

中国畜牧兽医学学会丛书之四

农畜生理学的进展

(第二册)

〔英〕J. 汉蒙 主編

上海科学技术出版社

农畜生理学的进展

(第二册)

[英] J. 汉 蒙 主編

湯逸人 李維恩 郑丕留 林大誠等 譯

楊詩兴 繆炎生 湯逸人 戎 易 張鶴宇等 校

上海科学技术出版社

内 容 提 要

研究农畜生理学的目的在于控制家畜家禽体内的各种机能,以便提高其产卵、产仔、产肉和产毛的效率,并使其一生在长时间的高度生产中,能够始终保持健康。

本书是过去二十年中国外农畜生理学家的研究报导,原文共有三卷,本册是第二卷,对我国现阶段发展畜牧业、加速禽畜繁殖以及提高产量等方面均有一定参考价值。

农 畜 生 理 学 的 进 展

(第 二 册)

PROGRESS IN THE
PHYSIOLOGY OF FARM ANIMALS

主 編 者 (英) J. Hammond

原出版者 Butterworths Scientific
Publications 1954年版

譯 者 湯 逸 人 等

校 者 楊 詩 兴 等

*

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

上海市书刊出版业营业登记证出093号

新华书店上海发行所发行 各地新华书店经售

商务印书馆上海厂印刷

*

开本787×1092 1/25 印张9 23/25 插页4 字数197,000

1962年2月第1版 1962年2月第1次印刷

印数1—3,500

统一书号:16119·457

定 价:(十四)1.40 元

目 录

生 长

第 九 章 活重的增长 (R. W. Pomeroy) 1

第 十 章 体形和身体的組成 (Halldór Pálsson)36

第十一章 羊毛的生长 (Hedley R. Marston)..... 133

动物的行为

第十二章 放牧动物的行为 (D. E. Tribe) 171

第十三章 性行为 (Arthur Walton) 190

运 动

第十四章 运动的机制 (C. W. Ottaway)..... 203

第九章 活重的增长

R. W. Pomeroy 原著

A. R. C. Unit of Animal Reproduction, School of Agriculture, Cambridge

生长现象是农业生产中最重要的过程之一;事实上,我们可以說,整个农业生产基本上几乎都是以生长过程的某些方面为基础的。并且,生长不仅在农业上重要,关于生长的研究在生物科学和医学上也有广泛的应用价值。例如,对不同年龄及不同营养水平的儿童体高、体重增长情况的研究,曾对儿童的营养和健康有了很大的改进。

初看之下,生长似是一个很简单过程,但經分析后,却会了解到是一种很复杂的过程。什么叫做生长,当然是用数量方法研究生长前必须先解决的问题,但要給生长下定义,并不是简单的事。例如,根据 Schloss (1911)的定义是,生长是指“在一定間隔時間內体积的相对增长,增长程度因物种而异”。这个定义承认一个有机体的增重,终究是每种生物的一种遺傳机能,此种遺傳性是受个体变异影响的。但它却忽略了一个事实,即当动物只得到維持飼料或不足維持飼料时,因骨骼尚在增长,故体格亦能加大,但体重則可能保持原状,或竟下降。

Brody (1945)的定义是,生长乃“身体可衡量的各部分的时间变化,此种变化是相对地不可逆的”。这个定义包括了体积和体重两方面的增长,而由于不可逆性这个概念,就含蓄地排除了由食物多寡以及由妊娠与哺乳所引起的变异。根据这一定义,保持在一定体重的动物,在可衡量的体重方面虽不增长,但在可衡量的骨长方面,仍在增长。不包括体重在短時間內的波动,似較不包括因食物不足或泌乳的負担而引起的长时期体重下降为合理,因后者是一种負的增长方式(虽然減輕一定体重的成分和增加一定体重的成分不同)。

Maynard (1947)将“真正的生长”和脂肪組織沉积加以区别。他

认为真正的生长乃指各器官及肌肉、骨骼的重量的增加。根据这种说法,生长乃指蛋白质、矿物质和水分的增加。在农业上将“生长”与“肥育”加以区别,有时虽较方便,但此种区分是假定的,并无充分理由能够说明脂肪沉积不是生长过程的一部分。不将脂肪包括在内(其理由可能是认为脂肪是一种贮存的营养分),暗示着有可能将脂肪分为两种,一种脂肪是具有机能上的作用的,一种脂肪仅不过是贮藏的食物而已。但在实际上很难证实此点,例如猪的内层皮下脂肪,无疑是贮藏的营养分,但同时由于其绝缘作用,所以也具有调节体温的生理机能。此外,如果认为脂肪沉积不得算作生长,那么一部分水分亦不应包括在内,因为这些水分是从环境中取得的,未经变化就进入组织中。

生长曲线

用年龄与体重作为横直坐标制成的生长曲线是S形的。各种动物的生长曲线大致相同,但人类的幼年时期却特别长。大多数高等动物,在生长至成年体重的30%时即达到性成熟期,但人类则不然,要到成年体重的60~70%时始达到性成熟期(图9-1,根据Brody, 1945)。

一般生长曲线的形状,是由两种相反的力量构成的,一种是加速生长的力量,一种是生长减退的力量。当生长曲线的斜度增加时,加速生长的力量占上风,而当生长曲线的斜度减少时,阻止生长的力量就占上风。加速生长的力量,是由增重的性质产生的,体重增加是由细胞增殖、细胞体加大,以及由环境中摄取的物质所构成的总和。当抑止因素不存在时,活的细胞能够无限期地生长,如Loeb(1908)证明癌症细胞是如此的;Carrell(1933)报告谓正常组织亦如此。个体细胞经常按一定的速度更换,因此代表整个有机体的全部细胞的生长就自身加速了。所以在生长曲线中,当生长加速力量占优势时期,有时称之为“生长自身加速阶段”(self-accelerating phase of growth)。

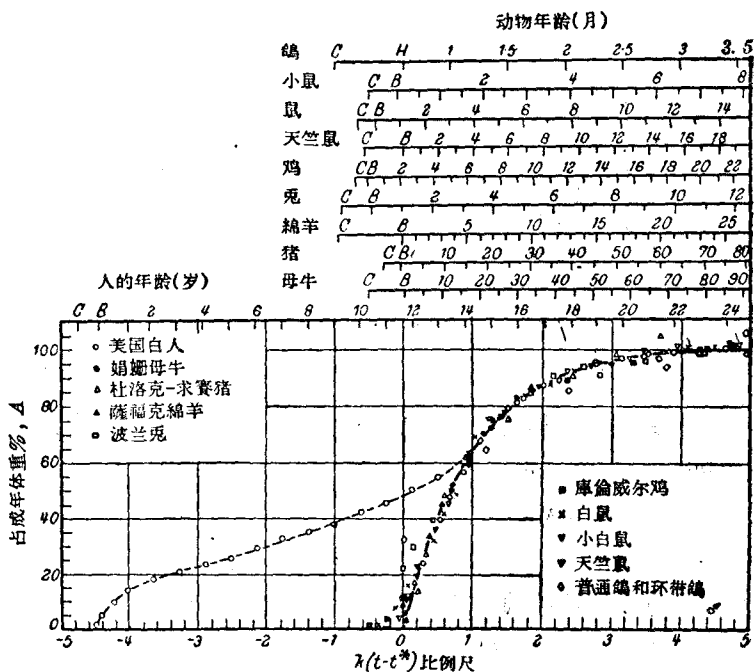


图 9-1 “农畜、实验室动物和人类体重增长的等值”

在动物身体这样一个密闭系统里面，必然会到一个生长阶段，即因养分不足或空间缺乏等抑止生长因素的影响，致使生长受到限制。从这一点开始，生长便受到阻滞生长力量的限制，对于生长曲线的这一部分，就称之为“生长自身阻抑阶段”。然后到了个时期，生长完全被环境所抑止，接着到衰老期，最后终至死亡。

代表生长自身加速和自身减退阶段的两部分在生长曲线中交叉时，即所谓转折点。到达转折点时，生长曲线的生长加速部分已经停止，生长减退即将开始，因此这时的生长率达到了最高点。这一转折点在各种动物都有，人类也是如此，因它和性成熟期同时发生，故亦常称之为性成熟转折点(pubertal inflection)。

生长的衡量

計算活重增长是衡量生长最常用的方法,但各种体尺(如高度与长度)的衡量亦属常用。将活重和体尺的衡量结合起来,比单独考虑活重更为有用,因它能将在正常生长时期的体形变化包括在内,并且它还表明即使当体重保持不变时,体尺亦能继续增长。

体重的增长率可用平均增长速度(即每一单位时间内绝对重量的增加)来代表,其公式为 $\frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$, $W_2 - W_1$ 即在 $t_2 - t_1$ 时间内的增重。在动物实验中常用此种平均增长率,例如在总结实验结果时说,在实验期间,试验组动物每日增重 x 磅,而对照组动物每日仅增重 y 磅。如时距 $t_2 - t_1$ 很短时,用这种方法所表示的平均增长率是很成问题的,如时距较长则不成问题。但如 $t_2 - t_1$ 很长,则平均增长率又不能表示其在某一阶段的生长速度。对典型生长曲线的形状加以研究以后,知道一个代表从受孕到成年期整个时间内的平均增长率是非常靠不住的。

相对生长率是另一种表示生长速度的方法,它表示一定时期内的增重和开始时体重的相对关系。表示相对生长率的公式是 $\frac{W_2 - W_1}{W_1}$, W_1 为开始时体重, W_2 为最后体重。为了方便起见,相对生长率一般用百分率表示,在比较体重相差悬殊的不同种动物的生长情况时,它是很有用的。但如初重不大而增重很大时,则相对生长率的公式亦会令人误解。在这种情况下,相对生长率并不能说明记录最终体重时的生长率。

Brody(1945)建议用“即时生长率”(Instantaneous growth rate)来代替平均生长率 $\frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$ 。即时生长率是用体重 W 除即时增重 dW/dt 而得, W 是在称量 dW/dt 时的体重。

$$\text{即时相对增长率, } k = \frac{dW/dt}{W}$$

这个公式在实践上是沒有用处的, 因为要衡量即时增重 dW/dt 是不可能的, 因此写成积分方式:

$$W = Ae^{kt}$$

其中 e 为自然对数的基数, A 为当 $t=0$ 时 W 的自然对数。

当相对生长率为已经完成的生长的函数时, 这一公式是可以应用在生长的自身加速阶段的。在生长曲线的自身抑止阶段, 相对生长率不是已经完成的生长的函数, 而是在到达成年期前将完成的生长的函数。

$$\text{即 } \frac{dW}{dt} = -k(A - W)$$

其中 A 为成年体重。公式的积分方式为:

$$W = A - Be^{-kt}$$

其中 A 为成年体重, B 为常数。

Brody 曾用这些公式来计算各种动物在相等时期的生长速度, 以及同种間不同品种的动物的生长速度。

另外还有許多更加細密的公式, 多数增加了一些其他的常数, 使公式轉变成势函数的級数 (potential series)。在一个公式中加添許多常数能使其易曲性 (flexibility) 增加, 却减少了其生物学的意义。在生长資料中应用算术公式的主要目的, 乃在使一堆笨重的資料便于处理和說明。因此精細的数学处理, 必須能使观察結果的解釋得以簡化, 这样才是有用的, 任何数学处理不能在生物学作用上得到相应的效果, 最好加以避免。

在所謂关于“生长代謝” (growth metabolism) 的原理 (axioms) 的基础上創造生长的数学規律的企图, 近年来已經遭受到許多批評, 主要因为計算的基础“原理”是无用的。Brody (1945) 与 Medawar (1945) 曾对用数学方法研究生长問題加以討論。

在生长公式中关于性成熟轉折点以后的生长, 大都认为动物的

成年体尺是由遺傳結構所限制的。成年体尺是不能超过的，但如环境条件不良，則体尺就能降低（譯者认为这种看法是有待商榷的）。同样的，每个个体都有其特有的相对生长速度，但此种速度可由营养水平、溫度、激素、維生素和微量元素等因素的作用而加以改变。

有人曾經企图制出“正常的”或标准的生长曲綫，例如各品种牛的生长曲綫；但这些标准必須随着人們对影响生长的因素了解逐步深入，而随时修改。

从农业上讲，一个牲畜的生长速度比其成年体重更为重要。除了輓用馬和乳用牛以外，农畜很少活到成年的，而其生长速度則对利益有很大影响，尤其在肉用家畜更是如此。这是因为牲畜一生所吃的食物，一部分是单纯用来滿足維持需要的（使动物能够生存，使其与生命有关的机能如消化、呼吸、循环、体温調节和运动能够进行）。从农民的角度看来，維持部分所用的飼料是沒有利益的，因此如果其他条件都相等的話，一头动物的維持需要越低，則其可出售的体重的利益越大。虽然飼喂不足的家畜，每日的維持需要較营养良好的家畜为低，但因后者可在較短期間达到市場需要的体重，故其維持需要总量較少。但是很清楚的，在各种年齡的最高生长速度，不一定常能生产最优良的尸体体型，因此从降低維持需要所得到的利益，被因尸体质量下降而遭受的损失所抵消了。因此在动物一生的某些阶段，必須使其生长速度达到最高点，而在其他時間，則可故意使其生长减慢。

一般人都认为种用牲畜的生长速度是應該高的，根据常識来讲，在幼年时期給予高度的营养水平，就为以后怀孕和泌乳做好准备，这种想法也是合理的。但在培育种用母畜时，有两个重要問題需要加以考虑，即母畜将在何时初次配种，以及它的一生的生产性能如何。母畜的初配年齡和到达性成熟的年齡有关，如生长速度减慢，則性成熟年齡亦因之延迟。延迟配种意味着一头牲畜比早熟牲畜要养更多的時間，此时沒有一点經濟收益，从这一方面来看，迅速生长和性的

早熟是有利的。在另一方面，从終生生产力来看，还没有充分的证据，证明在高速度生长率和高度終生生产力之間是有密切的关系。关于影响終生生产力的因素，过去还很少研究，在掌握这些因素以前，无法解释一些事实，例如乳用母牛和繁殖母猪因疾病和不孕而淘汰的，是否有一部分是由于生长速度快的緣故。Hansson 及其同工們（1953）用同卵孿生犏牛所进行的試驗，結果得到一些关于这一方面的证据。用同卵孿生牛进行試驗有一个好处，在同一对牛之間沒有遺傳的变异性；如有任何差别，将是由于环境的影响。他用不同营养水平所培育的同卵孿生母犏牛配种，凡产乳量低的則予淘汰。剩余的牲畜繼續养下去，直到最后因不孕或疾病而不得不淘汰为止。結果用低营养水平培育的母犏牛，平均寿命为 95 个月，用高营养水平培育的母犏牛，平均寿命仅 75 个月。

影响活重增长的因素

（1）营养水平

在农业方面，营养水平对活重增长的影响是很重要的，因为它和产肉及产乳的經濟有关。由于改变营养水平而使肉用家畜生长速度发生变化，直接影响到周轉率以及将飼料变成肉品的效率。在不同发育阶段改变营养水平，亦影响到肉的成分，所以也就影响到尸体的价值。因此，有关营养水平如何影响生长的知識，能帮助控制（至少能做到一部分）肉畜尸体的质量。另一方面，在世界各地有季节性缺雨的地区，每年有天然的周期性的营养水平較低时期，如此亦可使人們設法糾正这些不良影响。

用极高度营养水平培育家畜，使营养不再成为生长速度的限制因素，所以生长速度就完全由这一个体的遺傳因素所限制的了。用高度营养水平而使生长迅速时，可使动物在最短期内达到市場需要的体重，但从飼料利用效率来看，生长迅速不一定代表最經濟的生长。

McMeekan (1940) 将生后不久的猪, 用四种不同的营养水平肥育至 200 磅活重, 即:

- (1) 整个时间都用高营养水平。
- (2) 用高营养水平喂 16 星期, 以后用低营养水平。
- (3) 用低营养水平喂 16 星期, 以后用高营养水平。
- (4) 整个时间都用低营养水平。

这个试验计划(图9-2)特别的地方, 乃在其生长曲线是预先决定的, 每组所养的猪, 用调节饲料喂量的办法, 使其按一定的生长曲线生长。根据他的试验结果, 第一组猪利用饲料的效率, 不及第二组高。第一组猪由离乳到活重 200 磅时, 每增加活重 1 磅(0.45 公斤), 消耗饲料 5.05 磅(2.29 公斤), 而第二组猪每增重 1 磅仅消耗饲料 4.28 磅(1.94 公斤)。造成此种差异的原因, 可能由于身体各种组织生长不同之故。“前高后低”组的猪, 正当脂肪生长最快的阶段, 转换到低营养水平。饲料变成脂肪的效率是低的, 所以在此时期限制饲料喂量, 就提高了整个饲料利用效率。相反的, “前低后高”组的猪, 正当脂肪生长最快之时转变到高度营养水平, 因此就成为四组中利用饲料效

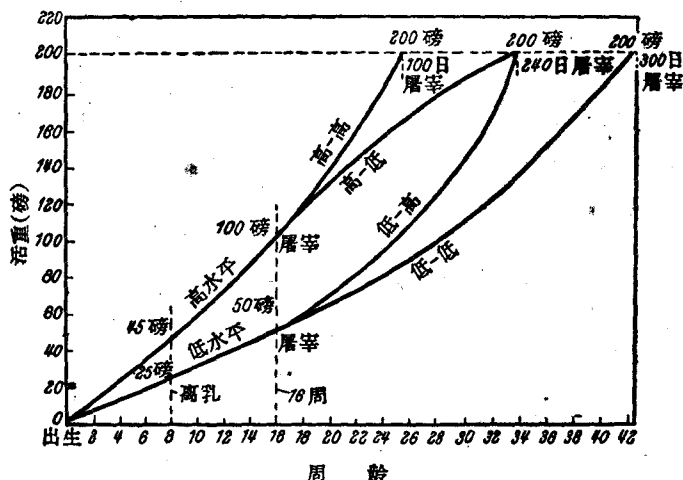


图 9-2 McMeekan (1940) 的试验计划。这一试验的研究目的乃在测定变换营养水平以改变生长曲线的形状, 是否能改变猪的体型和成分

率最低的,每增加1磅活重須消耗飼料5.61磅(2.54公斤)。第四組猪到达200磅活重所需時間較长,相当大的一部分飼料就用来滿足維持的需要,因此飼料利用效率亦低,每增重1磅需飼料5.17磅(2.34公斤)。从这一試驗中发现了一桩有趣的情况,虽然长期抑止生长速度,增加了維持需要的总量,以致降低了飼料利用的效率,但在发育的适当阶段,短期抑止生长,反能提高飼料利用的总的效率,因它对各种組織的作用不同,对身体化学成分的作用也不同的緣故。

Brookes 与 Vincett (1950)曾用牛做試驗而获得了类似的結果。他們的試驗中用了四种不同的营养水平,即:

- (1) 用高度营养水平喂到犏牛期終(至8个月大),以后仍用高度水平。
- (2) 犏牛期用高度水平,以后用中等水平。
- (3) 犏牛期用中等水平,以后用高度水平。
- (4) 犏牛期及以后都用中等水平。

所有的牛在估計其屠宰率达57%时屠宰。“前高后高”組和“前中后高”組牛在二岁时达到此种阶段;“前高后中”組在二岁半时达到;“前中后中”組在三岁半时达到。“前高后高”組的牛虽然生长速度最快,但利潤最低,因为必須喂給它們大量昂貴的精料,才能使其长得快。利潤最高的是“前高后中”組的牛,因为当幼年生长强度最大时供給高度营养水平,而当生长速度下降时則給予中等水平。在这个时候,过去采用的高度营养水平已使其体格长得相当大,能够充分利用廉价的粗料了。因此,虽然它們喂养的時間要比較长些,但因为它們能吃食大量价廉的飼料,所以总的成本还是低些。

Waters (1908) 是研究飼料不足对牛的影响的第一人,他将年齡不同的閩公牛养了一年,喂的日粮使牛在此期間活重不能增长。他发现增重虽然受阻,但骨骼却在繼續生长,并且在飼料不足期結束以后,恢复生长的趋向很强。在飼料不足期以后,跟随着恢复阶段,据謂这是由于生长期延长之故,因在早期飼喂不足的牲畜,到正常飼喂的牲畜停止生长之时,只要飼料跟上,还能繼續生长。Eckles 与 Swett

(1918) 用乳用处女牛試驗时, 注意到在生长受阻以后, 如条件改善, 恢复生长的能力很强, 但如受阻过于严重, 則不能达到成年体格的正常大小。恢复生长一方面是由于生长期的延长, 一方面因为在加喂飼料阶段, 生长速度較正常为强的緣故。

在营养不足时期以后, 生长阻滞是否是永久性的, 曾引起了爭論。在家畜方面, 还没有最后的結論, 因为要在人工控制的条件下, 长期喂养足够数量的牲畜, 使其达到成年体格是很困难的。因此, 关于营养不足影响成年体格的試驗研究, 大多数是用实验室小动物做的, 用得最多的是鼠。例如 Osborne 与 Mendel (1915) 的試驗結果, 鼠在生长受阻期后重新加喂飼料时, 生长异常迅速, 最后达到正常的成年体格。在这一类試驗中, 营养不足期后的生长异常迅速現象, 是經常遇到的, 其中有一部分原因是因为, 在营养不足期間脂肪組織中所含的脂肪已被消耗, 此时脂肪又重新在細胞中恢复之故。但是亦有报告称 (Ragsdale, 1934) 营养不足会扰乱紀历年上時間的年齡和生理学年齡間的正常关系, 以致喂飼低营养水平的动物, 生理学年齡进行的速度很慢。因营养不足而生长受阻的动物, 轉变到高度营养水平时, 則其生长速度与生理学年齡相当, 而不与其紀历年上時間的年齡相当。因此, 它們的生长速度, 比較那些生长未曾受阻的动物快得多。

McCay 及其同工者用鼠进行的一系列試驗, 用限制热量的方法使其生长受阻, 如生长受阻時間超过其正常寿命, 在再加喂飼料时鼠仍能繼續生长, 但不能达到正常的成年体格。在一典型試驗中 (McCay 等, 1939), 限制了鼠的热能供給量使其生长受阻, 各組鼠受限制的時間为 300 天、500 天、700 天及 1000 天, 然后重新加喂飼料。生长受阻 300 天的鼠, 不能恢复正常的成年体格, 而有些生长受阻時間长达 1000 天之久的, 在再加喂飼料时还能繼續生长一些。

生长受阻一个时期对体重的最后影响可能由三个主要方面决定。第一, 此种影响視受阻发生在生长的哪个阶段而异。Osborne 与 Mendel (1915) 在生长后期使其受阻, 而 McCay (1939) 則在早期使

其受阻。結果证明在幼年时期(生长最速时期)如生长受阻,則能产生永久性的影响,而在年齡較大、生长速度較慢的时候受阻,則作用較輕。其次,生长受阻的影响視受阻程度深淺而定,第三,視受阻時間的长短而定。动物在生长受阻时期以后,恢复生长的能力很强,但如受阻发生在幼年时期,如受阻相当严重,且時間較长,則可以造成永久性的阻滯。

Hammond(1932) 研究綿羊在出生后限制营养对生长所产生的影响,結果发现单羔初生时比双羔約重 29%, 双羔又比三羔重 9%。在生后第一月中,单羔和双羔在体重方面的差別增大,因此时羔羊完全依靠母乳生活,在双羔方面,一头母羊的乳由两只羔羊分食,所以增重較慢。当羔羊开始吃食固体飼料、不必依賴母羊乳的时候,双羔的生长速度超过了单羔的生长率,但在 Hammond 进行观察的二年中,单羔和双羔仍有明显的差別。

母畜供給的乳量对幼年哺乳动物出生后的生长,具有重大影响,此点可由比較幼兔(哺乳动物)的生长和雛鸡的生长情况(图 9-3, 取自 Murray, 1921 材料)而证实。比較鵪和雛鸡的生长率时(图 9-4, Kaufmann, 1929),亦得到类似的結果。雛鵪获得腺囊腺所分泌的“乳汁”,在第一月中增重超过 300%,而雛鸡增重仅 160%。

据 Wallace (1948) 报告,母畜在妊娠后期的营养状况,对泌乳

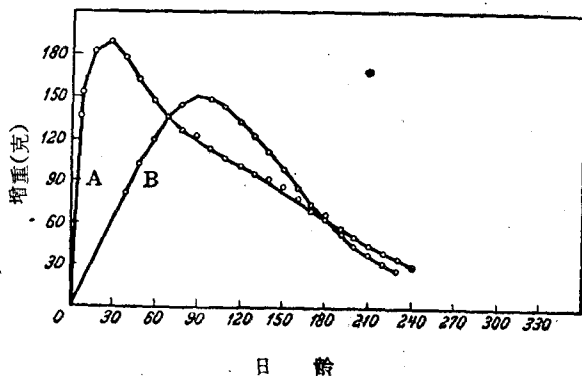


图 9-3 兔(A)和鸡(B)的生长速度比較(每日增重克数)

量之所以具有巨大作用，乃因对乳腺生长发生影响之故（图 9-5 与 9-6）。

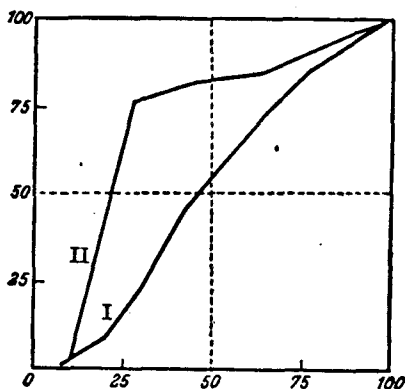


图 9-4 小鸡(I)和鸡(II)生长的比较

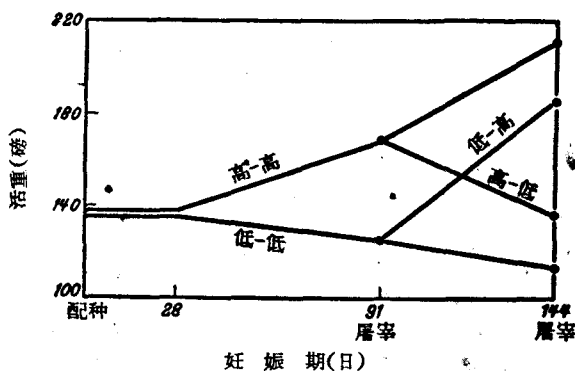


图 9-5 母羔羊在妊娠期间的生长曲线

据 Bonsma 与 Oosthuizen(1935)报告,母猪每窝产仔数在 7~8 头以上者,泌乳量是稳定不变的。这一事实足以充分说明 Johansson (1931~1932) 与 Kitchin (1937) 的观察结果,他们发现每窝仔猪数量越多,则仔猪的平均离乳体重越小。这亦指出了当仔猪开始取食固体饲料时,凡一窝产仔多的,必须加强饲养。

在胚胎期间营养受到限制、以致生长受阻的现象,可用下列事实说明,双羔出生后由两只母羊哺育的,它们的体重比较由一只母羊哺

育的为大,但仍较由一头母羊哺育的单羔为小 (Hammond, 1932)。据 Wallace (1948)称,母羊在妊娠后期的营养水平,对羔羊初生体重影响很大。

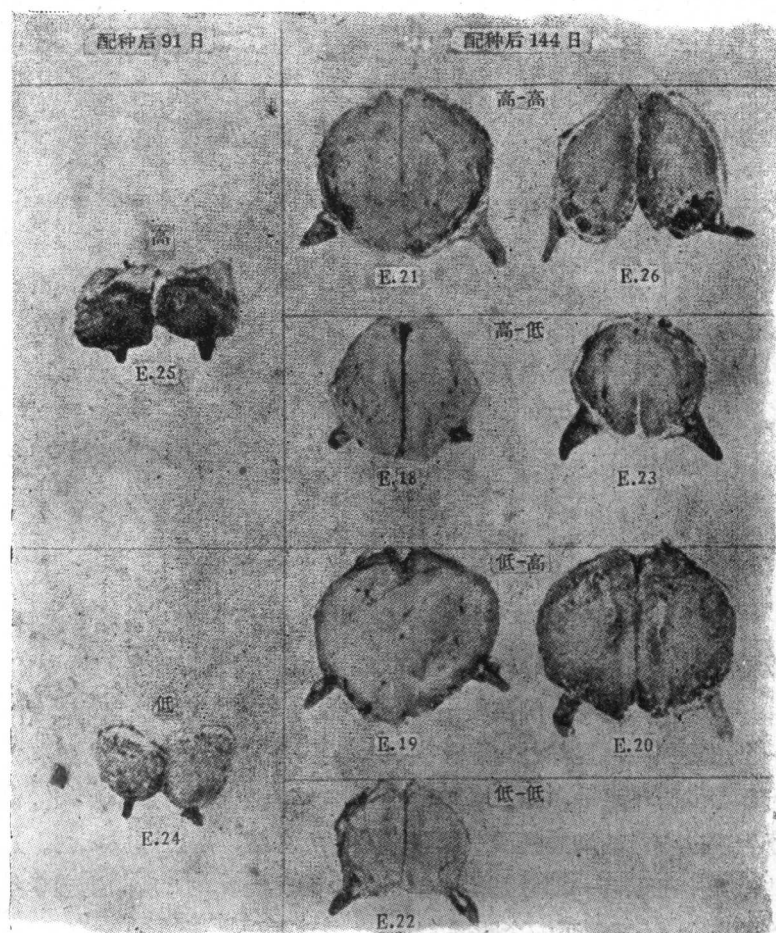


图 9-6 母绵羊的营养水平对乳腺生长的影响(参阅图 9-5)

母羊在此时营养不足,即使在妊娠早期曾经丰富的营养,所产羔羊亦体小而弱。相反的,母羊在妊娠后期营养水平较高,即使在妊娠初期曾经低度营养,所产羔羊体格大小亦属正常(图 9-7)。