

1982年5月

南京农学院科学研究专刊

人工瘤胃发酵饲料的研究

韩正康

陈杰 秦为琳 陆天水

南京农学院印

前言

六十年代初我国国民经济处于暂时困难时期，粮食问题尤为严重。为了节省养猪精料，南京农学院家畜生理教研组从模拟反刍动物瘤胃的实验室装置中得到启发，应用人工瘤胃原理发酵粗饲料用来喂猪，获得初步成就。但随着国民经济好转，猪对粗饲料利用问题已不那么急迫，我们又限于人力物力，这项研究工作被迫中辍。

1973年农林部下达“利用微生物提高粗饲料营养价值”研究课题，应用“人工瘤胃”方法制作猪的发酵饲料被重新提了出来，并且有一些研究单位、高等院校及国营农场开展研究和试用。当时南京农学院被合并为江苏农学院，也承担这一科研任务，由家畜生理教研组的部分同志组成人工瘤胃发酵饲料科研小组，同年组成全国科研协作组，我们被推选担任组长。

在协作组各单位相互配合共同努力下，采取实验室研究与农村基点生产示范相结合，人工瘤胃发酵饲料的研究工作，稳步取得进展。我们在学院内主要从事实验室的小样研究试验和应用装置大肠瘘管的猪研究有关消化生理，以鉴定猪对人工瘤胃发酵饲料利用效果和提出改进措施。我们的生产性研究试验，包括制作人工瘤胃发酵饲料和喂猪饲养试验，主要与江苏练湖农场合作进行。

这一研究项目我们按计划于1980年完成，人工瘤胃发酵饲料已被列入农业部的1980年重点推广项目。

这项研究工作虽然告一段落，但仍须在推广中继续改善提高，尤其是猪对粗饲料的利用仍是目前国内还存在争论的问题，所以还有不少问题有待进一步研究。从猪的消化生理特点来看，猪能在一定限度内利用农副产品粗饲料，并且在一定条件下可以提高猪对粗饲料的利用能力。添喂人工瘤胃液可以提高猪大肠内的粗纤维消化率就是一例。我们认为，从饲养管理、生理甚至遗传选种途径提高猪对粗饲料的利用能力，以节省养猪的精料消耗，对于人口众多、粮食不敷而养猪数量占世界首位的我国，仍然是一个十分重要的课题。

为了比较系统地总结我们的人工瘤胃饲料研究工作，以供有关方面参考，特编辑专刊。本专刊共收集研究试验报告和论文25篇，主要为1973—1980年期间南京农学院（包括原江苏农学院）家畜生理教研组人工瘤胃发酵饲料科研小组历年在协作会议中交流过的研究资料，其中有的被选入内部资料汇编（1973—1976年），有的曾零星刊载于畜牧兽医内部刊物。此外，还选编六十年代初的文章四篇（均为内部交流材料），以反映初期的研究情况。

七十年代的科研小组由韩正康、陈杰、秦为琳、陆天水四人组成，他们也是六十年代初期的主要研究者。凡文章未标明作者的，都是小组的共同工作。

南京农学院人工瘤胃发酵饲料科研小组

1981年国庆节

目 录

前 言

人工瘤胃发酵饲料研究工作的进展——八年来(1973—1980)研究工作概述	1
人工瘤胃发酵饲料的制作方法	7
人工瘤胃饲料土法生产流程试验小结	10
用碳酸氢铵作氮源、碱源制作人工瘤胃饲料的初步研究	12
实验室内小样品“人工瘤胃”饲料继代试验的初步观察	15
人工瘤胃发酵饲料曲种的初步试验	20
人工瘤胃液固体曲种的试制与继代观察	23
人工瘤胃饲料的单缸连续发酵试验初报	28
人工瘤胃发酵粗饲料喂猪试验报告	30
以人工瘤胃饲料为主的多餐喂猪试验	33
人工瘤胃饲料喂猪中间试验初报	37
稻草粉碱化预处理后人工瘤胃发酵饲料喂猪的效果观察	39
人工瘤胃发酵饲料喂猪试验	42
用固体曲制作人工瘤胃发酵饲料喂猪试验	44
人工瘤胃固体曲粉及其种子液对猪大肠内粗纤维消化率影响的初步观察	46
人工瘤胃固体曲种子液喂猪试验	49
饲喂人工瘤胃饲料后,猪盲肠内粗纤维消化率以及 pH、VFA、氨氮的初步观察	52
人工瘤胃发酵饲料对猪盲肠内消化酶活性的影响	57
人工瘤胃发酵饲料对猪结肠内粗纤维消化率以及食糜的 pH 和挥发性 脂肪酸含量的影响	62
猪胃内粗纤维消化的初步研究	66
人工瘤胃发酵饲料科研协作组资料汇编(1977)的前言	70
人工瘤胃饲料的生理基础及制造原理	71
制作人工瘤胃饲料的酵头来源及接种	74
在公社猪场制作人工瘤胃饲料及喂猪试验报告	75
用干草、玉米秸制作人工瘤胃饲料试验	78

人工瘤胃发酵饲料研究工作的进展——

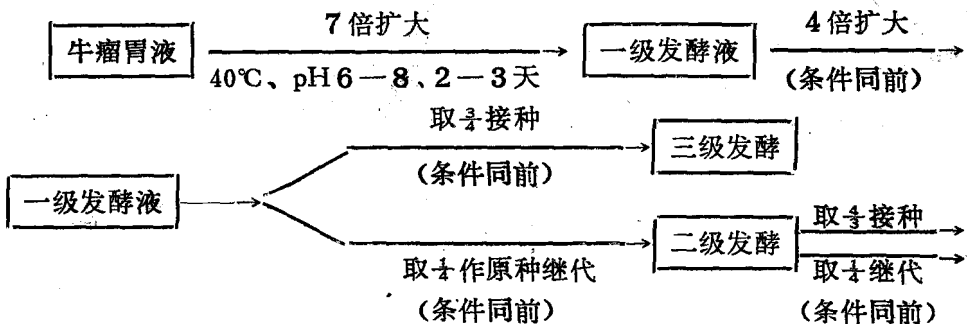
八年来(1973—1980)研究工作概述

为了解决养猪饲料不足问题，六十年代初我们模拟牛、羊反刍动物的瘤胃消化生理特点，曾提出应用人工瘤胃方法将粗饲料进行发酵后喂猪，在实验室工作及饲养试验中已取得一定成效，但在生产实际应用上，还存在不少问题⁽¹⁾。

从一九七三年起农业部下达“利用微生物提高粗饲料营养价值”的研究课题，我们主持“人工瘤胃途径”研究工作，与其他单位协作，摄取生产单位实际应用的经验，进一步实验和在基点使用，基本上解决了适用于农村社队猪场的制作方法，有较好的饲养效果，并在吉林、辽宁等省部分地区推广⁽²⁾⁽³⁾。我们除了进行实验室小样试验与基点生产性试验外，还对其理论机制进行了一些研究，现将有关主要工作，概述如下：

一 改进发酵饲料的生产流程

经许多试点单位应用试验，应用于农村社队猪场的生产流程已经基本配套形成。根据我们在丹阳练湖农场的试点，生产流程简图如下：



我们应用种子料方法（一级和二级发酵液）继代保存瘤胃的优势菌系⁽⁴⁾，同时简化人工瘤胃的营养基质配方，使成本降低和操作方便。原料配比（以水作为100基数）为：粗料粉2，精料0.5，碳酸氢铵0.6~0.8，食盐0.1，瘤胃液17⁽⁵⁾。以碳酸氢铵代替尿素作为氮源和碳源的添加剂，不但为微生物发酵提供价廉易得的主要营养物质，同时具有强大的调节pH的缓冲能力和迅速产生CO₂，造成适宜于瘤胃微生物繁殖的厌氧环境⁽⁶⁾。

此外，调制人工瘤胃发酵饲料，稳定保温是确保质量的重要条件之一。我们试用套缸水浴保温法，适用于种子料的继代培养，可降低燃料消耗，简化操作。

二 提高营养质地和饲养效果

稻草等粗料粉碎后经人工瘤胃发酵，质地有明显改善——软烂、猪爱吃，采食量增加。经化学分析表明，粗纤维分解率一般为15—20%，挥发性脂肪酸（VFA）浓度显著增加，从发酵前75增至260毫克当量/升，真蛋白增加30—50%（2克/100克粗饲料）。

我们曾在练湖农场及校内进行六次饲养试验，在粗料与精料等量情况下，试验组比对照组增重一般提高15—20%，饲料报酬也有所改善，大体上每增重1斤可节省精料0.5—0.7斤；增加人工瘤胃饲料的饲喂次数达每天六次，对促进增重有良好作用⁽⁷⁻¹¹⁾，上述情况与协作组其他单位共二十余次饲养试验所获结果相一致。

三 猪胃肠道内的消化利用

为了从理论上探讨和证实人工瘤胃发酵饲料的饲养效果以便进一步简化其生产流程，并为合理饲养提供生理学依据，我们曾分别应用胃肠道永久性瘘管和急性屠宰的方法，研究了饲喂人工瘤胃发酵饲料对猪消化的作用。实验证明，人工瘤胃发酵饲料进入猪胃肠道后，继续发酵过程，在大肠内消化粗纤维能力有明显提高。例如，据4头实验猪各5次平均资料，应用尼龙绢袋法测定，稻草粉在猪大肠内24小时粗纤维分解率达10.72—16.25%，比未喂发酵饲料时提高23—85.3%（ $P < 0.05$ ）⁽¹²⁾。结肠内分解率由8.81%（8.40—9.36%）增加至13.13%（10.66—16.25%），增加率为22.98—85.29%⁽¹³⁾。在胃内亦发现粗纤维分解有所增加⁽¹⁴⁾。上述情况与消化试验结果相符合⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾。

反刍动物瘤胃的主要微生物，特别是纤维分解菌，能否在猪的消化道继续生存和繁殖，应该是人工瘤胃发酵饲料在猪胃肠内能否继续发酵和提高猪对粗纤维消化力的关键。我们在装有永久性瘘管的猪和水牛上研究发现，猪大肠内和水牛瘤胃内与发酵有关的若干主要生化指标数值非常接近，说明猪大肠同瘤胃的生化内环境十分相似，且较稳定，这种情况为瘤胃细菌可在猪大肠内栖居和繁殖提供必要前提⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾。

表1 水牛瘤胃内与猪大肠内一些生化指标的比较

动物	指 标	pH	VFA (毫当量/升)	氨 氮 (毫克/100毫升)
水牛瘤胃		6.28—6.74	75.57—90.49	12.62—14.19
猪 盲 肠		6.64—6.69	70.45—90.02	11.08—13.47
猪 结 肠		6.66—6.74	93.5—123.67	—

粗饲料经人工瘤胃发酵后，主要产物是VFA，能否被猪吸收利用曾是有争论的问题。我们实验证实，在粗料型日粮情况下，猪的消化道均含有一定浓度的有机酸，尤其是大肠内含较高浓度的VFA（VFA/乳酸的比例为6—10:1）⁽¹⁹⁾；体外实验及体内定量测验表明，在饲喂人工瘤胃饲料条件下，进入猪胃肠道的VFA大量增加，而大肠食糜的VFA浓度反而降低，证明有大量VFA被吸收⁽²⁰⁾。

四 瘤胃固体曲种研究

为了使人工瘤胃发酵饲料菌种易于保藏和运输,以利于推广应用,曾于1973年在实验条件下,试制固体曲种,瘤胃食糜在40℃和-760毫米汞柱条件下真空干燥制成曲种。取少量曲种加缓冲液作滤纸崩溃试验,在40℃下,可于36小时内断裂;对稻草粉粗纤维的分解率,在40℃下培养72小时,可达20.07%,初步证明瘤胃微生物分解纤维素的优势菌系,在适当条件下干燥制成曲种,可以继续存活一段期间⁽²¹⁾。

后来,我们研究成功用人工瘤胃液并在常温空气条件下凉干来制作固体曲,获得成功⁽²²⁾。这样,取种方便,制作简易,成本低廉,并且在常温条件下可保存一个月,而在零度条件则可以保存达二个半月以上,因此,可以在生产中推广应用⁽²³⁾。

固体曲必须先进行活化制成种子料,再按一般方法制作发酵饲料。利用固体曲制作的人工瘤胃发酵饲料,品质不亚于一般的人工瘤胃发酵饲料。我们曾在校内外进行两次饲养试验,喂固体曲发酵饲料组比对照组多增重14.51—18.4%,每增重一斤所耗精、粗、青料均比对照组少,其中精料可节省0.6—0.72斤,足见养猪效果与一般人工瘤胃发酵饲料相同⁽²⁴⁾。

五 人工瘤胃液(种子液)作为猪日粮的添加剂

根据上述人工瘤胃发酵饲料可以提高猪对粗饲料消化率的研究,我们曾用两头分别装有盲肠或结肠瘘管的猪,在日粮中直接添加种子液,发现大肠内粗纤维分解率显著提高,进一步证明人工瘤胃微生物优势菌系在猪大肠内的作用⁽²⁵⁾。为了验证能否应用于养猪生产上,于1979年在练湖农场生产条件下进行两次猪的饲养试验表明,日粮的精粗比例无论在1:1或6:4及8:2情况下,日粮内添加适量种子液(每头猪每天2—4斤),增重和饲料报酬均显著超过对照组。在三种日粮下,试验组增重比对照组分别高10—15%,18.8%和24.8%;料肉比分别为3.83对4.26,3.38对4.23,3.39对4.56⁽²⁶⁾。

种子液原来是制作发酵饲料的中间环节,现在生产上直接应用,则不仅可删去制作发酵饲料的步骤,缩短生产流程,并且可以大幅度节省劳力和降低生产成本,便于推广应用。

将种子液添加入精料型日粮中,效果尤为显著,看来很有希望作为补充维生素和必需氨基酸的添加剂,提供给适合于我国条件的工厂化养猪的日粮。

因此,1980年曾在生产条件下进行中间试验(两批试验猪共80头,配对比较),原计划从断乳养至肥育出售,然而试验至第五个月由于该场猪流行性感胃,殃及试验猪群,试验被迫中止。虽然如此,仍可看出添喂人工瘤胃液组猪的最后两月增重(试验组日增重分别为420±7.6克和519±10.4克;对照组381±6.5和488±8.0克),分别提高10.23%和6.35%⁽²⁷⁾。

六 哺乳期犊牛补喂人工瘤胃液试验

国外早有报导,以成年牛瘤胃食糜喂给哺乳期犊牛,可使犊牛瘤胃微生物区系提前建立,促进瘤胃发育和改善体况。我们的实验证明,人工瘤胃液(种子液)添加入生长肥育猪日粮内,能提高猪的增重和大肠内粗纤维消化率。那末人工瘤胃液对哺乳犊牛是否也有同等效果

呢？尤其是在乳牛场将公犊作肉用培育，大量减少喂奶量情况下，如补喂人工瘤胃液有效，则更具有经济意义。

我们曾分别在南京钟山奶牛场和卫岗牛奶厂进行两次试验⁽²⁸⁾。在钟山奶牛场选择非种用黑白花公犊26头，第一批40日龄断奶(计16头)，第二批30日龄断奶(计10头)，喂奶量第一、二批犊牛每头各喂奶157和142公斤，试验和对照组完全一样。初生犊七天开始补喂代乳料，试验组每天每头加喂人工瘤胃液200—750毫升，对照组代乳料中加微量元素、四环素和维生素A。试验结果表明，第一批试验组公犊一月龄平均增重 12.3 ± 2.9 公斤，比对照组 10.05 ± 3.2 公斤提高22.7% ($P < 0.05$)；同日龄(77天)饲养期内试验组平均日增重 472 ± 78 克，比对照组 368 ± 136 克提高19.14% ($P < 0.05$)。第二批试验组犊牛二月龄(即断奶后一个月)试验组平均增重 14.5 ± 3.6 公斤，超过对照组(8.25 ± 4.1 公斤)达70.3%；同日龄饲养期(74天)平均日增重试验组(503 ± 71 克)比对照组(461 ± 41 克)提高9.1% ($P < 0.05$)。

同时，在南京卫岗牛奶厂进行试验，观察哺乳犊牛在喂奶量减少40%情况下，补喂人工瘤胃液对增重及瘤胃发育的影响。选同父异母公犊6头配对分组。对照组每头犊牛喂奶量500公斤，4—5月龄断奶；试验组每头喂奶量300公斤，三月龄断奶，试验组于补料中加喂人工瘤胃液1升。三对犊牛分别于1、3和4、5月龄宰杀。试验组日增重略高于对照组，每增重一斤耗奶量减少25.37%，耗料量稍有增加。从节约大量奶量和降低经济成本核算来看，试验组的优越性颇为明显。

比较两组犊牛的消化道发育，则见试验组犊牛复胃各室容积均大于对照组，瘤网胃、瓣胃和真胃分别增大65.28%、48.39%和59.82%。

七 当前工作与展望

猪的生长速度快，饲料报酬高，我国饲养数量大，不仅是广大人民的主要肉食来源，也是现今农业生产重要肥源。应当承认养猪业在当前和相当长时期内仍然是我国最重要的畜牧业。我国人口多，粮食生产还没有余裕，因此适当利用青粗饲料以及提高粗饲料的营养价值，似有继续研究必要；已研究完成的行之有效的办法，亟需在生产场所推广应用，以便使之完善和发挥经济效益。

当然，在粗饲料的利用能力上，猪远不及草食家畜，尤其是反刍家畜，不过猪胃和大肠内，毕竟发生发酵过程，并且这种微生物消化能力，看来具有一定可塑性。上述我们关于喂人工瘤胃发酵饲料或以人工瘤胃液作为日粮添加剂的试验，以及最近我们教研组的研究工作，日粮内添加人工瘤胃液明显提高猪盲肠内淀粉酶和蛋白酶活性⁽²⁹⁾以及酸性洗涤纤维和纤维素的分解率⁽³⁰⁾。均表明有可能提高猪胃肠道利用粗纤维等的消化率。为此，今后我们关于饲喂人工瘤胃液对猪消化生理作用的实验研究，着重应点放在改变和控制消化道内的发酵类型，以期通过生理途径提高对粗饲料的利用效率。

近年国内积极提倡改良草原，大力发展草食家畜，当然是当务之急，而我国广大农区的农付产品，尤其是秸秆等，亦未合理利用。充分利用这些大量粗饲料资源来发展牛、羊等反刍家畜，也很有必要。因此，研究提高粗饲料的营养价值，对反刍家畜比猪似更有现实意义，对瘤胃微生物、生理、生化等方面的研究也刻不容缓。

(韩正康)

参 考 文 献

- (1) 韩正康 (1961): 人工瘤胃饲料的生理基础及制造原理 人工瘤胃饲料的研究 (第一集) 南京农学院科研报告 (内部交流资料)
- (2) “人工瘤胃发酵饲料” 科研协作组 (1976): 人工瘤胃发酵饲料 科学出版社
- (3) 韩正康、杨嘉实 (1979): 人工瘤胃发酵饲料喂猪的研究综述 饲料研究 No. 2
- (4) 原江苏农学院牧医系生理组 (1977): 实验室内小样品“人工瘤胃”饲料继代试验的初步观察 利用微生物提高粗饲料营养价值——第二次全国科研协作会议人工瘤胃发酵饲料途径部分 (内部资料)
- (5) 原江苏农学院牧医系生理组 (1977): 人工瘤胃发酵饲料的制作方法 同上
- (6) 原江苏农学院牧医系生理组 (1977): 用碳酸氢铵作氮源、碱源制作人工瘤胃饲料的初步研究 同上
- (7) 江苏练湖农场、原江苏农学院牧医系生理组 (1977): 人工瘤胃发酵粗饲料喂猪试验 同上
- (8) 江苏练湖农场、原江苏农学院牧医系生理组 (1977): 以人工瘤胃饲料为主的多餐喂猪试验 同上
- (9) 江苏练湖农场、原江苏农学院牧医系生理组 (1977): 人工瘤胃饲料喂猪中间试验初报 同上
- (10) 江苏练湖农场、原江苏农学院牧医系生理组 (1977): 稻草粉碱化预处理后人工瘤胃发酵饲料喂猪的效果观察 同上
- (11) 原江苏农学院牧医系生理组 (1978): 人工瘤胃发酵饲料喂猪试验 (内部交流资料)
- (12) 原江苏农学院牧医系生理组 (1976): 饲喂人工瘤胃饲料后, 猪盲肠内粗纤维消化率以及pH、挥发性脂肪酸、氨氮水平的初步观察 畜牧与兽医 1—2期合刊
- (13) 韩正康、陈杰、秦为淋、陆天水 (1980): 人工瘤胃发酵饲料对猪结肠内粗纤维消化率以及食糜的pH和挥发性脂肪酸含量的影响 畜牧与兽医 No. 3
- (14) 韩正康、陈杰、秦为淋、陆天水 (1979): 猪胃内粗纤维消化的初步研究 中国畜牧兽医学学会基础学科学术讨论会论文
- (15) 安徽农学院凤阳分院 (1977): 人工瘤胃发酵饲料喂仔猪消化率的研究 “利用微生物提高粗饲料营养价值”——第二次全国科研协作会议人工瘤胃发酵饲料途径部分 (内部资料)
- (16) 锦州农学院牧医系、辽宁康平新生农场 (1977): 猪的人工瘤胃发酵饲料消化试验报告 同上
- (17) 原江苏农学院牧医系生理组 (1975): 稻草及青草期水牛瘤胃内pH值、挥发性脂肪酸、氨氮及纤毛虫的动态变化 畜牧与兽医 No. 4
- (18) 原江苏农学院牧医系生理组 (1977): 以粗料为主的日粮条件下, 猪盲肠消化的若干规律性 畜牧与兽医 No. 1
- (19) 原江苏农学院牧医系生理组 (1977): 以粗料为主的日粮条件下, 猪胃肠道食糜内有机酸浓度和消化酶活性的一些资料 畜牧与兽医 No. 3

- (20) 韩正康、陈杰、秦为琳、陆天水 (1978): 猪对粗纤维消化利用的生理学研究
江苏农业科技 No. 4
- (21) 原江苏农学院牧医系生理组 (1977): 人工瘤胃发酵饲料曲种的初步试验
“利用微生物提高粗饲料营养价值”——第二次全国科研协作会议人工瘤胃发酵饲料
途径部分 (内部资料)
- (22) 人工瘤胃发酵饲料科研协作组 (1977): 固体曲种会战总结 (内部交流资料)
- (23) 原江苏农学院人工瘤胃发酵饲料科研小组 (1977): 人工瘤胃固体曲种的试制与继代
观察 (协作会议交流材料)
- (24) 原江苏农学院牧医系生理组、练湖农场试验站 (1978): 用固体曲制作的人工瘤胃发
酵饲料喂猪试验 (协作会议交流材料)
- (25) 原江苏农学院牧医系生理组 (1979): 人工瘤胃固体曲粉及其种子液对猪大肠内粗纤
维消化率影响的初步观察 (协作会议交流材料)
- (26) 韩正康、陆天水、秦为琳、陈杰 (1980): 人工瘤胃固体曲种子液喂猪试验 南京
农学院科学研究简报 总第13期
- (27) 韩正康、陆天水、秦为琳、陈杰 (1980): 人工瘤胃液作为添加剂喂猪中间试验 (内
部资料)
- (28) 韩正康、陆天水、秦为琳、陈杰、张国钧、林才诚 (1981): 哺乳犊牛补喂人工瘤胃
液对增重及瘤胃发育的实验观察 畜牧与兽医 No. 6
- (29) 尹光灿 (1981): 猪胃和盲肠食糜内蛋白酶、淀粉酶活性及日粮内添喂人工瘤胃液的
影响 研究生毕业论文
- (30) 董德宽 (1981): 日粮内添喂人工瘤胃液对猪胃和盲肠内纤维素消化率的影响
研究生毕业论文

人工瘤胃发酵饲料的制作方法

一、设备、用具及原料

人工瘤胃发酵饲料的制作须模拟牛羊瘤胃内的主要生理条件：恒定的温度(40℃左右)，适宜的酸碱度—pH6—8，厌氧环境，必要的氮、碳和矿物质营养等。据此，人工瘤胃饲料的生产设备、工具及材料主要有：

1.保温设备：维持发酵缸内温度于40℃左右是确保发酵饲料质量的环节。为了既省燃料，又能保温，全国各地因地制宜创造了不少经验。根据南方特点，我们常用的发酵灶简述如下：

这种发酵灶可用砖或土坯砌成，分二部分：第一部分称暖缸保温，系在发酵缸四周和底部填充厚约20厘米的隔热材料。常用的有草木灰、木屑、秕糠等，以草木灰为佳。填充料要分层压紧、夯实，炕面再用砖或土坯封盖，并抹上水泥或石灰，防水渗入。这种方法比较适用于三级发酵，因为三级发酵容量大，粗料比例高，热量散发缓慢，一般室温在15℃以上可维持35—40℃达二天之久。第二部分为加热保温，系利用水浴使发酵缸保温。这种方法适用于种子液培养，因为种子液量和底物（粗料）比例都比较少、散热快，而且种子液的质量要求较高，因此，能否保温好，不但影响当代的发酵效果，而且还影响以后的发酵饲料质量。在一般情况下，每天往水浴中加一次热水调节其温度于45°—50℃，可使发酵缸内的温度十分恒定，达到要求。除用水以外，热源也可以利用烧热水锅炉或其他加热装置的余热，这需用烟道等。由于利用余热，所以比较经济，但温度往往不够稳定。如果将火道和水浴两者结合就比较理想。

2.用具：不同容积的缸数只，种子液培养缸可小一些，发酵缸也可用水泥砌成，100℃温度计数支，pH万用试纸，塑料布，搅拌用木耙子，橡皮筋，水桶等。

3.原料：①粗料：发酵前均需粉碎，细度越细越好。粗老的水生饲料（如水葫芦），粉碎前最好去根或洗净，以保持饲料清洁。②碳酸氢氨、食盐等。

二 菌种—采取瘤胃内容物

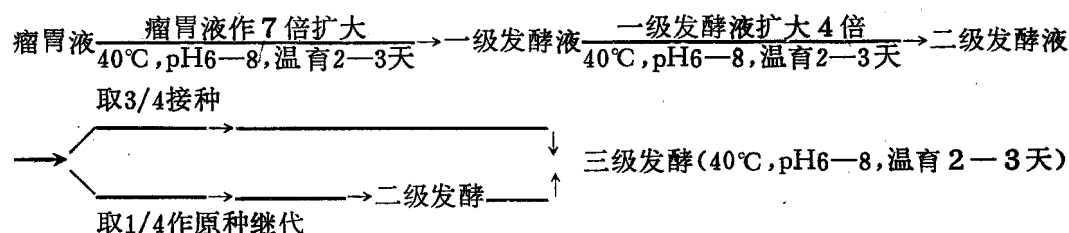
瘤胃内容物是人工瘤胃发酵饲料菌种来源，必须保证质量。通常获得瘤胃内容物的方法有：①胃导管法：选健康、性情温顺的牛一头，导取前3—5天，每天补给适量的精料或优质豆科牧草，以促进瘤胃微生物的活性。采取瘤胃内容物之前，牛应吃好饮足，经适当休息和反刍后即可采取。采取时牛作站立保定，头稍抬高，而后将涂有润滑油的消毒导管插入鼻腔，至咽部时，随吞咽动作就势将管插入胃内。有时胃管很可能误入气管，所以插时应缓慢，

而且随时检查，如入气管，胃管外口随呼吸可感到一股股气流，用洗耳球或口吸感觉十分畅通。如已插入胃内，则从胃管外口可听到瘤胃内的发酵产气声，而且随着瘤胃运动有瘤胃内容物的气味喷出，用洗耳球或嘴抽吸，阻力较大，如用力抽吸就有瘤胃液流出。此时应将牛头放低，使胃管外口低于瘤胃水平，经胃管的虹吸作用将胃内容物收集于广口保温瓶或其他有保温装置的容器中，并及时加盖。每次约可采取瘤胃内容物3—5斤。新取得的瘤胃液应及早接种，尤应注意，不宜暴露于空气过久或温度过低，否则微生物的活性会显著下降。

②从屠宰场宰杀的健康牛、羊直接获取瘤胃内容物或瘤胃液，每次取得的量大，亦要注意保温与厌氧。③从装有永久瘤胃瘘管的牛取得。

三 生产流程

人工瘤胃饲料生产流程可归纳如下：



1. 一级发酵：一级发酵即原种扩大培养，将取得的新鲜瘤胃液作7倍扩大。

先在一级种子缸内放入为瘤胃液6倍量的45℃温水，而后按液体总量计算加入稻草粉(或其他粉碎的粗饲料)2%，精料(或优质干草粉)0.5%，食盐(NaCl)0.1%，碳酸氢铵(NH₄HCO₃)0.6—0.8%，充分拌均匀，这时pH约为7.2左右，温度约为42℃，随后接种新鲜的瘤胃液。例如：30斤温水可加稻草粉6两、精料1.5两、碳酸氢铵2—2.8两，食盐4钱，并接种瘤胃液5斤。在缸内悬挂一宽0.8毫米，长5厘米的滤纸条(以新华1号滤纸为宜)，观察滤纸崩解情况，作为纤维素分解力的指标。而后立即以塑料布封口，并用橡皮筋扎紧和加盖，此时种子缸内的温度约为40℃，pH为7左右。以后在40℃左右温度下温育，数小时后就可见有大量气体产生，塑料布鼓起。为了保持厌氧环境，塑料布不宜经常打开。2—3天后，如果滤纸崩解，表明纤维素分解能力比较强，可以进行二级发酵。一级发酵结束后的pH为6.45左右。

2. 二级发酵及菌种继代：二级发酵是将一级发酵液作4倍扩大，在同样的条件下继续发酵。在二级种子缸内放入为一级种子液3倍量的温水(45℃)，而后按与一级发酵同样的比例加入稻草粉、精料、食盐、碳酸氢铵等，搅均匀后接入一级种子液。操作与一级发酵相同，仍以滤纸崩解作为指标。在40℃温育2—3天，待滤纸断裂后即可进行继代或三级发酵。如果种子液数量不够，可按此法再作扩大培养。

菌种继代是保留菌种的一种方法，系指二级发酵完后，除了取3/4供三级发酵以外，其余1/4作为菌种，再接种于二级培养液中，在与二级发酵完全相同的条件下培养，亦以2—3天内滤纸崩解为指标。以此连续供给二级发酵液。

一、二级发酵实质上是培养种子液，或称制种。优质的种子液是制作人工瘤胃发酵饲料的重要环节，因此，必须认真操作，保证质量。只要严格控制温度、pH和厌氧三个条件，原种继代一般都可以持续2—3个月或更长时间。种子液的纤维分解率一般为15—20%，有的

可高达30%左右。真蛋白约可增加50%。如果种子液的发酵能力下降（滤纸不能在2—3天内崩解），则应重新制种，以保证优质的种子液。

3. 三级发酵：三级发酵即人工瘤胃饲料发酵。在三级发酵缸内，按每100斤稻草粉加入50℃温度的1%石灰水（400—450斤），保温过夜，此时pH为6.5，温度40℃左右。而后按每100斤粗料计算加入食盐0.6斤，碳酸氢铵4斤，（如果以尿素作氮源时，其用量为1—2%）充分搅匀，再接入二级种子液50—100斤，并立即用塑料布封口，于40℃条件下保温发酵。数小后就可见有大量气体产生，饲料上浮。为了保证充分发酵，每24小时可搅拌1—2次，一般经2天发酵，稻草粉变软、并具有瘤胃内容物的气味，pH在5左右，发酵饲料表面呈一层暗绿色，下面则为黄色，如遇空气也很快变暗绿色。如果饲料过粗，发酵条件不够或原种质量下降时，往往呈清汤样。

水葫芦制作人工瘤胃发酵饲料的方法与上同，其配方如下：

发 酵 级 别	原 料 （单位：斤）						
	水葫芦	稻草粉	精 料 (或优质干草粉)	碳 酸 氢 铵	食 盐	水	接种液
一 级	1.5	0.8	0.3	0.4	0.1	50	8
二 级	4	1.2	0.4	0.5	0.16	75	25
三 级	100			0.64	0.24	60	40

人工瘤胃饲料土法生产流程试验小结

为了提高粗饲料的利用价值，开辟猪饲料来源，几年来全国不少地方开展了对人工瘤胃饲料的研究，而且已取得了一定的成绩。我们在总结以往工作的基础上，结合实验室的小样实验，并吸取了兄弟单位的经验，于今年三月份开始，在丹阳练湖农场，以稻草为原料进行了小型的人工瘤胃饲料生产与喂猪饲养试验。现将这次试验的土法生产流程予以小结，希望得到有关部门的批评与指正，以便继续研究进一步改进提高。

一 设备、用具及原料

人工瘤胃饲料是利用瘤胃微生物在模拟天然瘤胃的条件下进行粗饲料的发酵。这些条件主要是：1. 温度 40°C 左右；2. $\text{pH}6-8$ ；3. 厌氧环境；4. 供给必要的氮、碳源等。根据需求和农场条件，人工瘤胃饲料生产的设备及工具，材料主要有：

1. 保温设备：我们利用火炕保温，炕内放缸，炕面盖以塑料薄膜，用这一方法可维持适当温度。

2. 用具：不同容积的缸，温度计（ 100°C ），塑料布， pH 万用试纸。

3. 原料：稻草粉、尿素、小苏打、石碱、磷酸氢二钠。

二 生 产 流 程

（一）一级发酵：

原料及比例：水、稻草粉（按水量的2.8%）、精料（按水量的0.7%）、小苏打（按水量的0.4%）、尿素（按水量的0.3%）、磷酸氢二钠（按水量的0.1%）。

方法：先将稻草粉与精料混合加定量的水浸泡，于 40°C 保温过夜，使接种时的温度达 40°C 左右。在接种瘤胃液之前加入尿素、磷酸氢二钠。小苏打则可分二次放入，根据培养液的 pH 可先加入用量的四分之三，使 pH 调节至 $7-8$ ，发酵24小时后，再加入四分之一。瘤胃液从屠宰场或装有瘤胃管的牛上取得，瘤胃液应置保温瓶中，温度不应低于 36°C ，即使在保温瓶中保存 $7-8$ 小时后接种，仍然有效。接种量为水量的六分之一，接种后于培养液中悬一滤纸条，缸口用塑料薄膜复盖扎紧，于约 40°C 火炕中温育，数小时后就可见有大量气体产生，塑料布鼓起，塑料布不宜经常打开，以保持厌氧条件。48小时后如果滤纸断裂，表明纤维素细菌生长旺盛，可以用于二级发酵。如果滤纸断裂时间超过60小时则应考虑更换。一级发酵结束时的 pH 为 $6-7$ 。

（二）二级发酵及继代：

原料及比例：水、稻草粉（为用水量的2.4%）、精料（为用水量的0.6%）、尿素（为

用水量的0.27%)、磷酸氢二钠(为用水量的0.05%)、小苏打(为用水量的0.32%)。

方法:原料处理同上,按水量的三分之一接种入一级发酵液(作四倍稀释),亦以48小时内滤纸断裂为指标。

继代:二级发酵结束后,取四分之三供三级发酵用,另外四分之一则再接种于二级培养液中,以连续供给二级发酵液。

优质的原种是制作人工瘤胃发酵饲料的关键,只要严格控制上述条件,特别是温度和pH,原种继代一般都可以持续20—30天或更长。如果原种的发酵能力下降,则应及时更新。生产中我们常同时在大小两个缸内进行继代,以便相互补充,维持原种的发酵能力。

(三) 三级发酵:

原料及比例:稻草粉、尿素(为料量的0.7%)、水(为料量的5倍)、石碱。

方法:先将尿素与石碱溶于热水中,加入稻草粉,使pH为7—8,温度为40℃左右,然后按1:1的比例接种入二级发酵液(即一斤稻草粉加入一斤二级发酵液)。搅拌均匀后,立即用塑料薄膜复盖,扎紧密封,于40℃条件下,保温发酵,数小时后就可见大量气体。经24小时发酵后,pH可下降至5—6,这时应再次加入石碱,调节pH至7—8。为使发酵均匀,每天可搅拌2—3次,一般经过3—4天发酵,稻草粉成暗绿色,并且有类似瘤胃内容物的气味,即可喂猪。

三 问题及讨论

1.制作人工瘤胃饲料的关键是要有优质的原种,即具有一定的纤维素分解能力。为了保证有优质的原种,必须严格控制发酵条件,特别是温度与pH,温度过高或过低都可使纤维素分解力下降,滤纸断裂时间延长;pH过高或过低可引起微生物区系改变,如pH过高时(pH9)液面常出现一层白色菌膜,据初步鉴定是两种对纤维素没有分解能力的小型杆菌。在种子的继代中,如果严格地控制这二个条件,一般可持续一个月左右。

2.用这种方法保温,火炕散热较多,而且有时温度还不够均匀。以后拟用泥壁代替塑料布。

3.人工瘤胃饲料发酵过程中pH变化极为激烈,一般发酵开始时pH为7—8,24小时后即可下降至5,在这种情况下微生物活动受抑,纤维素分解能力下降,滤纸不能断裂。我们在发酵过程中,调节pH维持在7—8,但石碱及小苏打的用量就比较大,不适于大规模使用,所以如何因地制宜地采用一套简单易行的调节pH方法,还应进一步研究。

4.发酵用底物最好能与提供瘤胃液的牛的饲料一致。如水牛喂青草时取得的瘤胃液对稻草粉的发酵能力就不如该牛喂稻草时强,继代次数也显著减少。

5.本试验为进一步扩大生产提供了一些经验,但由于规模较小,整个流程还比较复杂,尚有不少缺点,如果正式投入生产,供应数百头猪场还必须进一步扩大实践。

用碳酸氢铵作氮源、碱源制作人工

瘤胃饲料的初步研究

人工瘤胃饲料生产过程中除需要维持一定的温度外，还必须供给微生物一定的碳、氮营养，以及稳定的pH条件和厌氧环境。目前，通常用尿素或硫酸铵作氮源，用小苏打、石碱作碱源来达到上述要求。但在生产实践中这些化学药品价格较贵，而且不能大量供应。因此，我们探索采用碳酸氢铵来代替，因为，它不但价格较低，而且农村也比较多。

碳酸氢铵 (NH_4HCO_3) 为白色粉末，含氮17.7%，碱性，遇高温或酸时很易分解，其分解产物为 H_2O 、 NH_4OH 、 CO_2 。所以，从理论上推测它用来制作人工瘤胃饲料可以一举三得，既供给N源又可中和酸以维持适宜的pH，同时还可提供 CO_2 保持厌氧环境，因此，有较高的实用价值。

为了探索用 NH_4HCO_3 制作人工瘤胃饲料的可能性，我们同时进行小样品试验和生产试验，测定纤维素分解率和pH的变化。

一 材料和方法

1. 人工瘤胃种子液继代试验：以粗纤维分解率与pH为指标观察用 NH_4HCO_3 与NaCl作为营养盐时人工瘤胃种子液继代的效果。实验室小样品试验与生产中大样品试验同时进行。小样品试验应用尼龙绢袋法测定粗纤维分解率，用电位酸度计测定pH。进行一、二级培养。

一级培养：于500毫升密闭瓶中加入稻草粉10克，玉米粉2.5克，NaCl 0.5克， NH_4HCO_3 2.0克，40℃温水430毫升，瘤胃液70毫升（作7倍稀释），于40℃培养48小时，观察粗纤维分解和pH。此后就按此法继续继代。

小样品试验共进行三次（1975年4月16日—4月27日；5月16日—5月28日；7月11日—8月1日），第二、第三次试验 NH_4HCO_3 用量增加一倍。

大样品试验在江苏丹阳练湖农场结合生产在两个生产队同时进行，为时两个多月。每一代种子液量达100—200斤，底物、营养盐、水、接种量的比例均同小样品试验，以滤纸崩解与万用试纸观察纤维分解与pH变化。

此外，还进行三级发酵制作人工瘤胃饲料喂猪进行饲养试验。三级发酵每次用稻草粉50—210斤，其比例为：每100斤稻草粉加NaCl 300克， NH_4HCO_3 2000克，二级种子液50—100斤，40℃温水400—450斤，温育48小时。

二 试验结果与讨论

1. 种子液的pH变化: 小样品试验中, 测定加入不同剂量 NH_4HCO_3 情况下, 接种前、后以及温育48小时后pH的变化, 现将两次试验结果列表于下:

人工瘤胃种子液的pH变化

日 期	NH_4HCO_3 用 量	继 代 数	接 种 前 pH	接 种 后 pH	培养48小时后 pH
1975年 4月16日 5月27日	0.4%	1	7.2	7.2	6.1
		2	7.2	6.9	5.85
		3	7.2	6.85	6.30
		4	7.2	7.0	5.90
		5	7.30	6.82	6.60
		6	7.25	7.05	6.15
平 均			7.22	6.97	6.15
1975年 5月16日 5月28日	0.8%	1	7.08	7.02	6.20
		2	7.10	6.95	6.60
		3	7.28	7.10	6.90
		4	7.35	7.2	6.22
		5	7.10	7.0	6.30
		6	7.10	7.15	6.45
平 均			7.17	7.07	6.45

从上表可见, 不同浓度 NH_4HCO_3 溶液的pH值比较一致。从0.4%到0.8%, 虽然浓度增加了一倍, 但其pH仍然相同, 变动在7.2左右。接种后, 经过48小时发酵, 0.4%浓度组pH下降至6.05 (6.6—5.85); 浓度为0.8%的, pH下降至6.45 (6.2—6.9), 这说明碳酸氢铵有比较强的缓冲力。两种浓度发酵后的pH对于瘤胃微生物的活动都比较合适, 而以0.8%更好。大缸试验也观察到同样情况。

2. 种子液的粗纤维消化率动态变化: 三次试验的条件并不完全相同, 但在整个继代过程中, 粗纤维消化率的动态变化基本相似, 即都呈马鞍形。以4月16日—4月27日一次实验为例, 如下图所示。

由图可见, 瘤胃微生物在这样一个比较简单的环境中需要一个适应过程, 一旦适应后, 粗纤维消化率就显著增加, 甚至在一次试验中, 继代至第六代 (12天) 竟高达29.5%。

在生产性大样品试验中也发现, 第二、三代的分解能力最差, 滤纸需经3—4天才能崩解。在此之后, 滤纸崩解速度显著加快, 一般2天甚至1天半即可。在这种条件下, 一般每采一次瘤胃液可连续继代一个月左右 (以72小时内滤纸断裂为标准)。

3. 三级发酵的观察: 用 NH_4HCO_3 作为氮源和碱源制成的人工瘤胃饲料, 与用尿素和碱

制成的外观基本一致，质地松软，呈黄色，具有同样的气味，遇空气很快变成暗黑色，饲养试验也获得一定效果（见另外报告）。

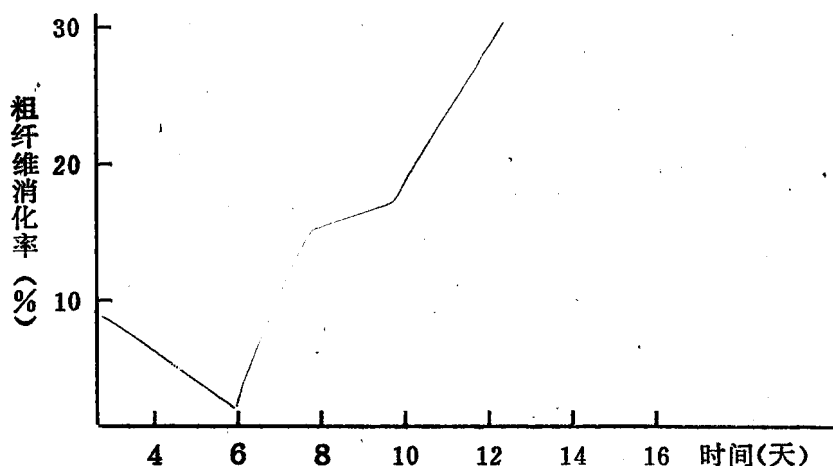


图 人工瘤胃种子液继代时粗纤维消化率的动态变化

三 小结与体会

1) 0.4%和0.8% NH_4HCO_3 溶液的pH基本相同，约在7.20左右，接种后培养48小时pH分别为6.15和6.45，都适宜于瘤胃微生物的繁殖和活动，而以0.8%时更为合适。

2) 用0.4%或0.8%的 NH_4HCO_3 溶液作为氮源进行人工瘤胃种子液的继代，粗纤维消化率随代数呈马鞍形变化。在生产条件下每采取一次瘤胃液可继代使用一个月以上（保证滤纸在72小时内崩解）。

3) 以 NH_4HCO_3 作为氮源和碱源制作人工瘤胃三级发酵饲料可以获得良好的效果。

4) 本试验证明用 NH_4HCO_3 制作人工瘤胃饲料是可行的，而且价格便宜，来源较广，有较大的使用价值。由于 NH_4HCO_3 易分解，所以应保存于严密的容器中，放置于阴凉处。