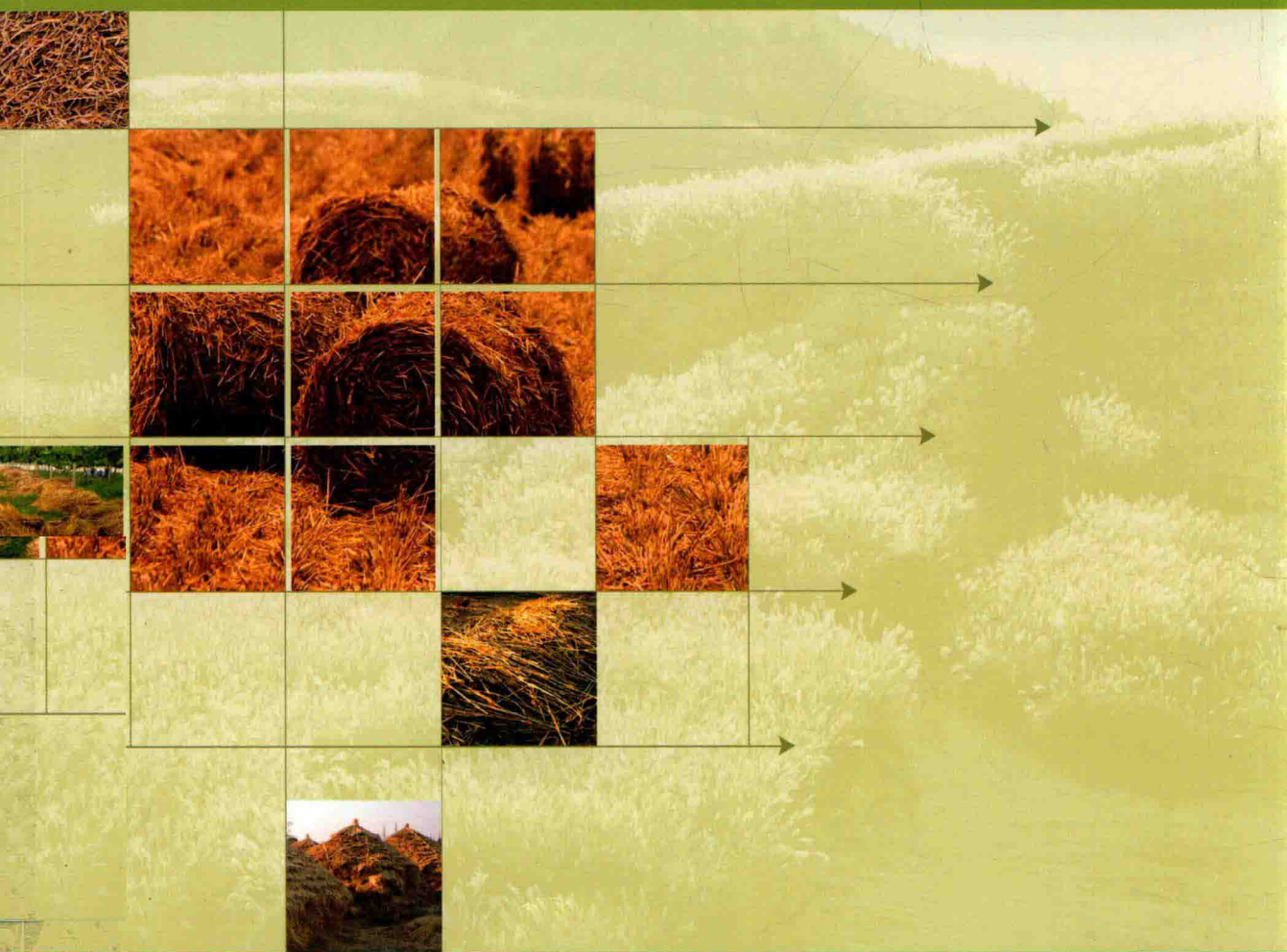


农作物秸秆和牧草饲料化技术 研究与应用

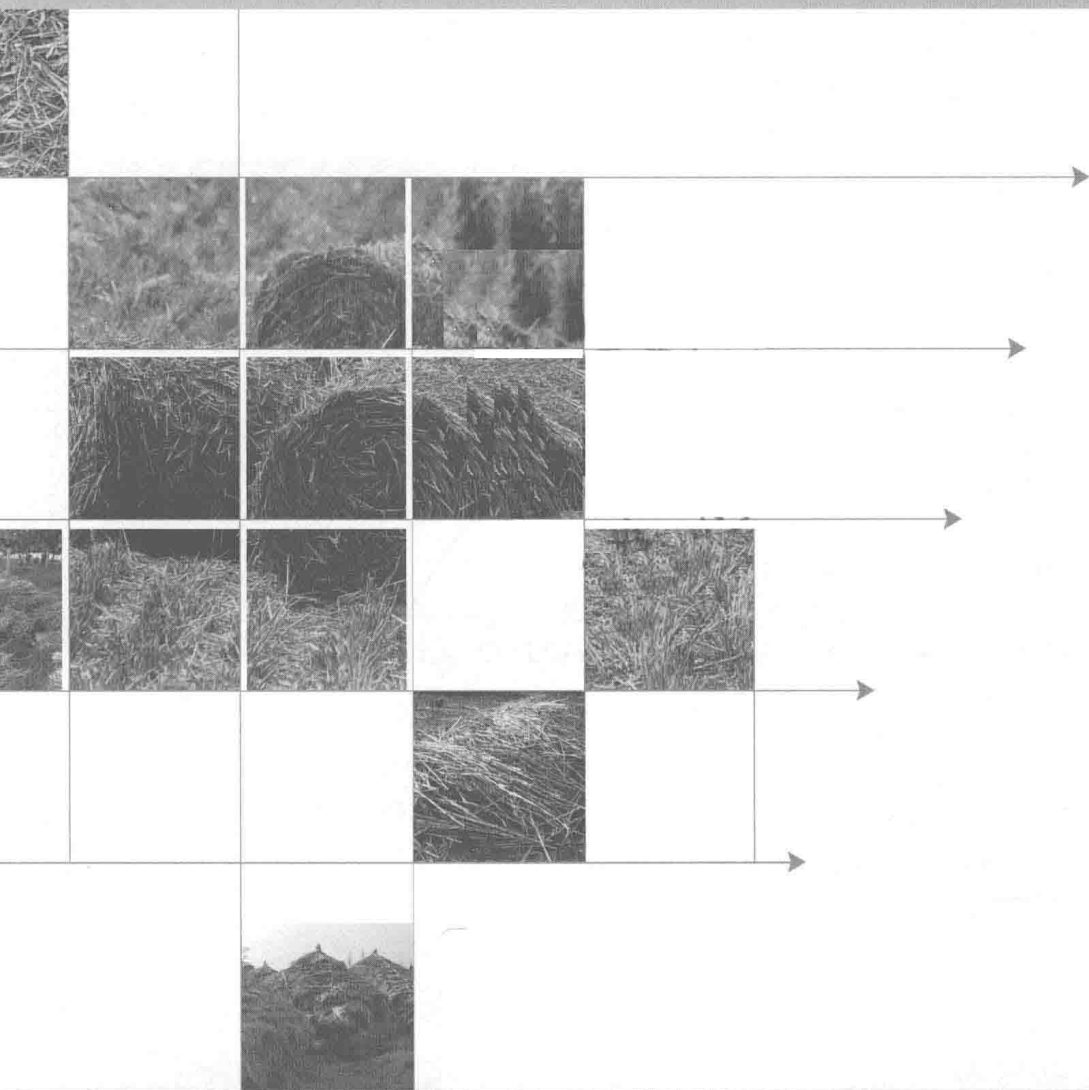
□ 李传友 王晓平 玉 柱 著



中国农业科学技术出版社

农作物秸秆和牧草饲料化技术 研究与应用

□ 李传友 王晓平 玉 柱 著



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

农作物秸秆和牧草饲料化技术研究与应用 / 李传友, 王晓平, 玉柱著.
—北京: 中国农业科学技术出版社, 2016. 6

ISBN 978 - 7 - 5116 - 2660 - 8

I. ①农… II. ①李…②王…③玉… III. ①秸秆 - 饲料加工 - 研究
②牧草 - 饲料加工 - 研究 IV. ①S816.534 ②S54

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 154425 号

责任编辑 穆玉红

责任校对 贾海霞

出版者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010)82106626(编辑室) (010)82109702(发行部)
(010)82109709(读者服务部)

传 真 (010)82106650

网 址 <http://www.castp.cn>

经销者 各地新华书店

印刷者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 787mm × 1 092mm 1/16

印 张 12.75

字 数 300 千字

版 次 2016 年 6 月第 1 版 2016 年 6 月第 1 次印刷

定 价 36.00 元

目 录

京郊玉米秸秆袋式青贮技术研究与应用	(1)
不同添加剂及裹包方式对紫花苜蓿青贮品质的影响评价	(26)
苜蓿青贮过程中碳水化合物组分动态变化的研究	(57)
混贮比例及添加剂对苜蓿混贮品质的影响	(98)
以秸秆为主要原料的粗饲料生产工艺研究及粗饲料品质快速分析和评价方法	(130)
添加剂对羊草青贮品质影响	(153)

京郊玉米秸秆袋式青贮技术研究与应用

摘 要：试验一，把带穗和不带穗玉米通过袋式青贮和窖式青贮做对比，得出“袋贮料”的发酵质量明显高于“窖贮料”，且这一试验结果具有可易复现性；“袋贮”技术可调制高质量青贮饲料，其成功的可易复现性高于窖贮方式。

试验二，把鲜苜蓿用干玉米粉调制成水分为60%和把鲜苜蓿晾晒到水分53%，做袋式青贮后，取样进行化验分析：苜蓿半干贮最佳含水率为55%~65%，试验料稍干，但仍达良好水平，可以推断“袋贮”可成功单独青贮凋萎苜蓿。采用袋贮技术鲜贮苜蓿，可添加禾本科秸秆粉或玉米粉，一方面增加原料含糖量，一方面可吸汁降水，以较高密度灌装。根据青贮原理及上述达一般水平的试验结果，可以推断能够成功。由于添加物料需与苜蓿混合均匀，且要求单位体积内添加量一致，只有袋贮设备，才能方便地满足这种要求，仍属袋贮技术独有优势。

关键词：袋贮，玉米青贮，苜蓿青贮，发酵品质

1 概述

1.1 研究背景

京郊种植业向粮、经、饲三元结构调整，不仅使饲料作物种植面积逐年增加，而且使栽培品种趋向多元化。由于饲料作物属于整体利用，亩收贮量大；多品种饲草轮、套作或单一品种年内多次刈割，使收获期错开；饲料作物含水率高、易腐难存、加之京郊雨热同季气候特点，要求青贮技术适应多品种、大批量，多茬次青贮要求。京郊养殖业向草食家畜倾斜，及优质、高效养殖目标的提出，对青贮饲料需求数量逐步加大的同时，对青贮料的品种和质量要求也会越来越高。京郊青贮生产能力的突破和跨越已成为急需解决的重大生产课题。

多年来，京郊农场系统多采用“窖式青贮”方式调制青贮饲料。由于“窖贮技术”不仅需配备青饲收获、拉运、压实多种类机械设备，还需建造大容积的青贮窖设施，使该项技术长期以来在京郊农村推广程度不够。特别是“窖贮”技术在饲草多元化种植中，又暴露出以下诸多局限性：一是逐层压实工艺，使草料在窖内密度及草料密度均匀性不高，难于单独青贮豆科饲草；二是边角未压实部分草料霉烂现象普遍，青贮过程中的渗液

量大，两者造成的总青贮损失高达 20% 以上；三是大容量青贮窖，封装时间较长（3 ~ 5d），雨季青贮作业难度大；四是“窖贮”设施建造投资大，小区加农户养殖模式难采用。综上所述，可以说完全依靠“窖贮”技术，已不能充分保证饲草多元种植的丰产、丰收，也不能为养殖业提供多品种、高质量青贮料。

为提升京郊青贮技术层次和生产能力，2009 年，北京市农机鉴定推广站引进了国外先进的“袋式灌装青贮”技术，本课题研究的目的是经过对比试验总结袋式青贮技术与我国传统青贮技术——窖贮在青贮料质量、作业成本等方面所具有的优势；通过试验分析该技术能否解决窖贮无法解决的苜蓿草的青贮问题，综合分析是否有推广前景。

1.2 粗饲料在奶牛业发展中的作用

世界各国普遍重视奶业的发展，发达国家把奶业的发展水平作为衡量现代畜牧业发展水平的重要标志。在世界奶业发展中，欧美国家占据主导地位，发展趋势逐渐从注重奶牛数量转向提高奶牛单产水平，牛奶生产集约化程度高，奶业社会化服务体系较为健全。近年来，发展中国家奶业发展速度加快，特别是一些亚洲国家将发展奶业作为提高国民营养水平和民族素质、促进经济发展的重要途径，其中，印度奶业发展最为突出，牛奶总产量位居世界前 10 位。

近几年，我国鲜奶和奶制品呈现出产销两旺的局面，奶牛数量和牛奶产量也逐年增加。但是，我国奶业还存在一些值得重视的问题，其中包括饲养管理、单产水平以及原料奶质量问题。

以 2007—2011 年为例，5 年内我国奶牛存栏数、牛奶产量和奶牛单产都在不断增加，但是，值得注意的是三者增加的速度不同，其中，增长速度最慢的是奶牛单产（表 1 - 1）。

表 1 - 1 2007—2011 年全国奶牛存栏数、牛奶总产量和单产

	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
奶牛存栏数（千头）	4 887	5 662	6 873	8 932	11 020. 44
牛奶产量（千吨）	8 274	10 255	12 998	17 462. 81	22 483. 02
奶牛单产（吨）	1. 69	1. 81	1. 89	2. 00	2. 04

资料来源：中国奶业统计资料，2012

在我国，牛奶产量和奶牛存栏数的快速增长是由市场需求拉动的，但是奶牛单产的提高需要奶牛饲养者、饲料生产者及相关部门整体水平的提高，仅仅依靠市场需求不能拉动奶牛单产水平的提高。一些发达国家为了追求利润、节约能源对牛场实行牛奶配额制，即国家限制每个牛场每年出售的牛奶总量，这使得饲养者想尽办法提高奶牛单产，用最少的牛实现产奶配额，所以相关研究成果可以较快的转化为生产力，形成良性循环。

粗饲料品质差，是我国奶牛业发展中较为突出的问题。描述奶牛产奶，就好像是一个同心圆，奶牛的产奶潜力是外圆，从饲喂角度来说它的大小是由粗饲料决定的，粗饲料的质量决定了奶牛的健康状况、遗传潜力能否得以发挥。如果奶牛能够在粗饲料中获得更多的能量，那么就可以减少谷物饲料的添加量，瘤胃微生物的组成和奶牛各项生理指标就会

更加趋于合理,这不仅关系到奶牛能否在某个产奶季有更大的产奶潜力,还关系到奶牛能否顺利地进入下一个产奶季,也就是说,粗饲料的质量直接或间接影响奶牛的繁殖性能。虽然说“养牛不是养猪”,但是,现代奶牛已经是介于猪和原始生活状态下的奶牛之间的一种家畜,精饲料的组成决定了瘤胃丙酸的产生量,这是影响产奶量的最直接因素,也就是说,精饲料决定了内圆的大小。在允许范围内,丙酸的产生量随精饲料添加量和品质的提高而增加,这个“允许范围”是由粗饲料的品质和采食量决定的。所以说,粗饲料在奶牛饲养中占有举足轻重的地位。

1.3 青贮饲料

1.3.1 青贮的作用

青贮是粗饲料的一种保存方法,青贮的主要目的是使粗饲料保留更多的营养物质;但是,从营养角度讲,首先,青贮可以改善粗饲料的适口性从而提高采食量;其次,青贮过程实际上也是一个发酵的过程,它可以提高粗饲料的消化率。

1.3.2 青贮的制作原理和发酵过程

(1) 青贮的来源。

制作青贮饲料并不是一项新的技术,其历史可追溯至3500年以前。正如古埃及的绘画中所揭示的,古埃及人对草料青贮已经非常熟悉。地中海人在他们的古老绘画中对于如何利用隔绝空气来更好地储藏草料有过详细的讨论。北欧的农民也在18世纪早期就已经普遍采用青贮方法储藏饲料。

19世纪末,一个名叫Fry的人推出了一本名叫《Sweet. Ensilage》(《青甜储藏饲料》)的书,使得制作青贮饲料之风日盛。该书指出,要使青贮饲料让牲畜觉得香甜,青贮饲料的温度必须达到 50°C (122°F)。这就要求封藏筒仓必须使空气(氧气)在青贮饲料中得以流通,以使青贮饲料发酵而使温度升至 50°C 。通常情况下,温度会超过期望值,导致喂养效果下降,使得喂养效果和稻草无异。更多情况下,青贮饲料的效果会消失殆尽。因此有专家指出,这种不当的青贮方法是导致青贮饲料在北美不能有效应用的主要原因。这种情况直到20世纪50年代才有所改变。后来,在欧美国家普遍采用了塔贮、裹包贮、袋贮等青贮技术。

(2) 青贮的一般原理。

青贮主要利用原料上附着的乳酸菌的生命活动,在厌氧环境下,促使乳酸菌迅速繁殖。通过发酵作用,将青贮原料中的可溶性糖类,转化成有机酸(主要是乳酸),增加青贮料的酸度,当产生的乳酸达到一定程度并且青贮料的pH值降到4.2以下时就抑制了腐败菌、丁酸菌等大部分有害细菌的生长繁殖,而乳酸菌本身亦由于乳酸不断积累,酸度不断加大,最后被自身产生的乳酸所抑制而停止活动,从而达到青贮的目的。如果产酸不足,有害细菌就会繁殖,分解蛋白质和氨基酸,致使青贮料不能良好发酵,适口性和饲喂价值降低。产酸的数量取决于可溶性糖参与发酵的数量、细菌种类、牧草种类和含水量等。

干草调制与青贮的不同:干草是用青饲料脱水来消除保存过程中的一些不利因素的影响,而青贮饲料则是借助微生物活动、生物化学变化控制环境条件而保存青贮饲料的营养

物质。

(3) 青贮技术种类。

按青贮的制作技术可分为：半干青贮技术、传统青贮技术、添加剂青贮技术、混合青贮。

半干青贮技术：是指将青饲物料收割后晾晒，当水分含量达 45% ~ 65% 时进行装贮。但半干青贮之所以能很好地贮存，主要是渗透压的作用，而不是依赖酸性。用半干牧草调制的青贮料，pH 值较高，乳酸含量低。

传统青贮技术：将新鲜青饲物收割后直接装入青贮容器内，进行青贮，但青饲物含水率不能太高（≤70%）。要求将青饲物压实、密封，通过发酵产生大量乳酸，抑制丁酸菌及其他有害菌的繁殖，实现对青饲物的保存。

添加剂青贮技术：在青贮时加入适量的添加剂来保证青贮的成功。如可利用添加甲酸来快速降低 pH 值，抑制原料呼吸作用和不良细菌的活动，使营养物质的分解限制在最低水平，保证饲料的品质。另外，也可添加乳酸菌制剂、酶制剂等生物添加剂来保证青贮的成功。

混合青贮：将多种青饲物混合进行青贮。一般用豆科牧草与禾本科牧草及其他饲料作物混合。这是因为豆科牧草如苜蓿其蛋白质含量较高而糖分含量较低，满足不了乳酸菌对糖分的需求，如不经过萎蔫或降低水分的情况下很难单独青贮成功。为了增加糖分，可与含糖量较高的禾本科牧草后饲料作物混合青贮。这样青贮既可保证成功又可提高饲料的蛋白含量。

另外按青贮的存放方式可分为：窖式青贮（包括坑式、壕式青贮）、塔式青贮、袋式青贮、拉伸膜裹包式青贮等。

(4) 青贮的发酵过程。

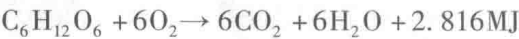
青贮过程是多种微生物包括乳酸菌、梭菌、腐败菌、霉菌、酵母菌等相互竞争、相互作用的发酵过程。大致分 6 个主要发酵阶段（表 1-2）。

表 1-2 青贮发酵过程

阶 段	环境条件	主导变因	营养物质转化	pH 值变化	时间
1	有氧	植物细胞	碳水化合物转化为二氧化碳		
2	有氧	好氧性微生物	碳水化合物转化为乙醇和乙酸	7.0 ~ 4.2	1 ~ 3d
3	无氧	乳酸菌	碳水化合物转化为乳酸		
4	无氧	乳酸菌	稳定期	<4.2	2 ~ 3 周
5	无氧	酪酸菌	碳水化合物和乳酸转化为丁酸 蛋白质被分解	pH 值升高	2 ~ 3 周后
6	有氧	酵母菌和霉菌	乳酸和纤维素被分解	pH 值升高	

资料来源：玉柱等，2004

第一阶段：植物呼吸期（黄贮除外）。这一阶段从开始到青贮中氧气被耗尽。植物被收割后，细胞没有立即死亡，仍然可以利用氧气进行呼吸代谢作用：



另外这一阶段还有植物体内蛋白分解酶的作用，蛋白质被分解为氨基酸后进一步脱羧

基,产生氨化物和二氧化碳。大部分分解酶的活性即使在厌氧状态下也不能立即消失,它会一直持续到 pH 值下降到 4.0 以下为止。

此阶段不利于青贮发酵,因为呼吸作用导致糖分的损失,减少了乳酸发酵的底物,所以青贮时应该尽量密封压实,减少青贮中残留的空气。

第二阶段:好氧发酵期。这一阶段由好氧性微生物起作用,包括酵母菌、好氧性细菌和霉菌等。

酵母菌耐酸性很弱,在青贮初期,酵母菌的存在形态主要是隐球酵母菌 (*Cryptococcus*) 和红酵母属 (*Rhodotorula*) 无芽孢酵母菌;当青贮进入无氧阶段, pH 值降低,酵母菌主要的存在形态是酵母菌 (*Saccharomyces*) 和汉森酵母属 (*Hansenula*) 的有芽孢酵母菌。所以说,酵母菌并没有被未来的乳酸菌发酵和 pH 值降低杀死,只是改变了存在形态,不再有活性。当青贮取用时,环境条件改变,酵母菌仍然会恢复活性,使青贮饲料二次发酵。酵母菌发酵的最主要产物是乙醇:



好氧性细菌如乙酸菌和大肠杆菌等适宜在中性、有氧的环境中生长,主要的发酵产物是乙酸:



霉菌(又称丝状菌)的生存也需要氧气,青贮饲料上层容易发霉变质出现丝状结块就是霉菌发酵的结果,即便是在乳酸发酵阶段仍然存在这种现象。霉菌会降低青贮饲料品质,降低采食量;另外,霉菌产生的霉菌毒素等有害物质还会影响奶牛的繁殖性能。霉菌也参与二次发酵,消耗营养物质并使青贮饲料发霉变质。

第一和第二个阶段对青贮发酵是不利的,植物细胞和好氧微生物的活动不仅产生有害物质,还会消耗营养物质和可溶性糖,降低青贮饲料品质,影响乳酸发酵。在青贮制作过程中应该尽量减少这两个阶段的影响。

第三阶段:乳酸发酵期。乳酸发酵期是青贮饲料制作最重要的阶段,它关系到青贮成功与否。只有在这个阶段乳酸菌得以充分发酵, pH 值才会降低到 4.2 以下,青贮饲料才能达到稳定状态。

乳酸菌实际是一种兼氧性细菌,但厌氧条件更利于其生长。乳酸菌分为乳酸球菌和乳酸杆菌两大类。在乳酸发酵初期,不耐酸性的乳酸菌如明串珠(球)菌属 (*Leuconostoc*)、片球菌属 (*Pediococcus*)、链球菌属 (*Streptococcus*)、乳球菌属 (*Lactococcus*) 的球菌和乳杆菌属 (*Lactobacillus*) 的杆菌占主导地位,随着 pH 值的下降,耐酸性的乳酸菌占主导地位,这些耐酸性乳酸菌的繁殖使 pH 值进一步降低。

乳酸菌发酵分为同质型发酵和异质型发酵两种形式:



可见,为了产生更多的乳酸以保证青贮饲料 pH 值降低,就要使更多的葡萄糖和果糖进行同质型发酵。

保证乳酸发酵能够顺利进行并使青贮饲料最终达到稳定状态有两个重要前提:首先是保证青贮原料在装窖时携带足够的乳酸菌,其次是保证乳酸菌发酵所需的足够的糖分。玉

米有足够的乳酸菌和糖分，禾本科牧草次之，豆科（如苜蓿最少）。虽然玉米中糖分含量最高，但是如果有氧发酵时间过长，糖分消耗过多，乳酸发酵同样不能满足需要，所以玉米青贮容易制作，但如果工艺不当也可能失败。

第四阶段：青贮稳定期。如果乳酸发酵足够旺盛，pH 值下降到 4.2 以下，微生物活动就会逐渐停止，青贮饲料达到稳定状态，这种状态甚至可以保持几十年。

第五阶段：酪酸发酵期。我们期望青贮饲料只有如前所述的四个阶段，但酪酸发酵是很难避免的。酪酸发酵是一种厌氧发酵，从时间上来说它并不是青贮饲料进入稳定期后所产生的一种发酵类型。对于制作失败的青贮，酪酸发酵在乳酸菌繁殖后占据了主导地位，使青贮饲料腐败变质；而对于一般青贮，酪酸发酵是伴随着乳酸发酵同时进行的。如果乳酸菌可以迅速的大量繁殖，pH 值的下降可以抑制酪酸菌的活动。

酪酸菌又叫梭状芽孢杆菌，简称梭菌。耐高温，在 60℃ 的高温下仍能繁殖，耐酸性不如乳酸菌。酪酸菌是一种有害菌，它对青贮饲料的负面影响主要有 3 个方面：①将糖分和乳酸分解为酪酸，从饲料能量角度讲，碳水化合物转化为酪酸伴随着 22.1% 的能量损失，而乳酸转化为酪酸也伴随着 19.6% 的能量损失；②将蛋白质分解为氨化物，这不仅造成营养物质的损失，而且影响青贮饲料的适口性，降低采食量，饲喂酪酸发酵青贮的奶牛还会发生痢疾、乳房炎等疾病；③以上两个方面同时造成青贮 pH 值的上升，不利于青贮饲料进入稳定期。

植物体上附着的酪酸菌数量很少，它们主要是通过泥土进入青贮窖的，所以要保证青贮原料的清洁。同时避免高温贮藏和青贮原料的含水量缓冲能力适当，增加可溶性糖含量，快速压实密封，促进乳酸发酵都是抑制酪酸发酵的有效措施。

第六阶段：有氧不稳定性。青贮饲料开始取用后，不可避免的要与空气接触，这时青贮中原本失活的酵母菌和霉菌又开始活动。有氧气不稳定性伴随营养物质的损失和有害物质的产生，应当尽量避免有氧不稳定性。为了减少青贮饲料取用后与空气的接触面积，应在装窖时将青贮切短压实，取用面尽量平整。

1.3.3 青贮的意义

青贮饲料可以长期保存，不受气候影响；有效保存营养物质；提高饲料原料的适口性和消化率。奶牛饲喂青贮饲料可以减少日粮中精饲料的添加压力，改善奶牛体况，提高产奶量和繁殖性能，减少疾病的发生率。

1.3.4 袋式青贮技术

袋式灌装青贮技术（以下简称“袋贮”技术）是继拉伸膜技术之后，发达国家在生产中应用的最新青贮技术之一。其特点是用 8~12 英尺（1 英尺 = 0.3 米，全书同）直径，100~300 英尺长的贮袋作为存贮设施，应用灌装机均匀连续向贮袋灌装青饲物料，封口后青贮。“袋贮”技术的优点是可调制高质量青贮饲料，青贮损失极小；缺点是多种配套作业，应用门槛较高。为解决苜蓿草雨季易霉烂及多类型饲草及时青贮生产课题，北京市引进了袋贮技术，并围绕该技术在京郊推广应用的可行性开展了多角度的、多层次的试验研究工作。

1.3.5 研究现状

国外畜牧业发达国家已在生产中广泛应用袋贮技术，除袋贮饲草外还袋贮粮食。专用

贮袋生产质量可靠,不仅具有拉伸功能,且有阻气遮光效果,抗老化性能持久(达两年)。其灌装机已系列化,作业可靠,使用方便,寿命长。袋贮技术继拉伸膜技术之后成为新型青贮技术,在世界范围推广。

北京市农机推广站作为国内袋贮技术的唯一引进单位,近年来围绕增强该技术在京郊推广可行性的目标相继开展了玉米、苜蓿等作物的袋贮试验,得出了技术可行之结论;研制了国产灌装机和草料卸运车,降低了配套机组购置资金同时可应用国产中型拖拉机做动力,大大降低了袋贮技术的应用门槛;开展了袋贮技术的示范,培育了加工服务市场;国内塑料生产厂家已能生产专用青贮袋,比进口袋可减价近50%左右;上述工作为袋贮技术的推广奠定了坚实基础。

1.3.6 袋式青贮的优点

(1) 袋贮技术较窖贮技术更加符合青贮原理性要求。

青贮是利用作物上附着的乳酸杆菌在厌氧条件下将糖类物质转化为乳酸的生化反应,乳酸菌存活量、物料的含糖量、及厌氧程度是青贮原理性技术的三大要素。袋贮技术在满足青贮原理要求上实现了如下创新。

——袋贮技术的高效连续机械灌装使物料由窖贮的3~5d减少到1~2h进入存贮设施并与空气隔绝,最大限度地保留了物料上乳酸菌的存活量,为有益发酵奠定了基础。

——达到了更高的厌氧程度。袋贮技术可使贮袋内的物料密度由窖贮的 $0.5\text{t}/\text{m}^3$ 提高到 $0.7\text{t}/\text{m}^3$,并克服了窖贮上松下实的不足,达到贮袋内物料密度的高度一致,为正常发酵提供了更理想的厌氧环境。

——具有更强的隔氧性能。袋贮技术的贮袋不仅阻气遮光,且其对氧气的阻挡达到分子级,可保持厌氧条件的持久。

(2) 袋贮技术更具生产上的适应性。

——利用袋贮技术青贮禾本科饲草不仅发酵质量高而且青贮损失极小;凋萎或添加吸水物料后能青贮豆科饲草,适应种、养两业的现实和长远需求。

——存贮单元只有67 800~405 800立方英尺,可雨季作业。

——可通过加工服务使不具备建窖能力和条件的养殖小场和散户实现青贮愿望方便推广。

1.3.7 袋贮技术路线

袋贮工艺流程:苜蓿经青饲收获机+低秆收获割台收、切后,将切碎的青饲喷抛到拉运拖车上,拖车将物料拉运至灌装地倾倒入喂料平台,喂料平台将物料输送给灌装机,由灌装机将物料高密度压装入长30m、直径2m的贮袋内(在此处由人工向灌装机链耙添加15%降水物料),人工封口后发酵贮存(图1-1)。

多类型饲草机收:通过更换割台达到收割不同类型饲草的收割机。

青饲拖车拉运:把收割的饲草捡拾后用专用车拉运到指定地点。

灌装机掺混物料灌装:在往青贮袋灌装物料的同时添加其他调制物料。

灌装机直接灌装:直接把水分适当的物料灌装在青贮袋内。

人工封袋存贮:灌装完毕后用人工把袋口封好,做到密封严实不透气。

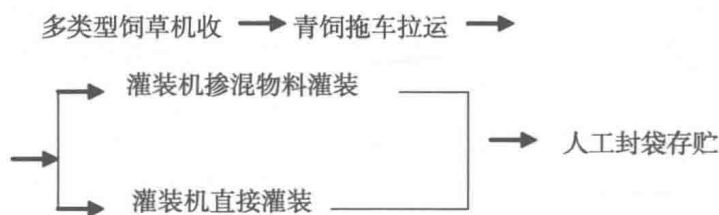


图 1-1 袋贮工艺流程

1.3.8 试验目的

经过对比试验总结，袋式青贮技术与我国传统青贮技术——窖贮在青贮料质量、作业成本等方面所具有的优势；通过试验分析该技术能否解决窖贮无法解决的苜蓿草的青贮问题，综合分析是否有推广前景。

2 材料与方法

2.1 玉米窖式青贮和袋式灌装青贮的对比试验（试验一）

2.1.1 青贮原料

含水率 74% 的带穗玉米切成 2cm 左右长的段；含水率 68% 的不带穗玉米秸切成 2cm 左右长的段。

2.1.2 袋贮专用拉伸膜袋

7 英尺直径，100 英尺长的袋贮专用拉伸袋，意大利生产。

2.1.3 试验设计

把两种含水率的带穗和不带穗玉米秸各 300t，用袋式灌装青贮各制做各 3 袋，三次重复；二种含水率的带穗和不带穗玉米秸分别在二个窖内进行“窖贮”。原料均取于房山区窦店村。贮藏 2 月之后，每隔 5d 定期取样送实验室进行青贮料发酵质量分析。

2.2 苜蓿袋式灌装青贮试验（试验二）

2.2.1 原料

在延庆县割取鲜苜蓿草，经测定含水率为 78%，苜蓿草切成 2cm 左右的段，然后用干玉米粉进行混合青贮，装成 3 个袋，每袋 30t，一个试验 3 次重复；凋萎后半干（含水率 53%）的苜蓿切成 2cm 左右的段，重量为 60t，灌装在 3 个袋内，每袋 20t，做 3 次重复。

2.2.2 袋贮专用拉伸膜袋

7 英尺直径，30 英尺长的袋贮专用拉伸袋，意大利生产。

2.2.3 添加物

干玉米粉。

2.2.4 所用设备

牧草收获机、拉运拖车、喂料平台、灌装机及配套动力机。

2.2.5 试验设计

实验一：袋式灌装鲜混贮。

(1) 苜蓿适收期与参考含水量。

为保证苜蓿生物学产量和营养含量达到最高值，苜蓿收贮需要在现蕾期至开花期间进行，此时其参考含水量为如表 1-3 所示。

表 1-3 苜蓿适收期含水量

生长阶段	现蕾期	初花期	开花期
含水量%	80	78	76

受季节、品种、灌水量与土壤、长势等多因素影响，苜蓿不同生长阶段的含水量会在上述参考值基础上有所波动。

(2) 添加物的选择与确定。

苜蓿适收期含水量较高，直接青贮很难获取发酵品质较好的青贮料，为此可以进行混合。混贮苜蓿添加物料可以是禾本科草粉，但从袋式灌装技术要求及作业方便与经济角度综合考虑，应选取玉米粉为添加物。

(3) 玉米粉的加工与装袋。

玉米粉的加工粒度为 1.5mm，用 15 号筛加工，加工后要用 25kg 容量的料袋装盛，以方便人工添加时按量提取和布料。

(4) 玉米粉添加比例。

经试验确定，苜蓿 70% 含水量需添加 5% ~ 10% 的玉米粉，该试验中玉米粉添加量为 5%、10%、15%、20% 和 25%，处于中间含水量的玉米粉添加比例以每增一个百分点含水量相应增加 1.2 个百分点为宜，以灌装机料箱内刚好不出汁为准，适当调节。

(5) 玉米粉添加与掺混。

以一拖车苜蓿原料重为依据，依添加比例一次提取多袋玉米粉，间隔倒装在双轮小推车料斗内，由人工用小铲斗向灌装机链耙上的运动草层布料，由灌装机压辊自行掺混。

实验二：袋式灌装凋萎青贮

适收期与晾晒时间。

苜蓿应在初花至盛花期割晒，晾晒时间为 4 ~ 12h，当叶片开始卷成筒状前，轻压茎秆能立刻出水，这时含水量约在 50% ~ 60%。

把以上两种含水率的苜蓿分别装在两个袋里进行袋式青贮，放置 2 个月之后定期取样送实验室化验分析。

2.3 测定项目与方法

2.3.1 pH 值测定

准确称取 20g 鲜样，加入 180mL 蒸馏水，搅拌均匀，用组织捣碎机搅 1min，(JLL350B - 型多功能搅拌机，顺德市科顺塑料电器实业有限公司，杭州)，先后用 4 层纱布和定性滤纸过滤，滤出草渣得到浸出液，用 pH 测定仪测青贮料浸出液的 pH 值（雷磁

PHS-3C 精密 pH 计, 上海精密科学仪器有限公司)。

2.3.2 有机酸

滤液 3 500g 离心 15min, 取上清液, 0.45 μ m 滤膜过滤。使用 SHIMADZE-10A 型高效液相色谱分析乳酸、乙酸、丙酸、丁酸含量, 色谱柱: Shodex Rspak KC-811 S-DVB gel Column 30mm $\times$ 8mm, 检测器: SPD-M10AVP, 流动相: 3mmol/L 高氯酸, 流速: 1 mL/min; 柱温 50 $^{\circ}$ C, 检测波长 210 nm, 进样量 5 μ L。

2.3.3 氨态氮

另取一份上清液, 苯酚-次氯酸钠比色法测氨态氮。

配制苯酚试剂: 将 0.15 g 亚硝基铁氰化钠溶解在 1.5 L 蒸馏水中, 再加入 29.7g 结晶苯酚, 定容到 3 L, 贮存在棕色的玻璃试剂瓶中。

配制次氯酸钠试剂: 将 15 g NaOH 溶解在 2 L 蒸馏水中, 再加入 113.6 gNaHPO₄·7H₂O, 中火加热并不断搅拌至完全溶解。冷却后加入 44.1 mL 含 8.5% 活性的次氯酸钠溶液, 并混匀, 定容到 3 L, 最后将新华滤纸过滤得滤液贮藏于棕色试剂瓶中待用。

配制标准铵溶液: 称取 0.6607g 经 100 $^{\circ}$ C 24h 烘干的 (NH₄)₂SO₄溶于蒸馏水中, 并定容至 100mL, 其中含 0.1N NH₃, 配制成 100mmol/L 的铵贮备液。将上述贮备液稀释配制成 1.0、2.0、3.0、4.0、5.0mmol/L 五种不同浓度梯度的标准液。

简要操作步骤: 向每支试管中加入 50 μ l 经适当倍数稀释的样本液或标准液, 空白为 50 μ l 蒸馏水; 向每支试管中加入 2.5mL 的苯酚试剂, 摇匀; 再向每支试管中加入 2mL 次氯酸钠试剂, 并混匀; 将混合液在 95 $^{\circ}$ C 水浴中加热显色反应 5min; 冷却后, 630nm 波长 (722S 可见分光光度计, 上海精密科学仪器有限公司) 下比色。

2.3.4 蛋白质测定

采用凯氏定氮法, 使用全自动定氮仪测定 (特卡托 2010, 福斯公司生产)。

2.3.5 数据分析

采用 SAS 软件对试验结果进行方差分析和 Duncan 多重比较。

3 结果与分析

3.1 玉米秸袋式青贮试验

3.1.1 试验结果

实验室化验分析结果如表 1-4 所示。

表 1-4 不带穗玉米秸青贮料发酵品质

处 理	pH 值	乳酸 (%)	乙酸 (%)	丁酸 (%)	NH ₃ -N/总氮 (%)
窖贮	4.15	3.23	0.47	0.12	5.80
袋贮	3.70	4.32	0.03	0.00	3.70

* 有机酸均为占鲜重比例

3.1.2 “袋贮”效果分析

分析结果表明：与窖贮料相比，袋贮料具有如下特点（图 1-2）。

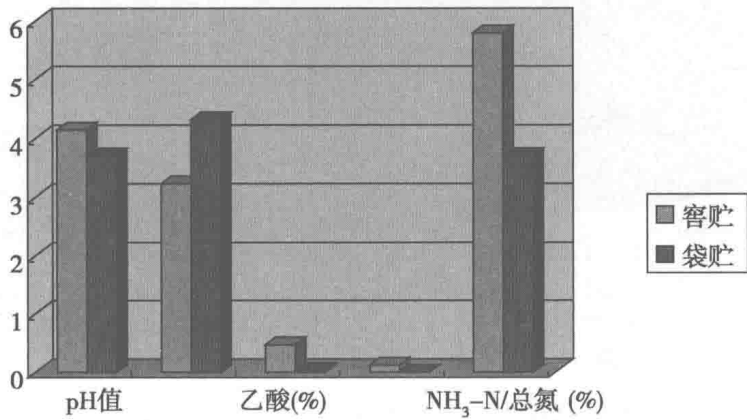


图 1-2 不带穗玉米秸窖贮、袋贮料发酵品质

- (1) 达到更低的 pH 值，形成了更稳定的酸环境。
- (2) 乳酸含量较高，有益发酵反应进行的更彻底，贮料气味芳香。
- (3) 丁酸含量为零，丁酸菌、酪酸菌活动得到有效抑制。
- (4) 青贮发酵过程中，蛋白质分解得少，原料的营养得到有效保存。
- (5) “袋贮”技术可调制高质量青贮饲料，其成功的可易性高于窖贮方式。

3.2 带穗玉米青贮试验

3.2.1 试验结果

实验室化验分析结果如表 1-5 所示。

表 1-5 带穗玉米青贮料发酵品质

处 理	pH 值	乳酸 (%)	乙酸 (%)	丁酸 (%)	NH ₃ - N/总氮 (%)
窖贮	4.03	3.59	0.29	0.00	4.8
袋贮	3.74	4.32	0.03	0.00	3.3

注：有机酸均为占鲜重比例

3.2.2 “袋贮”效果分析

分析结果表明：与窖贮料相比，袋贮料具有如下特点（图 1-3）。

- (1) pH 值与窖贮相比降低了 0.29，酸环境更加稳定。
- (2) 乳酸含量明显增加，更有益于青贮料的贮藏。
- (3) 丁酸含量为 0，丁酸菌、酪酸菌活动得到有效抑制。
- (4) 青贮发酵过程中蛋白质分解少，原料营养得到有效保存。
- (5) 带穗玉米“袋贮”料的发酵质量明显好于“窖贮料”。

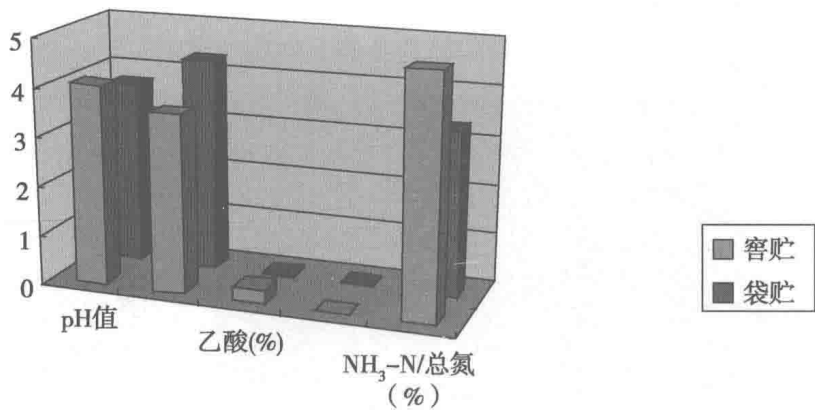


图 1-3 带穗玉米窖贮、袋贮料发酵品质

3.3 苜蓿半干袋贮试验情况

3.3.1 试验结果

实验室分析结果如表 1-6 所示。

表 1-6 房山区窦店村袋装青贮品质分析结果

处 理	pH 值	乳酸 (%)	乙酸 (%)	丁酸 (%)	NH ₃ - N/总氮 (%)
新鲜青贮	4.72	1.67	0.43	0.15	15.12
半干青贮	4.96	2.27	0.53	0.02	11.34

注：有机酸均为占鲜重比例

3.3.2 结果分析

由于苜蓿草青贮质量尚无国家标准，专家依据国外标准，对照分析结果评定：鲜贮达到一般水平，其质量达到了能利用的程度，而半干青贮的质量达到了良好水平。其原因是：半干贮可在较高 pH 值时达到稳定，半干贮不以 pH 值做评价指标，主要以丁酸含量 (<0.2%) 及 NH₃ - N 指标 (<15%) 作为评价标准。由于该试验中，因鲜苜蓿草游离水含量高，为避免灌装时排汁成液，人为降低了灌装密度（低于玉米贮密度），削弱了“袋贮”密度高于窖贮的技术优势，是未达发酵完全成功的原因之一。

苜蓿半干贮仍达良好水平，可以推断“袋贮”可成功进行单独凋萎苜蓿。但实际生产中，水分含量难控制，如添加促酵有益菌（添加量为 5~10g/t，大概成本增加 10~20 元/t），可更有把握调制发酵质量好的青贮饲料（图 1-4）。

3.4 苜蓿玉米混合袋贮试验

3.4.1 试验结果

试验结果如表 1-7 所示。

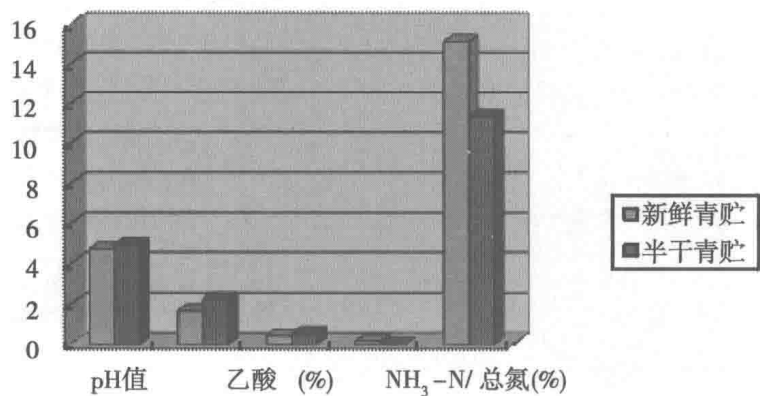


图 1-4 袋装新鲜、半干青贮品质

表 1-7 延庆县苜蓿玉米混合袋贮发酵品质

处 理	pH 值	乳酸 (%)	乙酸 (%)	丁酸 (%)	NH ₃ - N/总氮 (%)
对照 (新鲜)	5.18	1.09	0.72	0.76	16.09
玉米粉 (5%)	4.96	1.35	0.82	0.13	9.85
玉米粉 (10%)	4.52	2.72	0.32	0.11	7.27
玉米粉 (15%)	4.59	3.08	0.21	0.07	7.21
玉米粉 (20%)	4.31	3.72	0.12	0.05	7.29
玉米粉 (25%)	4.51	3.11	0.25	0.13	6.72

3.4.2 结果分析

(1) 随着玉米粉添加比例的增加，pH 值逐渐减少，当添加比例为 20% 时 pH 值达到最低，形成的酸环境更有利于物料的稳定贮存。

(2) 当添加比例为 20% 时乳酸含量最高有益发酵反应进行的更彻底，贮料气味芳香。

(3) 当添加玉米粉之后发酵过程中蛋白质分解少，腐败菌繁殖及活动能够得到抑制。

采用袋贮技术鲜贮苜蓿添加干玉米粉的最佳比例为 20%，也可添加禾本科秸秆粉或麦麸。一方面增加原料含糖量，一方面可吸汁降水，以较高密度灌装。根据青贮原理及上述达一般水平的试验结果，可以推断能够成功。由于添加物料需与苜蓿混合均匀，且要求单位体积内添加量一致，只有袋贮设备才能方便地满足这种要求，仍属袋贮技术独有优势 (图 1-5)。

4 讨论

4.1 袋贮技术具有原理性的技术优势

上述试验结论的得出，可以用袋贮技术的优势加以解释。青贮原理是物料上附着的乳酸菌在厌氧条件下将原料中糖类物质转化为乳酸的生化反应过程。袋贮技术从以下三个技