

张永平 编

尿素饲料浅说

30

农业出版社

● ● ● ● ●

尿素饲料浅谈



● ● ● ● ●

尿 素 飼 料 淺 說

張 永 平 編

农 业 出 版 社

尿素飼料淺說

張永平編

農業出版社出版

北京老錢局一號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第 106 號)

新華書店北京發行所發行 各地新華書店經售

北京市印刷一廠印刷裝訂

統一書號 16144.1373

1963 年 9 月北京製型

開本 787×1092 毫米

1963 年 10 月初版

三十二分之一

1963 年 12 月北京第一次印刷

字數 36 千字

印張 一又四分之三

印數 1—1,600 冊

定價 (7) 一角七分

前 言

尿素被应用于畜牧业上历时已久，但广泛利用尿素飼料还是近三十多年来才开始的。尿素的飼养价值和經濟价值已被科学研究和畜牧业生产实践所証实。它可以作为反刍家畜（牛、羊等）的蛋白质飼料，补充日料中蛋白质的不足，或者代替精料中的天然蛋白质，节约精料的用量。

在苏联和欧美一些国家，现在已经广泛地应用尿素作为牛和羊的飼料。在我国，过去没有尿素合成工业，现在已经有了少量的生产，預計将会很快地发展起来。为了尽快地把尿素应用到我国的畜牧业生产上，促进畜牧业的发展，作者搜集了一些有关資料，編写成这本小册子，希望引起广大畜牧工作者的注視，积极开展这方面的試驗研究，創造經驗，指导生产实践。但限于作者的水平，不妥之处在所难免，尚希广大讀者多加指正。

本稿是在赵增荣、楊遵德二位同志的指导下写成的，特此致謝。

編者 1962年9月

目 录

一、 尿素飼料概述	1
(一)尿素的性质和用途	1
(二)尿素飼料的发展	1
(三)尿素飼料的重要性	3
二、 尿素飼料的应用原理	4
(一)反刍家畜的瘤胃消化	4
(二)尿素的蛋白化理論	6
(三)尿素飼料的飼养价值	8
(四)瘤胃微生物充分利用尿素的基本条件	9
三、 尿素飼料的使用方法	12
(一)尿素飼料的配合	12
(二)尿素飼料飼喂各种家畜的方法和效果	20
四、 尿素中毒及其防治	41
(一)中毒原因	41
(二)中毒症状	42
(三)治疗方法	42
(四)防止中毒的办法	43
附录 尿素喂量查对表	46
参考資料	50

一、尿素飼料概述

(一)尿素的性质和用途 尿素又名脲(或碳酰胺), 化学分子式为 $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ 。純尿素是一种白色、无臭、无味、稍有凉感的針状或稜柱状結晶。易溶于水, 在溫度 10°C 时, 每 100 毫升水能溶解 84 克尿素。吸湿性强, 在溫度 20°C 、湿度 80 度时, 它就从空气中吸水而潮解。尿素是一种简单的含氮化合物, 純尿素含氮 46.65%、碳 20.00%、氢 6.71%、氧 26.64%。

尿素的主要用途是作肥料和飼料, 有的国家在这方面的用途占总产量的 80%。此外, 尿素还是有机合成工业、制药工业和炸药工业的重要原料(如图 1 所示)。

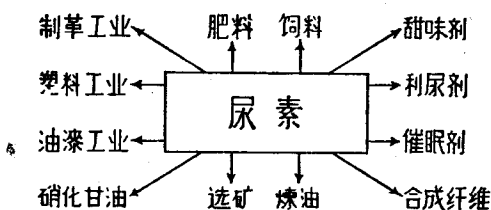


图 1 尿素的用途

(二)尿素飼料的发展 利用尿素作为蛋白质飼料的研究, 最初是从德国人凱尔納 (Keller, 1879) 提出的非蛋白态氮化物是否能在动物体内对蛋白质合成上起作用的問題引起的。第一次世界大战以前, 有許多学者进行过这项研究, 但都没有得到显著的进展。在大战中及战后, 由于飼料严重缺乏,

在德国又掀起了对这一课题的研究高潮。他们用工业上能制造的尿素、铵盐等进行试验。在1920—1924年，瓦尔兹(Völitz)等人用尿素进行了对绵羊的发育试验、氮素代谢试验、乳牛的泌乳试验等，并作出结论：用尿素代替饲料蛋白质使用，可以抵上它的一半左右。1922—1923年，瑞卡得森(Richardson)、哈森(Hansen)、汉康布(Honcamp)等人，证明了用尿素饲料来饲养乳牛，能使其泌乳发生良好的作用。1932—1933年，波波夫和库茨涅佐夫分别进行过尿素对泌乳母牛和绵羊的试验，证明在产乳牛的日常饲料中尿素可以代替生产饲料中蛋白质的25%；能够代替绵羊日常饲料中蛋白质的47%。通过这些试验研究，尿素就开始应用到畜牧业生产上。

尿素饲料在欧洲使用较早，主要是在德国。第二次世界大战以后，英美也开始使用了。日本在1944年以后也开始进行试验研究。目前有些国家已经普遍使用尿素饲料了。如美国每年用于饲料的尿素就有10万吨之多。苏联也已广泛利用尿素饲养牲畜。

在我国，使用尿素饲料还是一个新问题，随着尿素合成工业的发展，尿素的饲用研究也已经开始。福建省畜牧兽医研究所关奇勳、林茂晋等(1962)作了尿素在干草期喂乳牛的试验，结果在试验期间平均每天的泌乳量比稻草期(对比期)日泌乳量高10.65%。贵州农学院彭国华等(1962)利用尿素饲养乳牛的试验结果，可提高产乳量43%。浙江金华农专也曾作过简单的试验。

虽然尿素的饲养价值已经肯定，但我们应结合本国的具体情况，通过试验，研究出一套简单易行而又安全的使用方法，并通过试点、示范把使用尿素饲料的知识传播给广大群众，逐步地把尿素饲料推广到畜牧业生产上。

(三) 尿素飼料的重要性 我国飼养耕牛，在冬季主要是以稻草、麦秸、豆秸等粗飼料为主，精料的喂量很少，往往不能滿足耕牛的营养需要，以致大量的耕牛发生春乏或死亡，大大影响了耕牛的耕作能力和繁殖能力。但是，如果能在粗飼料充分滿足的情况下，每头耕牛每日加喂 50—100 克尿素和少量的精料，就能大大地改善耕牛的营养状况。如果一头耕牛每日加喂 100 克尿素，一个冬春季节以 150 天計算，則每头耕牛每年需要 15 公斤尿素。一个年产 1,500 吨的尿素工厂就可以供給 10 万头耕牛的需要量。如果要以精料来滿足相当于这些蛋白质的需要，就必须用数万亩土地来生产。因此，可以说生产尿素在某种意义上就是生产精飼料。

在今后，由于人民生活水平的不断提高，对于畜产品的要求必然会大大增加。例如要达到平均每人每日供应 0.5 公斤的牛乳，就需要飼养近 4,000 万头的产乳母牛（年产 3,000 公斤）。如果每头牛每日喂給 3 公斤精料，則每年需要 400—500 亿公斤的精料，加上其他家畜的需要就更多了。因此，使用尿素作为反刍家畜蛋白质飼料的代用品，不是一个短期的过渡，而是解决飼料中蛋白质問題的重要方向。所以，发展尿素飼料的生产問題，应当引起我国各有关部门的重視。

二、尿素飼料的应用原理

(一)反刍家畜的瘤胃消化 反刍家畜的胃分第一胃(瘤胃)、第二胃(蜂巢胃)、第三胃(重瓣胃)和第四胃(真胃或皱胃)四个室。第一、二胃是食道扩大形成的;第三胃是从第四胃分出来的无腺分化物;只有第四胃是腺胃,与单胃家畜的胃相似。整个胃的体积占腹腔容积的 $\frac{3}{4}$,容量达200—260升,其中瘤胃占80%、蜂巢胃占5%、重瓣胃和真胃各占7—8%。胃粘膜的构造各室有不同的特点,瘤胃的粘膜上没有消化腺,粘膜上簇生着很多绒毛状的小乳头。蜂巢胃的粘膜上有由粘膜壁组成的复杂的蜂窝状小室,没有消化腺。重瓣胃的粘膜上重叠着许多层叶状壁,也没有消化腺。真胃的粘膜与单胃家畜的胃粘膜相似,只是在幽門部显出几条皱纹,所以也称皱胃。在这四个室之间,有一条直接从食道通到第三胃的食道沟,反刍家畜吸乳和饮水时,可以通过食道沟直接进入重瓣胃和真胃。

因为反刍家畜唾液中的消化酶很少,对食物的消化作用很弱,固体食物经粗嚼后即吞嚥到瘤胃。瘤胃中没有消化腺,消化作用主要是依靠瘤胃的运动来磨擦食物、瘤胃的反刍反喷作用及寄生在瘤胃中的大量细菌和原生动物的帮助进行的。

瘤胃中食物的消化,是在一个复杂的物理、化学和生物学过程中进行的,其中微生物的活动起着决定性的作用。瘤胃中的微生物数量很多,平均每毫升瘤胃内容物中就有40亿左

右。这些微生物大体可分成三类：第一类是好气性細菌，它的作用主要是消耗瘤胃中的氧气，促进嫌气性細菌的发育；第二类是嫌气性細菌，它具有分解各种碳水化合物化合物的能力，特别是能分解家畜消化液所不能消化的纖維素，供給家畜营养物质；第三类是原生动物，它在瘤胃中有提高飼料蛋白质生物学价值的作用。

当食物經過瘤胃的消化作用后，便发生了质的变化，其纖維素受到了磨擦、泡軟膨脹和微生物的作用而分解，产生各种低級脂肪酸（如图 2 所示），这些低級脂肪酸約占瘤胃中总酸量的85%，它們能直接被瘤胃所吸收。在这一消化过程中，瘤胃中由于食物的分解产生了大量的甲烷和二氧化碳，还有少量的氧、氢和硫化氢等气体。这些气体一部分在家畜嘍气时逸出，一部分被瘤胃吸收后从肺部排出。

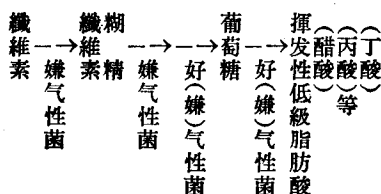


图 2 低級脂肪酸的形成

在纖維素被消化的同时，食物中的蛋白质也被微生物所分解，产生各种氨基酸，氨基酸經過脱氨基作用产生氨、二氧化碳和低級脂肪酸。与此同时，瘤胃中的某些微生物利用这些分解产物，經過复杂的同化作用，用氨与其他物质（主要是碳水化合物）合成各种营养物质。如家畜必須的各种氨基酸、多种維生素（主要是B族）等，大大地改善了飼料的营养价值。

在瘤胃中，微生物合成营养物质的数量和速度，依食物中含氮部分与产生能量部分的比例而不同。食物中含氮部分不

足,微生物的繁殖就慢,对食物的消化能力和营养物质的合成就减弱;如果食物中有足够的氮,而没有足够数量的产生能量的物质,蛋白质的合成也是不会完全的。

食物在瘤胃中经过这些复杂的消化作用后,变得又重又软,化学性质也起了彻底的变化,其中约有70—85%的可消化干物质消失了(分解后直接被瘤胃吸收和变成气体),其余的通过第二胃、第三胃进入第四胃。到第二胃时,食物又经过严格的选择,只有经过消化完全的、含有充分水分和沉重的食糜才送到第三胃,而消化不完全的和未经消化的食糜,则又被送回瘤胃中再进行消化。可见瘤胃的消化作用,对于反刍家畜的营养有着非常重要的意义。

犏牛和羔羊等幼年反刍家畜,需要完善的营养物质。这是由于幼年反刍家畜的瘤胃尚未发育完全,瘤胃微生物群落也未完全建立,不能将单纯的物质改变成为具有完善营养价值的营养物质。因此,饲喂幼年反刍家畜应与非反刍家畜相同,应给予营养价值完善的日料。饲养成年反刍家畜,不必考虑蛋白质的品质,只要满足它们对粗蛋白质的需要量就行了。而饲养幼年反刍家畜,就需要给予各种必需氨基酸,否则它的生长发育就会受到影响。当幼畜不断生长的过程中,由于饲料的刺激和外界的感染,瘤胃迅速地发育,同时瘤胃微生物群落也不断地完善。

(二)尿素的蛋白化理论 尿素被用于畜牧业上以后,初期人们只知道它有一定的饲养价值。例如用绵羊试验,饲喂尿素作为日料中唯一的氮的来源,结果在瘤胃中合成了十种必需氨基酸。利用尿素作为蛋白质的代用品饲养生长期的犏牛和羔羊,保证了犏牛和羔羊的增重。作为蛋白质代用品饲喂乳牛,也保证了正常的产乳。但是,尿素是怎样变为蛋白质而被

家畜吸收和同化，并不清楚。近几十年来，由于人们对于瘤胃生理和瘤胃微生物的不断研究，这个问题才逐渐地解决了。近一、二十年来，有许多实验证明了尿素是在瘤胃中被分解为氨，然后又被微生物利用，与其他物质合成菌体蛋白质，与天然蛋白质中的氮一样地被家畜消化、吸收和同化。从日本北海道大学广濑助教授用山羊作研究的结果（表1），可以清楚地看到这个变化过程。

表 1 喂完尿素后氮素和微生物在第一胃内的消长情况

試驗日期	第一胃内 采种时间	第一胃内 N %			微生物数		第一胃 内 pH
		余 N	尿 素 态 氮	氨 态 氮	滴虫类	細菌数 (万)	
7月29日	喂尿素前	0.144	—	0.010	611	1,441	7.2
	喂后30分钟	0.261	0.066	0.048	604	1,759	7.4
	喂后1小时	0.248	0.058	0.063	841	2,354	7.6
	喂后2小时	0.215	0.025	0.040	1,025	1,926	7.4
	喂后4小时	0.199	0.017	0.036	948	2,317	7.4
	喂后6小时	0.186	0.006	0.020	750	1,876	7.2
	喂后8小时	0.173	—	0.017	732	1,572	7.2
	喂后24小时	0.157	—	0.009	381	1,319	7.2
8月2日	喂尿素前	0.162	—	0.013	613	1,328	7.2
	喂后30分钟	0.295	0.087	0.057	554	1,964	7.4
	喂后1小时	0.288	0.065	0.068	670	2,911	7.8
	喂后2小时	0.255	0.034	0.048	773	2,457	7.6
	喂后4小时	0.237	0.020	0.043	680	2,091	7.4
	喂后6小时	0.190	0.008	0.021	604	1,696	7.2
	喂后8小时	0.177	0.002	0.016	632	1,625	7.2
	喂后24小时	0.153	—	0.010	591	1,442	7.2

根据这个试验结果，尿素在瘤胃中被分解为氨，然后氨又逐渐地消失。相应地，瘤胃中的微生物（细菌和滴虫类）数量增加了。即在喂完尿素后1小时，瘤胃中氨浓度达到高峰，这时

微生物的繁殖也最快。以后又逐渐下降了，到 24 小时后，瘤胃中的氨与微生物的数量就恢复到与喂尿素前相近。尿素在喂给后 8 小时就消失在瘤胃中。广瀨助教就是根据这种情况推断尿素是在瘤胃中被微生物利用，合成微生物体蛋白质供家畜利用的。

关于尿素在变成蛋白质后，是否能被畜体利用的问题，经美国威斯吞 (Waston, 1949) 试验，用含同位素 N^{15} 的尿素喂绵羊，经饲养四天后宰杀，发现 N^{15} 存在于绵羊身体的蛋白质中，这证明尿素中的氮确实被家畜所利用。

(三) 尿素饲料的饲养价值 纯尿素的含氮量为 46.65%，而蛋白质的含氮量仅为 16% 左右，也就是尿素的含氮量是蛋白质含氮量的 2.875 倍。100 克的尿素就相当于 287.5 克蛋白质。拿它与植物性饲料中含蛋白质最高的大豆饼来比较，100 克大豆饼中含有 43.75 克粗蛋白质 (含氮 7%)，尿素的含氮量相当于大豆饼的 6.5 倍。同样，尿素的含氮量相当于麸皮的 26.1 倍，相当于玉米的 41 倍。由此可见，尿素的蛋白质价值比任何一种饲料都高得多。

一般工业生产的合成尿素，含氮量都没有达到 46.65%。这样，在具体计算时，100 克尿素就不能相当于 287.5 克蛋白质。一般以 100 克尿素相当于 260 克可消化蛋白质计算。

尿素虽然含氮量高，但它不含有家畜和微生物所需要的其他物质，瘤胃微生物要利用尿素，必须把尿素氮和其他物质结合才能合成蛋白质供家畜利用。这样，我们可以把饲养反刍家畜尿素看成是给瘤胃微生物施氮肥。

尿素作为蛋白质饲料喂家畜时，其消化率随着基本日料中天然蛋白质的含量而不同。基本日料中天然蛋白质的含量高，尿素的消化率就低，反之，尿素的消化率就高。根据实验，如果

基本日料中天然蛋白质含量在 11% 以下时,尿素的消化率在 70% 左右。一般认为基本日料中的粗蛋白质含量在 10—12% 为适宜。超过 12% 时,尿素在瘤胃中转化为蛋白质的速度和完全程度就开始降低。根据尿素的消化率,将它的营养价值再与大豆饼比较一下,就可以进一步了解它的营养价值。100 克尿素相当于 287.5 克的粗蛋白质,乘其消化率 70%,等于 201.25 克可消化蛋白质。而 100 克大豆饼中含 43.75 克粗蛋白质,乘其消化率(最高消化率)85%,等于 37.19 克可消化蛋白质。201.25 被 37.19 除等于 5.4,即 100 克尿素的可消化蛋白质比大豆饼高 5.4 倍。

(四)瘤胃微生物充分利用尿素的基本条件

1. 基本日料中含有一定量的可溶性碳水化合物 前面说过,尿素仅仅是含氮量高,它不含有其他营养成分。如果日料中只有大量的氮,而没有足够的其他营养物质(主要是产生热能的各种碳水化合物),微生物的繁殖是不会很快的,同时尿素的利用率也是不高的。只有当日料中的含氮物质和产生热能的物质在适当的比例下,才能达到微生物繁殖最快和对尿素的利用率最高的目的。产生热能的物质,以淀粉为最好,简单的碳水化合物如单糖,对提高尿素的利用率与淀粉相似,但比较弱,纤维素则不适合作为微生物利用尿素的产热物质。例如在喂猫尾干草加尿素时,尿素分解为氨的过程以及氨在食糜中的消逝过程都是很慢的,几乎有半数的氨直到 6 小时末仍然残存在瘤胃中,这显然是在这种环境里,瘤胃微生物不活跃的结果。而在干草加尿素的日料中加入一些淀粉时,瘤胃微生物的活动则非常剧烈,用不到 1 小时的时间,尿素便完全被分解,在 6 小时之内,所有形成的氨都消失于瘤胃之中,瘤胃内容物中的蛋白质含量,比不加淀粉的要多得多。

2. 基本日料中的天然蛋白质含量不要超过10—12% 尿素在瘤胃中经过微生物的作用，能够合成家畜必需的各种氨基酸。如果基本日料中含有大量的天然蛋白质时，微生物对尿素的利用率就低。例如对羔羊进行的试验中，以不同蛋白质含量的基本日料加喂尿素时，得到不同的消化率。基本日料中蛋白质含量分别在8%、11%和15%时，羔羊对尿素的利用率分别为74%、60%和44%。

试验证明 (M. I. Wegner, 1941)，浓厚饲料的蛋白质含量即使高达20—24%，尿素也能被合成蛋白质。但蛋白质含量达18%时，尿素被转化的比率就急剧地下降。

对于尿素的利用率，基本日料中的蛋白质的质量也有关系。在饲料中含有不溶性蛋白质时，由于它在瘤胃中难以被微生物所利用，所以瘤胃微生物对尿素的利用就增加。而水溶性的天然蛋白质则相反，会降低对尿素的利用率。

3. 尿素的喂量不宜过多 瘤胃微生物在良好的环境下分解尿素的速度很快，如果饲喂过多的尿素，瘤胃中便会在短时间内产生大量的氨，而微生物利用氨合成蛋白质的速度跟不上。这样，就会在瘤胃中积存大量的氨，不但浪费，而且容易使家畜发生中毒。根据试验的结果，一般认为尿素的喂量不要超过家畜所需要的蛋白质数量的20—35%；或者不超过精料喂量的3%，最多不超过5%；或者不超过粗饲料喂量的1%。这样，尿素就可以比较迅速而完全地在瘤胃中转化为蛋白质。

4. 基本日料中含有足够的矿物质 瘤胃微生物的迅速繁殖，不仅需要含氮物质和碳水化合物，也需要一定量的矿物质，如磷、硫、铁和钴、铜、锰等，以促进尿素被家畜所利用。

以上所述是用尿素饲喂反刍家畜的原理。此外，值得注意的是非反刍家畜食入尿素能被利用的问题。伏洛茨氏 (Bloch)

发现,当大鼠饲以含同位素 N^{15} 的尿素时,一部分 N^{15} 转为蛋白质及氨氮。从氮平衡研究所获得的结果,罗氏(Rose)及其同事得到这样的结论,即大鼠能将食入的尿素作为氮的来源,用以合成非必需氨基酸,但效率较反刍家畜低。根据很多试验的结果,可以看出消化道的微生物是致使尿素分解和利用的主要原因。根据用大鼠试验的结果,可以推测其他哺乳动物也可能一样。因此,对非反刍家畜使用尿素是值得研究的。