

The background features a complex, abstract design. It consists of numerous thin, light-colored lines radiating from various points, creating a sense of movement and depth. Interspersed among these lines are several geometric shapes, including circles of varying sizes and small crosses. The overall effect is a modern, technical, and somewhat futuristic aesthetic.

# 动物饲料与安全

(十二)

编者董原

## 目 录

桔杆生物学处理的研究进展 .....	1
磷酸脲-新型的反刍动物营养型饲料添加剂 .....	6
对鸡有益的几种保健饲料 .....	11
桔杆饲料化加工 .....	13
高剂量微量元素对环境的危害及预防 .....	16
铜对奶牛的营养作用 .....	19
应用酶联免疫吸附法测定饲料中克伦特罗 .....	24
中药在美国动物医疗保健中的应用 .....	29
五种微量元素对鸡蛋品质的影响 .....	33
蛋鸡抗热应激添加剂的研究进展 .....	37
禽类饲料液体添加剂 .....	40
饲料中霉菌污染检测方法的探讨 .....	43
影响饲料安全的六大因素 .....	47
中草药添加剂使用中存在的一些问题 .....	53
烟酸对奶牛的营养作用 .....	54
饲料的安全性与环境污染的相关性 .....	56
饲用纤维素酶活力测定方法的探讨 .....	62
碘化酪蛋白在养殖业中的应用 .....	66
合理正确使用微生态制剂 .....	73
新型绿色饲料添加剂?? 果寡糖 .....	80
微生态饲料添加剂研究进展 .....	86
秸秆发酵饲料的研究意义及制作技术 .....	91
维生素 e 在养鸡生产中的应用 .....	99
微生态制剂的理论基础及其应用现状 .....	105
饲料的防霉措施 .....	109
发霉饲料的几种简易去毒方法 .....	111

氨化秸秆饲料加工技术.....	114
饲料加工过程中的粉尘控制.....	120
美国的饲料安全管理.....	123
对家禽生产中环境问题的认识和策略.....	127
环保型饲料配方的设计与应用研究.....	131
兔用全价颗粒饲料的加工.....	140
饲料工业的安全性与可持续发展思路.....	141
用物理方法辨别饲料原料优劣.....	150
清洁粉状饲料热处理生产新技术.....	156

## 桔杆生物学处理的研究进展

我国的各类农作物桔杆十分丰富,但多被用作燃料,工业造纸原料或还田肥料,利用效率很低,这不仅对资源是一种浪费,还会引起一起和环境和社会问题。随着我国畜牧业的发展,饲料资源日趋紧张,因此开发利用桔杆饲料发展食草型、节粮型畜牧业不仅可节约饲料资源,而且可形成农业的良性循环。

### 1 桔杆的营养特点

在我国可用作饲料的农作物桔杆主要有小麦秸、玉米秸、稻草、谷草等。由于其品种、收获期等的不同,其营养价值可能不同,但是其具有共同营养的特点:粗蛋白、粗脂肪、矿物质含量低,并缺乏动物生长所必需的维生素 A、D、E 等以及钴、铜、硫、硒、碘等矿物质元素,而粗纤维(包括纤维素、半纤维素、木质素以及少量的果胶物质)含量高。导致动物对其采食量小,消化率低。这是因为桔杆细胞壁中纤维素、半纤维素与木质素紧密结合在一起,限制了消化酶对细胞壁及细胞内容的消化作用,其中木质素是影响消化的主要因素,其次是硅酸盐,它能严重影响瘤胃中的糖类物质的降解作用,因此若能改善细胞壁成分的消化性,如破坏组织结构,降低纤维成分的结晶性,改善分子结构以及除去妨碍消化的木质素、硅酸盐等,则能大幅度提高桔杆作为饲料的可利用性。

目前桔杆的处理方法有三类: 物理处理法,包括切短、揉、搓、浸泡、碾青、蒸煮、热喷、制粒。射线

照射等，处理过的秸秆可直接饲喂家畜，能一定程度的提高采食量和消化率，多为其他处理方法的前提和基础。

化学处理法，主要包括碱化和氨化，其中碱化使原料蛋白和维生素受到破坏不适在秸秆中广泛利用；氨化秸秆能引起动物氨中毒，氨浓度达 15% -28% 时，易发生爆炸，与农业争时争肥，氨的浪费大，效益差，使动物出现“发狂症”、中毒症及类似行为反常现象，使牛肉、牛奶中产生毒素物质，影响人体健康。因此这类方法的应用前景值得怀疑。生物学处理法，其实质就是利用某些微生物处理秸秆饲料。主要包括青贮、微贮、菌化、酶解等，其中以青贮最为成功，应用也最广泛。有关微贮的研究日益增多，饲喂效果很好，代表了今后的发展方向。

## 2 秸秆的生物学处理

2.1 青贮：青贮是将新鲜的青刈饲料作物，牧草、野草、收获籽实后的玉米秸秆和各种藤蔓等，切碎后装入和压实在青贮窖（塔）中，密封后经微生物发酵作用而调制成带有特殊气味、适口性好。营养丰富、多汁、耐贮藏，能供家畜全年使用的饲料。其在一些发达国家如欧洲和北美应用较多。

青贮的原理：利用青贮原料上所附着的乳酸菌等微生物的生命活动，通过厌氧呼吸将原料中的碳水化合物（主要是糖类）变成有机酸（主要是乳酸），提高酸度，pH 值到 4.0 左右，就能抑制有害菌（如腐败菌、丁酸菌等）的生长繁殖和霉菌的活动，防止原料中的养分继续被分解或消耗，从而很好的将原料中的养分保存下来，使养分的损失减少到最小程度。

为了使青贮达到理想的效果，保持甚至提高饲料营

养价值，青贮添加剂应运而生，使汗多原来不适宜的青贮原料也可用作青贮。现在常用的青贮添加剂有以下几类：改善发酵的添加剂，主要有无机酸添加剂，如硫酸、盐酸、磷酸等有机酸添加剂如甲酸、乙酸、丙酸和丁酸等，能抑制植物的呼吸作用，减少发热和营养损失，迅速降低 pH 值，抑制杂菌。营养型添加剂，主要有非蛋白氮（如尿素、氨水各种氮肥以及氮磷钾肥等各种有机酸和无机酸的接盐化合物）和石灰石、硫酸铜、硫酸锌、硫酸锰、氯化钴等补充青贮料矿物质不足的无机盐类。促进发酵的添加剂，有乳酸菌制剂，主要是 L 一型的菌种；酶制剂，如淀粉酶、纤维素酶。半纤维素酶、果胶酶、木瓜酶等，不仅可有效地将纤维素等非淀粉多糖（NSP）分解为低聚糖、葡萄糖等物质供乳酸菌等细菌利用，而更重要的是随着植物细胞壁的崩解细胞内含物如沉粉、可溶性糖类（WSC）、蛋白质及油脂等一类物质的溢出，极大地提高了青贮料的营养价值；还有糖蜜，食盐等。防腐添加剂，有甲醛、亚硫酸、丙烯酸、苯甲酸、亚硝酸钠、焦亚硫酸钠、硝酸钠、甲酸钠等，利于青贮料的保存，防止变质。在实际应用中通常是几种添加剂配合使用，以期发挥最大效应。

2.2 微贮：微贮的实质就是在农作物秸秆中加入用现代生物学技术筛选培育出的微生物活干菌剂，经溶解复活后，兑入浓度 1% 的盐水中，再喷洒到铡短的原料上，在厌氧条件下微生物生长繁殖，分解秸秆中的木质素和纤维素，使糖类转化为酸类，提高秸秆饲料中的 B 族维生素和胡萝卜素的含量，并抑制有害微生物的繁殖，从而形成柔软、适口性好、有甜味、营养丰富的饲料。据傅为民等（1996）报道，秸秆经做贮处理，牛羊

的采食速度可提高 40% ~ 43% , 采食量可增加 20% ~ 40%。此法具有投资少、易操作、不争农时原料来源广、安全无毒。污染少、效率高、可长期保存等优点, 成为当前最具应用潜力和发展前景的秸秆饲料调制技术。

细菌长期以来被认为是瘤胃内降解植物细胞壁的主要微生物, 后来发现真菌也具有降解植物细胞壁的作用, 从而开辟了真菌处理的方法。国外现在研究较多的是白腐真菌( WHITE ROT FUNGI ), 其属于真菌门担子菌纲, 包括焯多孔菌。云芝黑褐色刺草菌、漏斗状侧耳、粉状侧孢霉等 200 多个品系。它能分解所有的植物聚合物, 降解木质素, 其原理是: 在适宜的条件下, 白腐真菌的菌比首先用其分泌的超纤维氧化酶溶解秸秆表面的蜡质, 然后菌丝进入秸秆内部并利用其产生的纤维素酶、半纤维素酶、内切聚糖酶和外切聚糖酶, 降解秸秆中的木质素、纤维素成分, 使秸秆变得香甜可口、易于消化吸收。

白腐真菌处理秸秆对底物没有选择性, 多种真菌作用在一起相互影响小( VUARY, 1987 ), 较好的白腐真菌能使秸秆的消化率提高 35% ~ 40%。处理时应注意, 在固体发酵中, 培养物的气体交换是影响白腐真菌对秸秆降解作用的重要因素之一。预混物中固相与液相之比决定气体交换量, 最适的固液相之比为 3 : 1, 含水量过高或过低都会阻止白腐真菌的生长; 气体在培养料中的穿透和扩散也影响着发酵过程, 此过程能除去真菌代谢过程中的挥发物和气体代谢物, 高浓度的气体代谢物会影响真菌的生长; 还要保证正确的接种, 这样能抑制不良菌的生长, 而促进白腐真菌的生长。

白腐真菌处理秸秆对菌种的组成、活性、纯度以及发酵容器的密封性要求较高, 人们正致力于筛选与白腐

真菌相互作用且抑制杂菌以及能高效低能耗地分解木质素的菌种，若有突破性成果，将会对我国的草食家畜有一个大的发展。

2.3 菌化：菌化秸秆主要是利用食用菌来分解秸秆中的纤维，降低粗纤维含量，提高家畜对粗纤维的利用率，同时利用食用菌中的脲酶将添加的尿素等非蛋白氮转化成菌体蛋白，加饲料中蛋白质的含量，形成可供家畜饲用的优质生物饲料。微生物中可作为菌源的菌很多，如酵母菌、乳酸菌、真菌、放线菌、光合菌、食用菌等，其在自然界中普遍存在并且生命力极强，处理秸秆的条件要求不苛刻，且易操作，投资少，效益高。研究表明此法处理秸秆的适口性好，使试验组牛的增重明显高于饲喂普通秸秆的对照组，并且处理后优质的秸秆饲料还具有保健功效。

2.4 其他生物学方法：刘禹宏等（1999）用一种生化及生物活性物的复合制剂（生化培养剂），发酵秸秆不添加人工培养菌株，靠天然有益菌的大量繁殖来增加菌体蛋白，抑制杂菌生长，降解粗纤维，大大提高秸秆的有效养分和生物学价值。使处理的稻草蛋白质提高 2.5% - 3.5%，粗纤维降低 12% - 16%，使肉牛的增重、料肉比明显提高。付连胜（1998）报道给奶牛饲喂高活性纤维酶后能使其粪便于物质排出减少 30%，使粗饲料采食量增加 10% - 15%。陈三有（1998）在肉牛精料中添加 0.3% 纤维复合酶（纤维素酶、CL、CX、一葡糖苷酶、半纤维素酶、果胶酶和蛋白酶等），结果使肉牛对为氨化的稻草的采食量达到氨化稻草相同的水平。卢庆萍等（1999）用鸡粪、酒糟处理秸秆，完全消除了鸡粪原有的味道，并提高秸秆的 DM、CP、NDF 的降解率，提高

了秸秆的利用性能。此法不仅开辟了饲料资源，提高秸秆的利用率，同时也解决了鸡粪不易存放的问题。使鸡粪得到有效利用，但处理过程中高浓度的氨及安全性问题值得重视。

近几年兴起了 EM 技术处理秸秆，EM 是指复合微生物群，用它制作的发酵秸秆饲料饲喂家畜，使其粪便臭味降低，还有促进生长和改善肉质的作用。

3 结语：在利用生物学处理秸秆时应注意以下几个问题：充分认识秸秆饲料的营养限制性因素，无论用何种方法处理的秸秆都只能用于反刍动物。利用多种方法结合来处理秸秆，任何单一的方法效果不佳，如切碎后青贮是物理处理和生物处理相结合，青贮中接入微生物是青贮和微生物处理相结合，采用何种方法应根据具体情况而定。饲喂时若能进行营养物质的添补，效果会佳。秸秆饲料的调制一定要结合反刍动物瘤胃的调控。还要考虑经济效益，把处理秸秆的成本降至最低。

### **磷酸脲-新型的反刍动物营养型饲料添加剂**

磷酸脲 (Urea Phosphate) 又称尿素磷酸盐，是一种具有氨基结构的磷酸复盐，属精细化工产品。磷酸脲由德国巴斯夫公司于 1914 年首先申请专利，二十世纪 20 至 40 年代末，美国、德国、波兰等同对磷酸脲进行了研究，但当时由于受到尿素生产的限制，进展缓慢。直到 60 年代随着化肥工业的发展，磷酸脲的研究得以再次引起注意和重视，对其结构、性状、制备工艺及应用进行了广泛的研究，应用领域也不断扩大。磷酸脲是欧共

体 (EC) 饲料业法定 类添加剂, 联合国粮农组织 (FAO) 推荐使用的反刍动物专用营养添加剂和磷的补充剂。

我国对磷酸脲的研究与开发, 始于二十世纪 80 年代后期。在磷矿资源较丰富地区进行了磷酸脲生产工艺的研究和在畜牧业较发达地区对其作为家畜饲料添加剂进行了对反刍动物的影响实验。取得了良好的效果。并且磷酸脲在其他多领域的应用也有一定的进展, 使用范围不断扩大, 显示出广阔的前景。

磷酸脲产品的开发应用在青海省内尚属空白, 而青海省的畜牧业亟需提高新技术和新产品的应用, 来加快发展的速度。尤其在二十一世纪初, 根据我省畜牧业提出的畜产品“西繁东育”战略, 因此开发磷酸脲对促进我省农牧业发展和经济建设的步伐具有重要意义。同时由于其附加值较高, 对于增加生产企业经济效益也有巨大的作用。

### 1 磷酸脲的结构与性状

磷酸脲是由等摩尔的尿素与磷酸反应制得, 分子式为  $\text{H}_3\text{PO}_4\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , 分子量 158.06, 密度  $1.74\text{g}/\text{cm}^3$ , 熔点  $117.3^\circ\text{C}$ 。按理论化学量计算, 磷酸脲含  $\text{P}_2\text{O}_5$  44.9%, N 17.7%。经对其进行差热、X-衍射和光谱分析, 磷酸脲系氨基结构的配位络合化合物— $\text{NH}_2\text{CONH}_3\text{H}_2\text{PO}_4$ , 为无色透明棱柱状晶体 ( $a = 9.10^\circ$ ,  $b = 17.9^\circ$ ,  $c = 7.5^\circ$ ), 呈平行层状结构, 层与层之间以氢键相连, 属斜方晶系。晶体易溶于水和乙醇, 不溶于非极性的有机溶剂 (醚类、甲苯、四氯化碳和二噁烷),  $46^\circ\text{C}$  时的溶解度为  $202\text{g}/\text{L}$ 。水溶液呈酸性, 1% 的水溶液 pH 值为 1.89。

磷酸脲的标准生成热  $H = -1643.78\text{kJ}/\text{mol}$ , 在水

中的溶解热为-31.98kJ/mol。由于磷酸脲属氨基结构的复盐，稳定性较差，受热易分解。经热分解研究表明，产品在熔点温度和120℃以下时稳定，126℃以下热分解速度缓慢。随温度的升高热分解速度加快，128~185℃范围，结晶磷酸脲分解生成偏磷酸铵，220~450℃范围生成偏磷酸并放出氨气，当温度高于445℃时，偏磷酸分解，且P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>开始蒸发。通常在127~135℃范围磷酸脲分解按下式反应进行：



磷酸脲水溶液中尿素分解动力学研究表明，在50~60℃尿素少量分解得到CO<sub>2</sub>和NH<sub>3</sub>。当磷酸脲浓度为5.8%或温度达到90℃以上时，尿素分解率最高。磷酸脲中水分的含量对其熔点和熔融物粘度有明显的影响。随产品水分的增加，熔点和粘度明显降低。

## 2 磷酸脲的应用

磷酸脲的应用已由原来主要用作畜牧业和农业破高效氮、磷复合肥及反刍动物非蛋白氮(NPN)饲料添加剂，逐渐向工业生产领域发展，如用作金属清洗剂阻燃剂、耐高温粘合剂、织物染整剂等多个领域。

### 2.1 作反刍动物饲料添加剂

磷酸脲是一种专门用于反刍家畜的营养型饲料添加剂，以非蛋白氮(NPN)和水溶性直接吸收磷提供营养。特点是能减慢牛羊瘤胃和血中氨的释放和传递速度，而不致引起氨中毒，其毒性低(LD<sub>50</sub>3.9 ± 0.67g/kg)，安全性高于尿素，无致畸变效应和致突变作用<sup>[6]</sup>。同时磷酸脲能增加反刍动物瘤胃中醋酸、丙酸的含量及脱氢酶的活性，促进反刍动物的生理代谢和对氮、磷、钙的吸收利用有良好影响，且适口性良好对牛羊的育肥增重，

提高泌乳量和乳质量以及增毛效果显著，对肉牛的饲喂实验结果表明平均日增重 1.32kg；对奶牛的饲喂实验结果表明日产奶量增加 2.8%；乳脂率提高 5.6%。所产肉，奶质量符合国家标准。

## 2.2 饲用草料青贮剂和氨化料添加剂

磷酸脲易溶于水，水溶液呈酸性，能使青贮饲料 pH 值很快达到 4.2~4.4，有效地保存饲料中的营养成分，特别是胡萝卜素的含量，且可增加青贮饲料的蛋白质含量，同时具有防腐杀菌保鲜作用。磷酸脲与氨化饲料配合使用能保证氨化饲料的安全性，使用时不需象一般氨化饲料需保存 1~2 周的熟化过程，水溶后直接喷洒在饲料上混合均匀即可使用。磷酸脲作为制备浓缩饲料和混合饲料的组分，与抗菌素、维生素和氨基酸混合使用会影响它们的性能。

## 2.3 高效复合肥料

磷酸脲中氮磷总养分达 63%，入土水解后，产生的酸性降低了土壤的 pH 值，特别适用于碱性土壤，可大大减少氨的挥发损失，故该产品是一种保氮能力很强的高效复合肥料。磷酸脲也可与硝氨、钙肥、钾肥、微量元素等混合组成含营养成分达 70% 的多元素复合肥。以磷酸脲为主体的液态肥料可与除草剂、杀虫剂一起喷施。

## 2.4 其他工上业用途

磷酸脲可作为新型阻燃剂——聚磷酸铵的中间体（其分解温度大于 200℃）；磷酸脲也可直接用作木材及其加工产品阻燃剂，与磷酸钙等混合或反应可制得耐火涂料；与三乙醇胺、磷酸氢二铵、氨基磺酸铵、烷基芳基磺酸钠混合制得耐火阻燃清洗剂，用于织物、木制品得清洗，使之表面形成一层阻燃薄膜；磷酸脲与聚乙

烯醇反应得到具有流动性的耐高温粘合剂，可用于制备特殊纸板；磷酸脲与碱金属碳酸盐、硅加工产品混合成为小颗粒粉末状流动体，是一种具有高效能的新型颗粒灭火药剂。此外，磷酸脲还可用作发酵营养剂，水处理剂等。

### 3 磷酸脲的生产工艺简介

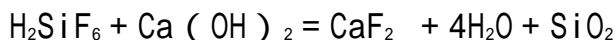
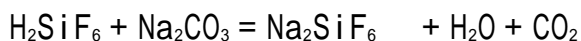
磷酸脲是一种无机精细化工产品，由等摩尔磷酸和尿素后应生成的络合物，反应为放热过程。合成工艺按其所用原料磷酸的不同，分为热法磷酸法和湿法磷酸法，按操作方式又分为间歇法和连续法随着工业生产水平的发展和为了制备高纯安全的饲料级磷酸脲，采用湿法磷酸法连续化、大规模生产方式是发展磷酸脲产品的方向。尤其世界各国极重视湿法磷酸法的净化研究。

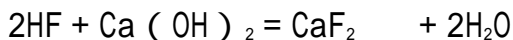
#### 3.1 热法磷酸合成磷酸脲

将工业热法磷酸(含量 85%)及农用尿素(含量 46%)计量后加入反应器中，常压下，75~85℃反应 10~30min 后，结晶，分离，干燥制得产品。其生产工艺流程如下：该工艺简单，反应时间短，生产过程无三废污染，所需设备少，产品收率可达 98% 以上且质量稳定，可直接得到饲料级磷酸脲，主要缺点是原料成本较高<sup>〔3〕</sup>。

#### 3.2 湿法磷酸合成磷酸脲

与前法相比，原料磷含量低，杂质含量高，生产工艺复杂；但生产成本低，是开发磷酸脲的发展方向。由于湿法磷酸含氟较高。一般以氟硅酸(主要形式)和氟化物形式存在，以钠盐和石灰乳除去，反应式如下：





湿法磷酸合成磷酸脲工艺流程如下:(图略)

湿法磷酸合成磷酸脲的方法根据其净化方式不同,在国外主要有:一段法、二段法、二次结晶法、浓缩结晶法等。

我国现主要有云南、贵州、内蒙古等省对其热法磷酸生产工艺开展研究,并已形成产品。如我省以丰富的水电资源的优势和磷资源开发此项目,对中小型化工企业和农牧业的发展将起到极大的推动作用。

### 对鸡有益的几种保健饲料

1. 柑橘皮 柑橘的皮、络、核中含有丰富的粗蛋白、粗脂肪、纤维及铁、锰、锌等多种微量元素。它不仅可作药,还是优质的保健饲料制作方法:将橘皮晒干,碾成粉末即可。喂法:以在鸡饲料中掺入2%~3%为宜。柑橘皮喂鸡能清凉解毒,防止鸡病发生,又可促进生长发育。

2. 鸡冠花 鸡冠花除观赏外,还是一种药用和家禽保健饲料,据测定,其籽实所含的蛋白质高达73%,并含有多种氨基酸花、茎、叶的蛋白质含量也很高经试验验证,用鸡冠花籽喂雏鸡,每天每只1~2克,不仅长得快而且防治白痢病。在鸡饲料中加5%的鸡冠花瓣或10%的茎叶,日增重可提高10%左右

3. 苍术 苍术含有挥发油,并且含有大量的容易被家禽吸收的胡萝卜素及维生素B<sub>1</sub>等,具有健胃、利尿、补充营养及镇静等作用。苍术中的胡萝卜素在家禽体中

只有一部分转化为维生素 A，其余大部分均可转化为蛋黄的颜色。它除能促进家禽生长、增强对疾病的抵抗力外，对角膜软化、夜盲症及骨软症等有较好的预防和治疗作用。如在鸡饲料中加 2% ~ 5% 的苍术干粉（苍术晾干粉碎成粉即可），并加入适当钙剂，对鸡传染性支气管炎、传染性喉气管炎、鸡痘、鸡传染性鼻炎及眼病等能起到良好的预防作用，并能提高增重和产蛋量。另外，饲料中添加适量的苍术还有一定的防霉效果

4. 艾粉 艾叶去掉绒毛，除去苦味，晒干粉碎成粉，是很好的家禽保健饲料它不仅含有蛋白质、脂肪等，还含有芳香油，维生素 A、B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、C 和各种必需氨基酸、矿物质、叶绿素等。艾粉能促进血液循环，增进代谢，促进生长繁殖，并能改善鸡肉的品质，提高饲料利用率，还具有抗病脱臭效果经过试验证明，在鸡饲料中添加 2% ~ 2.5% 艾粉，总增重可提高 10.49% ~ 22.69%，每增重 1 公斤少用精料 0.4 公斤，提高效益 12.5%。艾可在春、夏二季趁花未开、叶茂盛时采摘、晒干、粉碎备用即可。

5. 大蒜 大蒜含挥发油约 2%，油中主要有效成分大蒜辣素是一种植物抗菌素，它对化脓性球菌、大肠菌、结核杆菌、炭疽杆菌、霉菌、原虫等均有抑杀作用大蒜中的脂溶性挥发油等有效成分还有可激活巨噬细胞的功能，增强免疫力，从而增强机体的抵抗力，因此，用大蒜治雏鸡白痢、球虫病、副伤寒以及食欲不振等均有良好的效果。喂法：可将生大蒜去皮捣烂，拌料内服；也可制成大蒜粉，按成鸡饲料 0.1% 的量添加；还可制作大蒜酊密封备用，临用时加水稀释。

## 桔杆饲料化加工

将细茎的牧草、野草和其它植物，在结籽前收割全部茎叶，经日晒和烘烤，蒸发其大部分水分，干燥到能长期贮存的程度，即调制青干草。制好的青干草，营养完善，适口性好，蛋白质含量较高（可高达 20%），而且品质较完善；维生素含量较丰富，如胡萝卜素，每千克含 5—40 毫克；矿物质组成适当，含钙较丰富；各种营养物质配比较为均衡，有机物消化率可达 46%—70%。虽然纤维素比较多，但消化率比同类桔秆高，约为 70%-80%。目前，调制干草有自然干燥和人上干燥两种办法。

（一）自然干燥法，其过程分为两个阶段进行。第一阶段，由植物刈割开始到水分降到 38%-40% 为止，这一阶段的特点是，植物虽已割下，但细胞尚未死亡，呼吸作用继续进行。此时的化学变化是分解作用大于同化作用。只有当水分降到 38%-40% 以下时，细胞才死亡，呼吸作用停止。为此要减少此阶段的营养损失，则必须设法尽快使水分降至 40%，促使细胞及早死亡。这阶段养分的损失量一般为 5%-10%。第二阶段，由植物尽其用细胞死亡开始到晒干（水分含量在 14%-17% 左右）。这一阶段的特点是：植物体内的水分受细胞内酶的作用而被分解。同时，还要受是光的破坏和机械、操作的影响，造成养分的损失。损失的主要物质是可消化养分和维生素。损失量与植物种类有关。豆科牧草的损失量往往在于禾草，其原因是：豆科牧草叶柄细，茎中实，茎叶不

能同步干燥，而禾本科牧草茎为中空。干燥，且叶片附着牢固，不易脱落。自然干燥法调制干草的步骤是，选晴朗的天气、将刈割下的青草，铺成薄长条，在日光下暴晒，每隔 2-4 小时翻动一次，当水分降至 40%时，把草堆成松的小堆或在通风良好的荫棚下晾干，收贮备用。在青干草的调制过程中水分的测定至关重要。生产实践中常用感官法测定。其中，38%-40%水分的测定：取一束晒制草于手中，用力拧扭，此时草束虽能拧成绳，但不形成滴。14%-17%水分的测定：取一束干草贴近脸颊，不觉凉爽，也不觉湿热；或干草中在手中轻轻摇动，此时可听到清脆的沙沙声；揉卷摺迭不脆断，松开于后草不能很快自动松散，此时草的水分含量约为 14%—17%。若脸颊有凉感，抖动时听下到清脆的沙沙声，揉团后缺少弹性，松散慢，说明含水量在 17%以上，应继续降低水分。青干草的水分过高，不能贮存；水分过少营养物质损失大大，降低了青干草的品质。所以掌握水分的含量是制作青干草的关键。晒制好的青干草应尽可能地保持原料的色泽和完整，并力求最少地降低其营养物质的损失。

(二)人工干燥法 1、低温调制法 将青刈牧草置入 40 -50℃ 的小室内停留数小时，使青草干燥，或采用 15℃ 的热空气干燥青草 20--40 分钟，即可调制成青干草。2.高温调制法采用 500 --1000℃ 的热空气烘烤青草 6—10 秒钟，即可干燥完毕，调制成青干草。

半干青贮：近年来，欧美各国采用低水分青贮法，亦称半干青贮。半干青贮技术是调制青贮料的一种新方法，用此方法调制的青贮料，基本上保持了原饲料的营养成分，养分损失仅为 10%-15%。使原来难以青贮的