

实验动物 营养需要

[美] 实验动物营养分委员会 等编著
动物营养委员会
周毓平 译

-331



北京农业大学

内 容 简 介

本书的目的是为生物医学科学研究提供有关实验动物营养和营养实践的基本知识,以及各种实验动物:大鼠、小鼠、沙鼠、豚鼠、仓鼠、田鼠、鱼和兔的营养需要,并提供满足营养需要的天然组分日粮和纯养分日粮的配方。无疑,鱼、兔的营养需要,也可供鱼类养殖业和养兔业的生产者参考。

实验动物营养需要

[美] 实验动物营养分委员会 等编著
动物营养委员会
周毓平译

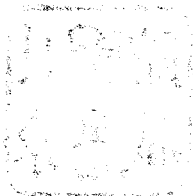
* * *
北京农业大学出版社出版
(北京海淀区圆明园西路)
新华书店北京发行所发行
北京市枫叶印刷厂印刷

* * *
1987年12月第1版 1987年12月第1次印刷
32开: 850×1168毫米 印张: 6.75
印数: 5050册 字数: 169千

ISBN 7-81002-023-4/S·24

统一书号: 16446·42

定 价: 1.80元



前 言

实验动物是发展生物学的重要条件。实验动物作为一种通用的实验材料，其品质的优劣关系到科学实验的严肃性、科学性、准确性，它的任何差错都会导致生物学发生系统性误差。

近年来英、美、日等国实验动物科学发展很快，实验动物的种类、品种、品系不断增加。至八十年代初小鼠的近交系已达300余个，无特殊病原体动物、无菌动物、已知菌动物、无胸腺裸体动物等优质实验动物相继问世。

随着我国生物学事业的发展，应用实验动物的科研单位日益增多。“营养需要”是科学饲养实验动物的重要依据。为此，将美国科委（NRC）动物营养委员会颁布的实验动物营养需要（1978）及兔的营养需要（1977）一并译出，以供实验动物科学工作者参考。对于本书译文中的不足和错误之处，敬请读者指正。

北京农业大学畜牧系 周毓平
动物营养专业

1987.10

目 录

引 言	(1)
1. 营养概论	(3)
影响营养需要的因素	(3)
日粮分类	(4)
日粮配合	(5)
日粮制备	(6)
潜在的污染	(9)
饲养实践与质量保证	(10)
水	(10)
2. 实验动物大鼠的营养需要	(11)
引言	(11)
脂肪	(14)
碳水化合物	(19)
能量	(20)
蛋白质和氨基酸	(24)
矿物质	(32)
脂溶性维生素	(40)
水溶性维生素	(47)
3. 小鼠的营养需要	(59)
能量	(66)
蛋白质与氨基酸	(71)
脂肪	(73)
矿物质	(74)
脂溶性维生素	(79)

水溶性维生素	(82)
水	(88)
4. 沙鼠的营养需要	(89)
一般的发育	(90)
能量与水	(91)
脂肪	(92)
蛋白质	(92)
矿物质	(93)
维生素	(94)
5. 豚鼠的营养需要	(97)
引言	(97)
能量	(98)
氨基酸和蛋白质	(98)
脂肪	(100)
纤维和其他形成填充的物质	(101)
矿物质	(101)
脂溶性维生素	(106)
水溶性维生素	(108)
未鉴定的生长因素	(112)
饲喂效果良好的日粮示例	(112)
6. 仓鼠的营养需要	(116)
生长与繁殖	(116)
脂肪	(119)
碳水化物	(120)
能量	(121)
蛋白质与氨基酸	(122)
矿物质	(123)
脂溶性维生素	(128)
水溶性维生素	(130)

水	(133)
7. 田鼠的营养需要	(134)
一般的群体常规与管理	(135)
一般的生长、发育和日粮	(136)
能量和生长	(137)
蛋白质和氨基酸	(139)
维生素和矿物质	(140)
8. 鱼的营养需要	(141)
引言	(141)
能量和代谢	(143)
蛋白质和氨基酸	(144)
脂肪	(145)
碳水化合物	(147)
维生素	(148)
矿物质	(156)
偶发的中毒	(160)
有关日粮应考虑的问题和饲养实践	(160)
9. 兔的营养需要	(164)
引言	(164)
营养需要, 缺乏和中毒的症状	(165)
日粮和饲养实践	(182)
饲料的成分	(190)

引 言

本修订版的目的是为生物医学科学研究提供有关动物营养和营养实践的有用资料，为达到此目的，本版包括了实验动物营养概论一章。诸如日粮制备、稳定性和贮存等因素，对动物生产性能的表现可产生深切的影响。

对推荐的养分浓度已进行了修订，并在可能得到的最佳资料的基础上使之现代化。但，除有关大鼠的研究外，对大多数实验动物种，只进行了少量或尚未进行受控的研究以定量地确定个别养分的需要量。在本报告中营养需要的推荐量，或根据旨在于确定营养需要的较少数量的研究；或根据产生“满意”的动物生产性能的日粮养分浓度的研究数据，加以估计。这些推荐量表示为饲养在常规环境中的“正常”动物的平均需要量，但可能不适用于无菌或无特定病原（SPF）环境或在试验应激条件下的动物。为长期研究的动物推荐的营养需要量未作为重点，因为关于实验动物超过其繁殖寿命的营养需要，只发表了有限的的数据。本报告仅作为充分营养的一个指导，对任何特定动物或动物群体的精确需要量均不予描述。

大鼠在代谢研究中的广泛应用，以致描述营养缺乏症状的文献有较大的数量。因此，只在大鼠一章中对营养缺乏症有详细的描述，但在其他各章内也包括有相当的描述。

经历了几年之后，某些养分（尤其是维生素）可接受的专门名词已有变化。在本出版物之中可能出现养分专门名词不一致，因为原始文献中所用的专门名词尚未改变。

对所有动物种均提供了天然组分日粮和纯养分日粮的配方（公开配方）。应用最广泛的实验动物日粮是保密配方，即日粮

组分的定量构成是制造商的专利资料。美国科学院为美国和加拿大饲料营养成分汇编中的许多饲料，公布了营养成分数据。因此，在本出版物中不包括这些数据，

来自目的在于确定每种实验动物最低营养需要的受控的研究试验的数据，需要增加效率，以及在某些情况下增加生物医学研究的正确性的数据。关于实验动物的生长、繁殖和维持对特定养分最低需要量的知识，可能为改善人类生活质量的研究提供基础。关于实验动物的大多数研究课题产生的数据，可直接或间接应用于人类。不经心地应用营养缺乏的动物或不适当地配合日粮，养分浓度过低或过高，可能得出错误的结论。这些结论推延至其他动物或人类，将产生不幸的结果。

1. 营养概论

适当的营养是影响实验动物的生长、繁殖、寿命以及对刺激的反应达到其遗传潜力的最重要的环境因素。对各种实验动物供给适当营养包括：满足大约50种必需养分需要浓度的日粮配合，以及与日粮质量和进食量有关的一些因素的正确管理。日粮的种类，养分的生物学可利用性。日粮对动物的适应性或不接受性，与日粮加工或贮存有关生产者，以及化学物污染的浓度，是对动物生产表现有深刻影响的因素 (Clarke 1977; Corbin 1976; NRC 1976a; Navia 1977)。

影响营养需要的因素

遗传和环境因素影响实验动物日粮的营养需要。营养素需要量的种间差异，后文几章中不同的推荐量已有指明。Lee等 (1953), Fenton (1957), Fenton和Cowgill (1947), Fenton和Marsh (1956) 曾证明小鼠的各品系间营养需要有明显差异。对大多数种家畜而言，养分需要量在生命周期的不同阶段不同 (NRC, 1968, 1976b), 在实验动物种的养分需要量的类似变化也观察到,但尚未广泛研究。Ross等 (1976)指出：限制能量和蛋白质进食量低于自由采食量可延长寿命。当为在无菌或无特定病原菌环境培养的实验动物配制日粮时，必须考虑调整养分浓度、饲料组分种类和配制方法 (Wostmann 1975)。

日粮分类

实验动物的日粮是根据其日粮组分的精制程度来分类的。

天然组分日粮 (Natural-ingredient diets) 以经过适当加工的全谷实,如小麦、玉米或燕麦,或经过有限精制的产品,如鱼粉、豆饼或麦麸配合成的日粮,称为天然组分日粮。这些日粮比较经济,得到广泛应用。这些日粮应用于研究的缺点有:不能完全控制养分浓度;在各批次之间养分浓度有变;难于改变成分以研究某一特定养分;受农药残毒、重金属以及可改变试验处理反应的其他试剂的污染的潜在可能性。

纯养分日粮 (Purified diets)以精制组分配合的日粮称为纯养分日粮。例如,酪蛋白是蛋白质的一个来源,蔗糖或淀粉是碳水化物的一个来源,植物油或动物脂是脂肪的一个来源,一种形式的纤维素是粗纤维的来源,再加入化学纯的无机盐和维生素。在纯养分日粮中易于得到计划的养分浓度,而且在日粮各批次生产间变异最小。在研究中应用纯养分日粮的优点是:能够重演养分浓度或改变养分浓度以诱导营养缺乏或过多。这些日粮的化学污染的潜在可能性极低。遗憾的是,所有动物种均不爱吃这种日粮。

化学上限定的日粮 (Chemically defined diets) 化学纯的化合物,如氨基酸、糖、甘油三酯、必需脂肪酸、无机盐、维生素用于制备这些日粮。这些日粮在那些必须严格控制养分浓度的研究中是有用的,但对一般应用过于昂贵。这些日粮的养分浓度,在生产时理论上是固定的,但养分的可利用性由于氧化作用或养分间相互作用,可能被改变。

对于特定的动物群体的最好的日粮决定于生产或试验的目的。在所有的情况下日粮必须是适口的以保证足够的采食量,供

给生长、繁殖必需的养分，克服生理上的应激或疾病。该日粮也应不含有毒的或引起感染的物质和微生物。在研究工作中应用的日粮也必须是易于复制，以保证收集可比的数据；配合必须是灵活机动的，以使单一养分的浓度可以改变。

日粮配合

日粮配合是饲料组分和各种维生素和矿物质补充物进行平衡的一个过程，以生产一个提供必需养分需要量的日粮。日粮的养分浓度必须依据生产至消费之间的损失和影响饲料采食量的因素加以调整。在饲料加工各工序中，如灭菌、有养分损失或由于养分相互作用的结果，矿物质可催化破坏某些维生素，尤其是当维生素与矿物质在同一预混物中加入日粮时。日粮养分浓度也必须依降低日粮采食量的因素加以补偿。动物有采食满足其能量需要的饲料量的倾向，因此，日粮中加入脂肪降低饲料采食量和所有其他养分的进食量。对气味有影响的化合物可改变日粮的适口性。

用于实验动物日粮的组分，其养分成分必须知道，应容易取得并对该动物种适口。当配合天然组分日粮时，每一类养分的来源必须用一种以上的组分。这样将得到质量较高的日粮，因为它使养分组成变差最小并可提高适口性。

Navia (1977) 曾对纯养分日粮的养分来源进行描述。配合这种日粮比用天然组分配合复杂，因为所需要的微量养分必须供给，在配合天然组分日粮时这些养分的浓度关系不大，因为未精制的饲料组分通常含有充足的量。在配合纯养分日粮时疏忽遗漏的错误是至关紧要的，因为每一组分是必需养分的惟一来源。

在配合化学上限定的日粮时不同化学形式的养分的可利用性是首要关心的。例如在天然食物蛋白质中有氨基酸的L旋同分异构体。但，有几种必需氨基酸的D旋同分异构体支持大鼠的生

长。其中惟有蛋氨酸的两种形式的可利用性相同 (Wretlind 和 Rose, 1950)。色氨酸的D旋同分异构体对大鼠生长有L旋同分异构体的 61% 的效能 (Oesterling和Rose, 1950)。其他必需氨基酸当以D旋形式饲喂时, 对生长至少有部分效能: 如苯丙氨酸 (Rose和Womack, 1946)、精氨酸 (Winitz 1957) 和组氨酸 (Cox 和Berg, 1934; Wachter 和 Berg, 1960)。亮氨酸 (Recheigi, 1958) 和缬氨酸 (Womack, 1957) 的D旋同分异构体对于生长可利用性很差。除赖氨酸和苏氨酸外, 所有必需氨基酸的酮基类似物对于大鼠生长至少有部分效能 (Armstrong 和 Lewis, 1950; Bubl 和 Butts, 1949; Cahill 和 Rudolph, 1942; Chew和Walser, 1974; Jackson和Chandler, 1939; Meister和White, 1951; Pond 等, 1964; Wood等, 1950)。

日 粮 制 备

天然组分日粮的高效生产需要投资很大的设备。因此, 实际上所有这些实验动物日粮均为商业产品。纯养分日粮或化学上限定的日粮可在实验室或在具有少量特殊设备的配料房中制备。Navia (1977) 曾提出关于纯养分日粮制备的详细资料。

设备 实验动物的所有日粮均应以专用设备并在严格规则管理下生产以防污染或所用组分的种类和数量的差错。实验动物日粮不应以用于农用饲料, 或任何含添加剂, 如杀啮齿类药剂、杀虫剂、激素、抗菌或熏蒸剂的产品和设备生产和贮存。贮存或加工日粮的场所应保持清洁并处于封闭状态以防家畜或野生动物、鸟类或昆虫进入。为控制这些有害动物应该执行细致的监控计划。

制备 日粮的制备或生产包括以下过程: 组分粉碎成细粉粒, 按配方规定量配在一起, 混合, 使形成动物所能接受的物理形状,

妥善包装直至应用。

饲料组分粉碎成相同大小粉粒，以便它们可均匀混合成匀质混合物，防止动物选食某些组分，并生产最终产品成不同物理形状。饲料组分粉碎的粉粒大小取决于饲料的种类，以及计划中的最终产品的物理形状。

在日粮制备中按日粮配方规定的组分的准确数量混合，可能是最关键的步骤。漏掉组分或加入不正确数量的错误，可借检查、核实加入到混合物中组分的种类与数量使之达到最小。用量大的组分直接加入，而用量小的组分，如维生素和矿物质可通过预混物加入。维生素和矿物质分开的预混物，可使维生素受矿物质催化氧化反应破坏最小，并确保这些养分的规定浓度均匀分布于整个日粮。预混物应以主要组分之一做为载体，至少有1%预混物加入日粮。达到养分最佳分布所需组分混合时间的长短取决于一些因素：包括粉粒大小，粉粒比重，混合机速度和混合机大小。有时可能发生“混合过度”，因为颗粒最佳分布在一定时间内达到，继续混合，则依粉粒比重、组分的物理形状以及粉粒对在混合中产生静电荷的感受性，导致粉粒的分离（Pfast, 1976）。

实验动物日粮可以不同的物理形式供给。选择某种特定形式的标准是动物种的接受性和试验的要求。

粉料 粉料常常是饲养实验动物一种效率不高的形式。在某些贮存条件下，粉料将结块，如果加有有毒化合物，其粉尘将是危险的。假如添加剂或欲测定化合物加入到一个非完全日粮时，可能需要粉料日粮。

颗粒 颗粒日粮通过使粉料加热和湿度，并加压使通过模孔而成形。这可产生密度相对较大的产品，这对于大多数实验动物种通常是效率最高的饲料形式。颗粒日粮的处理、贮存和饲喂都较简易，而且动物的浪费量最少。但，饲料添加剂或欲测化合物在压粒之后不能再加入。

碎裂料 (Crumbled diet) 碎裂料是通过将颗粒或挤压料 (Extruded diet) 的破裂。并筛出最适于实验动物(通常为鱼)的特定日龄或体重大小的粒度。碎裂日粮提供一种加工小颗粒日粮的方法。理论上,它含有颗粒日粮中所存在的所有日粮组分,破裂料日粮应用方便而无粉料形式那种效率差的缺点。

挤压料 (Extruded diet) 挤压料是在高压和高温下强迫湿粉通过模孔而形成,它产生膨化产品 (expanded products)。这种产品对鱼类、人类以外的灵长目、狗和猫的适口性很高。其他实验动物种浪费大量挤压料,并且由于日粮密度低要求饲喂频率高。挤压料喂鱼的优点是漂浮于水面,便于观察饲养活动。

烘焙料 (Baked diet) 烘焙料生产成本昂贵,但当其他消除污染方法未能实行时,用于降低微生物总数。

薄片料 (Flaked diet) 薄片料是将充分粉细的组分以水混合直至形成浆,此浆以鼓状桶进行干燥,干燥的薄片再破碎成小块而制成。薄片料可喂给许多种实验用鱼,大部分片状饲料浮于水面,使饲喂活动可以观察。

半湿 (Semimoist) 或凝胶形式 (Gel Forms) 这些日粮是借加水、琼脂、明胶或其他胶凝剂于粉料中而产生。当加入有毒化合物时,应采用此种日粮。这种粮日比干日粮适口,便于测定饲料采食量。这些日粮易于生长微生物,必须冷冻,并应增加饲喂频率。此种日粮数量大时,体积大,可能难于操做处理。

液体料 实验动物的液体料的发展是为适应特定的需要,如过滤灭菌 (Pleasants等, 1970)。

贮存 饲料养分的稳定性通常随温度和湿度降低而提高。任何特定批次饲料的货架寿命取决于贮存场所的环境条件。在高温高湿地区贮存的日粮可在数周内变坏,在冷冻库内潜在的贮存期可达到一年。天然组分日粮贮存在有空调场所应在生产后的90天内

使用，纯养分粮在40天内使用。一些最不稳定的养分是维生素C和维生素A。日粮贮存长时期后或在非常规环境条件下，在使用前应测定这些维生素。不含抗氧化剂或含有大量易酸败组分，如脂肪，可能要求特殊处理或贮存措施。

潜在的污染

生物学污染 日粮是生物制剂的潜在源，它可能是实验动物的病源(Williams等, 1969)。Clarke (1977) 曾叙述抽样和测定饲料各种病原生物的步骤以及关于日粮中可接受的微生物的数量和种类的标准。无菌动物群体的日粮必须消除污染。应用最广的动物日粮消除污染的方法是蒸汽高压灭菌 (Foster, 1964; Williams, 1968)。关于这一问题和养分伴随饲料高压灭菌损失的讨论已刊于早期的刊物 (NRC, 1976a)。动物日粮也可用电离辐射 (ionizing radiation) (Ley, 1969) 和环氧乙烷熏烟消毒法 (Meier和Hoag, 1966)。

化学污染 所有动物日粮，尤其是由天然组分构成的那些产品，可能含有或被各种人工的或天然存在的化合物污染 (Fox, 1976; Newberne, 1975; Yang等, 1976)。对这些因素消除污染的方法是困难的或不存在。在日粮中化学污染的浓度通常是低的，但，偶然可能高到足以使动物产生中毒的临床症状。然而，低浓度可影响测试动物的生化和生理过程并改变试验结果。对可能干扰特殊研究结果的污染，进行定期测定是可取的。如果预见有不能接受的浓度，则可变换日粮或日粮的组分。关于通常在实验动物饲料中可接受的化学污染的最大浓度在以前出版的刊物中已列出 (NRC, 1976a)。

饲养实践与质量保证

大多数实验动物种应有能自由采食的日粮。饲槽的结构应该使动物易于接受饲料，并能防止粪尿污染。对养分浓度应进行监测以保证日粮质量。应收集日粮的随机抽样，至少进行近似成分分析(醚浸出物、粗纤维、粗蛋白、灰分、水分和无氮浸出物)。这些分析应按照美国公职分析化学家协会 (AOAC, 1975) 方法进行。

水

实验动物应充分供给易于获得的新鲜水，虽然很少公布有关大多数实验动物种对水的需要量。供给多汁饲料或湿粉料作为唯一水分来源的实践已不再受到鼓励。Chew 和 Hinegardner (1957) 在小鼠方面的工作表明：限制饮水量导致降低自愿采食量。Dalton (1963) 证明了日粮密度和环境温度对大鼠饮水需要量之间的相互关系。

水是病原微生物的潜在来源，用于无菌或无特定病原环境的水必须消除污染 (NRC, 1976a)。化学污染的潜在来源在许多水源是实际存在的，在应用于动物实验室之前，其污染程度应加以测定。水中也可含有足够数量的矿物质，当动物饲以不含某特定矿物质的日粮时，也不出现缺乏的临床症状。

参考文献 (略)

2. 实验动物大鼠的营养需要

引 言

确定任何动物种的养分需要量可采用一些不同的判据，而且某种养分的需要量可依所用判据不同而变。生长、繁殖、行为模式、养分贮量、酶活性、组织的肉眼观察和组织学表现以及其核酸和蛋白质的含量，是用于评定日粮充分与否的主要判据。在所有的情况下理想的表现是未知的。在本报告和在大多数的养分需要量的评定中假定最大特性表现是理想的，虽然这在每一判据并不都是如此。养分的最大采食量和最快生长并不经常与最长寿命和无病相关 (Berg, 1960; Ross和Bras, 1965, 1973, 1975)。

在本版中推荐的养分浓度未因日粮组分的变异或大鼠的变异，酌增安全余量。需要量依据的数据是许多不同实验室的报告，而这些实验室是在日粮混合和贮存、大鼠品系，管理等的不同条件下进行工作的，可以假设本推荐量对不同实验室条件的大鼠是适合的。但，试验方法和环境条件可能改变一种或多种养分的需要量。例如，防止大鼠食粪或饲养在无菌状态下，可能增加由肠道微生物供给一部分的养分需要量 (Hotzel和 Barnes, 1966; Wostmann, 1963)。需要量的确定，是用饲以除所研究的之外，其他迄今已知的所有养分充足的大鼠进行，而且也不预先将大鼠体内该种所研究的养分耗尽，例外的情况将加以说明。

在可能的情况下概括旧文献的综述文章均已列出，但读者欲参考前版以前的文献也可查阅前版。近期的文献已查阅，对以往的养分需要量或支持或改变的文章已列出。在新研究和重新评价