,2001

a: 当提供高日食量水平时，在试验条件下观察到一定的临床症状和亚临床症状。这些水平不能代表生产条件下的实际耐受水平，后者一般以一种随意吃食的方式提供给生长猪。

b: 与限定的日粮锌一起。

c: 在日粮中不添加维生素K。

d: 三价铬经胃管提供（3g/kg体重）给60日龄猪。

e: 硒、维生素E和半胱氨酸对过量水平钴具有一定的预防作用。

f: 当在整个初生、生长和育肥期和日粮铁、锌和硫摄取受到限制时，250ppm可以引起过剩症状。以硫酸铜形式时，哺乳猪可以耐受含500ppm的日粮28天。

g: 提高日粮中的磷可以减轻佝偻病。

h: 作为葡萄糖铁肌肉注射产自维生素E缺乏母猪的仔猪。

i: 日粮中钙的量是重要的。钙缺乏可以降低耐受水平。

j: 在日粮中添加40ppm砷或50-100ppm砷酸可以治疗慢性硒中毒（Oswailer等，1985）。

k: 耐受量可以更高，但低于5ppm。

l: 保证提供充足的饮水，限制饮水将降低耐受水平。

m: 作为氧化锌最大到35日龄。

表57.6 猪其它营养素过剩症的症状和估计的耐受水平

营养素	临床症状	亚临床症状	估计的日粮耐受水平 ^a	参考文献
能量	哺乳期母猪摄食减少 ^b ，胴体背脂肪增加，胚胎存活降低 ^c	妨碍泌乳组织的发育，血浆非脂化脂肪酸水平升高，血浆胰岛素水平降低	可变	Kirkwood 和 Thacker,1988; Weldon 等 ,1991,1994a, 1994b; 澳大利亚农业委员会, 1987
脂肪	胴体背脂肪增加	胴体脂肪软化	可变	Wood等, 1994; Azain,2001
蛋白质	生长缓慢，饲料效率低，胴体背脂肪减少，温和性腹泻	血浆脲水平增加	未确定	Hansen 和 Lewis,1993; Dewey, 1993;Chen 等 , 1995, NRC1998
赖氨酸	生长缓慢，饲料效率低 ^c	无资料	未确定 ^f	Wahlstrom 和 Libal,1974; Edmonds等,1987; Goodband 等,1989;Campbell和Combs, 1990b
甲硫氨酸	生长缓慢，摄食减少，饲料效率低	无资料	可变 ^g	Wahlstrom 和 Libal,1974; Edmoilds 等 , 1987; Edmoilds和Baker, 1987; Campbell和Combs, 1990c; Van Heugten等, 1994
苏氨酸	摄食减少，生长缓慢	无资料	1%	Edmonds 等 ,1987; Ednlonds和Baker, 1987
色氨酸	摄食减少，生长缓慢	无资料	1%(100kg猪)	Edmollds等, 1987; Edmoads

	慢，饲料效率低， 腹泻		2% (10kg猪)	和 Baker, 1987; Chung等, 1991
--	----------------	--	------------	--------------------------------

a: 当提供更高的日食量水平时，在试验条件下观察到一定的临床和亚临床症状。这些水平不代表生产条件下的实际耐受水平，后者通常以一种随意吃食的方式提供给生长猪。“可变”表明耐受水平一般清楚，但它们依条件而变化，这里难于描述。

b: 妊娠期能量摄入过多的结果。

c: 抚养期、发情周期和怀孕早期能量摄入过多的结果。

d: 在日粮中提供高碘数量（高度不饱和）脂肪时发生。

e: 当作为醋酸L-赖氨酸(日粮的4%)给28日龄猪饲喂16天时。

f: 盐酸L—赖氨酸(日粮的0.7%)给31kg猪饲喂85天不影响生产性能。此外，盐酸L—赖氨酸(日粮的1.03%)给61kg猪饲喂50天也不影响生产性能。

g: 耐受水平受猪的日龄和日粮的氨基酸浓度及原料的组分影响。对于饲喂赖氨酸缺乏日粮的育肥猪，添加DL-甲硫氨酸的耐受水平低于2%。尽管如此，在饲喂含1%或1.08%DL-甲硫氨酸日粮的哺乳猪上没有观察到致病作用。

表57.7 猪营养缺乏症和营养过剩症的临床症状摘要

临床症状	营 养 缺 乏 症	营 养 过 剩 症
流产	维生素A	—
乏情	核黄素，锰，能量，蛋白质 / 氨基酸	—
厌食 / 摄食减少	烟碱酸，泛酸，维生素B ₁ ，维生素B ₆ ，维生素B ₁₂	维生素A，维生素D，胆碱，铬，钴，钙，铜，铁，钾，铜，碘，铁，锰，硒，锌，钙钠和氯，钠和氯，锌，蛋白质 / 氨基酸，水能量(妊娠母猪)，甲硫氨酸，苏氨酸，色氨酸
运动失调	维生素B ₆ ，铜，钾	—
关节出血	维生素K	—
血液引力增加	钠和氯，蛋白质/氨基酸	—
血便	—	铜
血尿和血便	—	维生素A
呼吸困难	铁	铬，铁，硒
昏迷	维生素B ₆ ，能量	铁
先天不足	维生素A	—
死亡	维生素B ₆ ，镁，能量，水，铁	维生素A，维生素D，铁，硒，钠和氯，铜
死亡(突然)	维生素E，硒，维生素B ₁	—
脱水	水	—
抑郁	—	铬，锌
皮炎	生物素，烟碱酸，亚油酸，维生素B ₁₂ ，泛酸	—
腹泻	烟碱酸，生物素，硒，维生素E，水	铬，铁，蛋白质，色氨酸，钠和氯

胚胎存活降低	维生素A	能量
癫痫发作	—	钠和氯
眼周分泌物	维生素A, 生物素, 维生素B ₆	—
分娩率降低	铬, 泛酸, 核黄素, 能量, 蛋白质 / 氨基酸	硒
饲料转换率降低	铁, 磷, 钠和氯, 锌, 蛋白质 / 氨基酸	钙, 磷, 铁, 锌, 维生素D, 蛋白质, 赖氨酸, 甲硫氨酸, 色氨酸
自发性骨折	钙, 铜, 磷	—
口流涎沫	—	硒
鹅步	泛酸	—
步态僵直和夸张	核黄素, 钙	钴, 锰
甲状腺肿	碘	—
毛被粗糙	胆碱, 烟碱酸, 泛酸, 维生素B ₁₂ , 铁, 钾	—
脱毛 (脱发症)	生物素, 烟碱酸, 泛酸, 核黄素, 亚油酸	硒
皮下出血	维生素K	—
角质龟裂	生物素	—
冠状带角质与皮肤分离	—	硒
驼背	钙	钴, 维生素D
过敏/易怒	维生素B ₁₂ , 镁	维生素A, 钠和氯
迟钝	—	钾, 铬
失调/蹒跚运动	维生素A, 维生素B ₁₂ , 胆碱	—
关节肿大	钙, 锰	维生素A
泌乳停止	维生素E, 硒	—
跛行	维生素D, 锰, 钙	维生素D, 锌
弓形腿	铜, 锰	—
产仔数减少	维生素A, 维生素E, 生物素, 胆碱, 柠胶素, 泛酸, 维生素B ₁₂ , 钠和氯, 硒, 锌, 锰, 能量, 蛋白质/氨基酸	硒, 锌
泌乳减少	锰, 锌	—
夜盲症	维生素A	—
软骨病	维生素D, 钙, 磷	—
苍白	铁	—
角化不全	锌	钙
麻痹	维生素A, 维生素D, 钙, 磷	维生素D, 硒, 钠和氯
分娩时间延长	维生素E, 硒, 锌	—
新生仔猪弱小	维生素E, 核黄素, 维生素B ₁₂ , 锰, 锌, 硒, 蛋白质/氨基酸	硒
新生仔猪无毛和变弱	碘	—
新生仔猪苍白和出血	维生素K	—
虚脱	—	硒
佝偻病	维生素D, 钙, 磷	铁
骨骼畸形	—	维生素A
精子运动性降低	硒	—
精尾异常	硒	—
精子产生减少	硒, 蛋白质 / 氨基酸, 维生素A	—
死胎增加	维生素A, 锌	—
咬尾	钠和氯, 蛋白质/氨基酸	—
强直	维生素D, 钙, 镁	铁
肌肉震颤	—	铬, 钴, 硒
胃溃疡	维生素E, 硒	—
呕吐	核黄素, 烟碱酸, 维生素B ₆ , 维生素B ₁	维生素D, 硒
饮水减少	钠和氯	—

断奶后发情期间隔延长
生长缓慢

钠和氯，锰，能量，蛋白质 / 氨基酸
维生素A，维生素D，胆碱，叶酸，
烟碱酸，泛酸，核黄素，维生素B₁，
维生素B₆，维生素B₁₂，钙，铜，铁，
磷，钠和氯，锌，钾，能量，蛋白质
/ 氨基酸，水

—
维生素A，维生素D，胆碱，
钙，钴，铜，碘，铁，锰，
磷，硒，，蛋白质，赖氨酸，
甲硫氨酸，苏氨酸，色氨酸，

表57.8 分析变量^a

组分	变量 (%)	样品	
		计算水平	正常范围
粗蛋白质	±3	16%	15.5-16.5%
赖氨酸	±20	0.7%	0.56-0.84%
钙	±26	0.70%	0.52-0.88%
磷	±13	0.65%	0.57±0.73%
铜	±25	250ppm	188-313ppm
锌	±20	100ppm	80-120ppm
硒	±25	0.3ppm	0.23-0.38ppm
维生素A	±30	5500IU/kg	3850-7150IU/kg

a: 摘自AAFCO, 2004

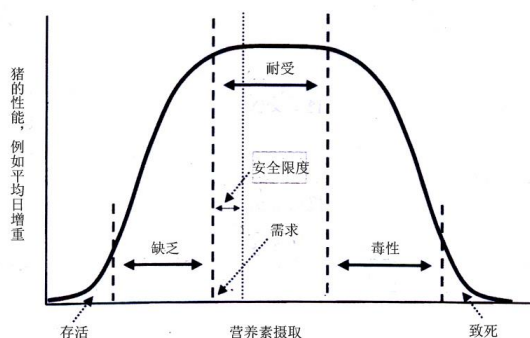


图57.1 猪的性能（例如平均日增重）与营养素摄取之间的理想关系

（范书才译，康凯校）