**III. 饲料营养技术**

1. **全混合日粮（TMR）生产技术**

**A. TMR调制技术**

**技术概述：**全混合日粮，又称TMR，英文称Total Mixed Ration，指根据不同生长发育及泌乳阶段奶牛的营养需求和饲养战略，按照营养专家计算提供的配方，用特制的TMR饲料搅拌机对日粮各组分进行科学的混合，供奶牛自由采食的日粮。全混合日粮（TMR）对维持奶牛健康和提高生产性能有明显效果。本技术重点阐述了TMR特制搅拌设备的选择、日粮配合要求、操作规程和质量控制等技术；同时阐述了裹包TMR生产与配送和人工全混合日粮。

**技术要点：**

1.TMR合理设计

TMR日粮类型：根据不同阶段牛群的营养需要，考虑TMR制作的方便可行，一般要求调制五种不同营养水平的TMR日粮，分别为：高产牛TMR、中产牛TMR、低产牛TMR、后备牛TMR和干奶牛TMR。

TMR日粮营养：TMR日粮跟精粗分饲营养需求一样，由配方师依据各阶段奶牛的营养需要，搭配合适的原料。通常产奶牛的TMR日粮营养应满足：日粮中产奶净能（NEL）应在6.7～7.3兆焦/千克（DM），粗蛋白质含量应在15％～18％，可降解蛋白应占总CP的60％～65％。

TMR日粮的原料：

（1）粗饲料

粗饲料不但给奶牛提供蛋白、脂肪、矿物质等营养物质，而且粗饲料中含有大量粗纤维，保证了奶牛的正常反刍和瘤胃的健康。

①全株玉米青贮：优质全株玉米青贮指标：乳熟期或蜡熟期收割，切割长度0.95～1.9厘米，含水量65%～70%，pH＜4.2，籽实比例40%～45%，淀粉含量＞28%，NDF45%～55%，中性洗涤纤维消化率（NDFD）47%～62%，产奶净能5.2～6.0兆焦/千克。

②苜蓿干草：优质苜蓿干草标准：成熟早期至中期刈割，叶量多，茎细或中等粗细，无霉变，颜色绿色，CP＞18%，ADF＜32%，NDF＜40%，RFV＞150%，中性洗涤纤维消化率(NDFD)45%～55%。

③羊草：品质良好羊草最佳刈割期为抽穗期，CP≥7%，NDF≤60%，ADF≤40%，中性洗涤纤维消化率(NDFD)40%～60%，产奶净能≥5.2兆焦/千克。

④燕麦干草：品质良好燕麦干草最佳刈割期为抽穗期，CP可以达到10%以上，NDF50%～63%，ADF25%～40%，中性洗涤纤维消化率(NDFD)40%～65%，产奶净能5.0～6.0兆焦/千克。

（2）精饲料

①谷实饲料：以玉米为主，还有小麦、大麦、高粱等。玉米是高能饲料、适口性好、易消化，脂肪含量高，不饱和脂肪酸较多，是最重要的能量饲料原料。加工方式有粉碎、干碾压、膨化、制粒和蒸汽压片。

②饼粕饲料：以豆粕、棉粕和菜籽粕为主，还有胡麻粕和葵花粕等。豆粕是最为重要，也是最好的植物性蛋白，氨基酸含量高，必需氨基酸组成比例好，尤其是赖氨酸含量最高，赖精氨酸比例恰当，缺点是蛋氨酸含量低。

③工业加工副产品：以酒糟类原料和DDGS为主。谷物酒糟是高蛋白原料，CP24%～26%（干物质基础），在日粮干物质总量中的比例可达20%～30%，酒糟类原料与高能量、低蛋白的牧草混合饲喂有较好的效果。

TMR原料除以上介绍的几种外，还可根据当地饲料资源条件，充分考虑奶牛营养需要和饲养成本的情况下使用其他饲料原料。

TMR日粮推荐比例：青贮40％～50％、精饲料20％、干草10％～20％、其它粗饲料10％。

2.TMR搅拌机的选择

（1）选择适宜的类型

目前，TMR搅拌机类型多样，功能各异。从搅拌方向区分，可分立式和卧式两种；从移动方式区分，分为自走式、牵引式和固定式三种。

立式和卧式搅拌车：立式搅拌车与卧式相比，草捆和长草无需另外加工；相同容积的情况下，所需动力相对较小；混合仓内无剩料等特点。

移动式：多用于新建场或适合TMR设备移动的已建牛场。

固定式：主要适用于①奶牛养殖小区；②小规模散养户集中区域；③原建奶牛场，牛舍和道路不适合TMR设备移动上料。

（2）选择适宜的容积

①容积计算的原则。选择合适尺寸的TMR混合机时，主要考虑：奶牛干物质采食量、分群方式、群体大小、日粮组成和容重等。以满足最大分群日粮需求，兼顾较小分群日粮供应。同时考虑将来规模发展。以及设备的耗用，包括节能性能、维修费用、以及使用寿命等因素。

②正确区分最大容积和有效混合容积。容积适宜的TMR搅拌机，既能完成饲料配置任务，又能减少动力消耗，节约成本。TMR混合机通常标有最大容积和有效混合容积，前者表示混合内最多可以容纳的饲料体积，后者表示达到最佳混合效果所能添加的饲料体积。有效混合容积约等于最大容积的70％～80％。

③测算TMR日粮的容重。测算TMR容重有经验法、实测法等。日粮容重跟日粮原料种类、水分含量有关。常年均衡使用青贮饲料的日粮，TMR日粮水分相对稳定到50％～60％比较理想，每立方米日粮的容重为275～320千克。讲究科学、准确则需要正确采样和规范测量，从而求得单位容积的容重。

④测算奶牛日粮干物质采食量。奶牛日粮干物质采食量，即DMI，一般采用如下公式推算DMI（干物质采食量）占体重的百分比 = 4.084 – (0.00387 x BW) + (0.0584 x FCM)。其中:BW = 奶牛体重(千克)，FCM（4％乳脂校正的日产量）= (0.4 x 产奶量千克) + (15 x乳脂千克)。非产奶牛DMI假定为占体重的2.5％。

⑤测算适宜容积。举例说明：牧场有产奶牛100头，后备75头，利用公式推算产奶牛DMI为25千克/头/天，后备牛DMI为6千克/头/天。则产奶牛最大干物质采食量为100\*25=2500千克，后备牛采食量最小为75\*6=450千克。如一天三次饲喂，则每次最大和最小混合量为：最大量2500/3＝830千克、最小重量450/3＝150千克。如果按TMR日粮的干物质含量50％～60％时，容重约为275千克/立方米来计算，则混合机的最大容量应该为830/0.6/275＝5.0 m3，最小容量应该为150/0.6/275＝0.9 m3；也就是说混合机有效混合容积选择范围为0.9～5.0 m3，最大容积为（混合容积为最大容积的70％）为1.2～7.1 m3。生产中一般应满足最大干物质采食量。

3.正确运转TMR搅拌设备

（1）建立合理的填料顺序

填料顺序应借鉴设备操作说明，参考基本原则，兼顾搅拌预期效果来建立合理的填料顺序。

①基本原则。先精后粗，先干后湿，先轻后重。适用情况：各精饲料原料分别加入，提前进行混合；干草等粗饲料原料提前已粉碎、切短；参考顺序：谷物-蛋白质饲料-矿物质饲料-干草（秸秆等）-青贮-其它。

②适当调整。当按照基本原则填料时，效果欠佳时；当精饲料已提前混合一次性加入时；当混合精料提前填入易沉积在底部难以搅拌时；当干草没有经过粉碎或切短直接填加时；填料顺序可适当调整：干草-精饲料-青贮-其它。

（2）设置适合的搅拌时间

 生产实践中，为节省时间提高效率，一般采用边填料边搅拌，等全部原料填完，再搅拌3-5分钟为宜。确保搅拌后日粮中大于3.5㎝长纤维粗饲料(干草)占全日粮的15～20％。

（3）操作注意事项

①TMR搅拌设备计量和运转时，应处于水平位置。②搅拌量最好不超过最大容量的80％。③一次上料完毕及时清除搅拌箱内的剩料。④加强日常维护和保养：初运转50—100小时进行例行保养，清扫传输过滤器，更换检查润滑油，更换减速机润滑油，注入新的齿轮润滑油；班前班后的保养，应定期清除润滑油系统部位积尘油污，在注入减速机润滑油时，要用擦布擦净润滑油的注入口，清除给油部位的脏物，油标显示给油量，油标尺显示全部到位；机械每工作200小时应检查轮胎气压；每工作400小时应检查轮胎螺母的紧固状态，检查减速机油标尺中的油高位置；每工作1500—2000小时应更换减速机的润滑油。

4.TMR裹包

（1）技术概述

对搅拌好的TMR日粮，第一步采用打捆或打包机进行压缩打包，第二步采用裹包机附上三层双向拉伸聚乙烯薄膜，TMR日粮的保存时间延长至15天。有效地满足了广大小规模养殖户对TMR日粮需求，解决了贮存易变质的难题。

（2）技术要点

①设备购置。如前所述，购置符合生产要求的TMR搅拌设备；购置相应生产能力的打捆或打包机、裹包机和双向拉伸聚乙烯薄膜。

②进行TMR日粮搅拌。

③对搅拌好的TMR日粮进行压缩打捆或打包。

④对打好的TMR日粮捆或包在外裹上三层双向拉伸聚乙烯薄膜。

⑤配送到各个养殖点，进行饲喂。贮存时间不宜超过15天，初次饲喂时应有7-10天的过渡期。

技术依托单位：

1.中国农业科学院北京畜牧兽医研究所

联系地址：北京市海淀区圆明园西路2号

邮政编码：100193

联 系 人：王加启

联系电话：010-62815833

2.全国畜牧总站

联系地址：北京市朝阳区麦子店街20号楼100125

联 系 人：陈 强

联系电话：010-59194606

电子邮箱：chenqiang888700@sina.com

3.北京盛世幸农科技发展中心

联系地址：北京朝阳区麦子店街农业部北办公区22号楼4层

邮政编码：100125

联 系 人：于文龙

联系电话：010-65008605，13683520273

电子邮箱：xingnongkj@126.com

4.黑龙江省双城市荣耀饲料生物技术开发有限公司

联系地址：黑龙江省.哈尔滨市双城市车站街变压器路28号

邮政编码：150100

联 系 人：付荣耀

联系电话：0451－53182888

5.宁夏农林科学院

联系地址：宁夏银川市金凤区黄河东路590号750002

联 系 人：罗晓瑜

联系电话：0951-5169997

电子邮箱：nxrntx@yahoo.com.cn

6.宁夏中卫综合试验站

联系地址：宁夏中卫市迎水桥镇755000

联 系 人：张文华

联系电话：0955-7686676

电子邮箱：nxxhxx@163.com

**B. TMR评价技术**

技术概况：本技术重点从TMR主要原料质量控制和制成TMR产品质量对TMR进行综合评估，并从TMR感官，含水量，饲料长度与搅拌均匀度，奶牛采食情况、反刍情况，生产性能，粪便评分，健康状况等方面综合评价TMR质量。

增产增效情况：通过使用TMR质量控制与综合评价技术体系，规模化牧场TMR质量明显提升，饲喂TMR后产奶量一般比饲喂前增加5%～10%，奶中乳脂率、乳蛋白率明显提升，牛奶质量明显改善，奶牛养殖效益可提高10%以上。

技术要点：主要评价指标基于原料质量控制、TMR日粮粒度、含水量、奶牛采食量、反刍、生产性能、粪便和健康状况的综合考量，全面评价TMR日粮的搅拌和使用效果。

1.TMR质量综合评价

（1）感官评价

制作良好的TMR精粗饲料混合均匀，精饲料均匀的附着在粗饲料表面，松散不分离，色泽均匀，新鲜不发热，无异味，不结块。

（2）含水量评价

TMR含水量应控制在45%～50%。测定TMR含水量经验做法是从TMR搅拌车里抓起一把料，用手用力捏成团，如果手里能捏出水，而且饲料成团状，不复原，说明水分含量大，一般超过60%以上；如果捏不出水，手松开后，饲料复原，成蓬松状，手上有轻微的潮湿感，说明水分合适，在50%左右。最科学的办法就是把湿的TMR料秤了重量后，放在微波炉或烘箱烘干，然后称重，就可以知道TMR饲料中所含水分多少了。在牧场中，要经常对TMR原料中的青贮、干草和酒糟类饲料做干物质测定，以保证TMR含水量的稳定。建议每两周检测一次TMR含水量，青贮饲料每周检测一次，啤酒糟最好每天检测一次。

2.TMR饲料长度和均匀度评价

（1）中国农业大学分级筛

①检测准备：将四层分级筛安装至工作状态，用灵敏度≤±1克的称量器具（称重范围<3000克），称取有代表性的奶牛TMR样品200～300克，散放在中国农业大学分级筛工作状态的上层筛上。

②使用方法：双手扶筛在操作平台上左右滑动，左右往复位移合计10次，为一个重复，每次移动距离大于20厘米/秒；把筛体旋转90°，再左右往复位移合计10次，每次重复都要旋转90°，要求作四个重复。称量各层筛子上面饲料的重量，与推荐值比较即可得出结果。

 **一个重复 　 二个重复 三个重复 四个重复**

图1 中国农业大学分级筛移动模式

③推荐比例：

表1 TMR分级筛后比例推荐表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 筛层 | 筛孔直径(毫米) | 筛后各层粗饲料比例推荐范围（%） | 各阶段牛群TMR筛后比例推荐范围（%） |
| 玉米青贮 |  干草  | 高产牛 | 干奶牛 | 后备牛 |
| 上层 | ≥19  | 5-10  | 10-20  | 10-15  | 45-50  | 50-55  |
| 中上 | 8.0-1.9  | 45-65  | 45-75  | 20-40  | 15-20  | 15-20  |
| 中下 | 1.2-8.0  | 30-40  | 20-30  | 25-45  | 20-25  | 20-25  |
| 下层 | <1.2  | <5  | <5  | 20-25  | 5-10  | 5-10  |

中国农业大学分级筛推荐的高产奶牛TMR上层的比例是10～15% （筛孔直径为19 毫米），如果超过15%，则意味着TMR混合不足，长度过大，需要继续进行混合。推荐的比例下层低于25%，如果超过25%，意味着日粮粉碎过细，日粮混合过度。

（2）宾州筛

①检测准备：将四层分级筛安装至工作状态，用灵敏度≤±1g的称量器具（称重范围<3000g），称取有代表性的奶牛全混合日粮样品200克，散放在宾州筛工作状态的上层筛上。

②使用方法：双手扶稳筛体向左右两侧平行移动，每平行移动5次为一组，然后将筛体顺时针旋转90°进行下一组，共8组。移动时要保证一定的频率和力度，移动完成后将各层筛体上的饲料称重，与推荐表对比即可得出结果。

图2 宾州筛移动模式

③推荐比例：

表2 宾州筛各种饲料的理论推荐比例

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 筛层 | 筛孔直径（毫米） | 玉米青贮%（干重） | 干草%（干重） | TMR%（鲜重） |
| 顶层中上层中下层底层 | ＞198.0-191.2-8.0＜1.2 | 3-845-6530-40＜5 | 10-2045-7520-30＜5 | ≤3-830-4030-40≤20 |

3.奶牛采食情况评价

可通过奶牛采食时的积极程度、实际的采食量测定以及饲槽中剩料的情况来对TMR的使用效果进行评估。成年泌乳奶牛每天采食干物质的重量占体重的3%～3.5%，干奶牛为2%，而高产奶牛的干物质采食量要比中、低产奶牛多40%。

表3 不同产奶量和不同阶段奶牛采食量范围

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 干物质采食量（千克/天） | TMR采食量\*（千克/天） |
| 泌乳牛（产奶量>30 千克/天） | 22-23 | 44-46 |
| 泌乳牛（产奶量20-30千克/天） | 19-22 | 38-44 |
| 泌乳牛（产奶量<20千克/天） | 18-19 | 36-38 |
| 干奶前期牛 | 13-14 | 26-28 |
| 干奶后期牛 | 10-11 | 20-22 |
| 育成牛（7月龄－配种前） | 7-11 | 14-22 |
| 青年牛（配种－产犊） | 12-13 | 24-26 |

注：TMR的干物质含量按照50％计算。

对于产奶牛，产后前7～10 天，干物质采食量下降幅度在30%以内；产后干物质采食量增加的速度，初产牛每周1.4～1.8 千克，经产牛2.3～2.8 千克；产后8～10 周达到最大干物质采食量。最大干物质采食量约为体重的4%。

TMR饲喂后，一天剩余的饲料量不超过总量的3%～5%。如果实际值远低于估测值，说明采食量偏低，日粮的适口性偏低或营养浓度过高；如果实际值远高于估测值，说明日粮的营养浓度偏低或饲料利用率偏低，可通过调整精料配方或粗饲料质量或精粗比来加以改进。

4.反刍情况评价

奶牛通常在采食后的0.5～1.0小时开始反刍，每天大约反刍6～8次，每次持续40～50分，每天反刍时间7小时左右。通常躺卧的奶牛中应该有50%以上在反刍。反刍时间和反刍次数可被用来判断TMR的精粗比和铡切长度是否合理。如果反刍奶牛的比例低于50%时，可能是因为TMR铡切过短，或者发生了瘤胃酸中毒；日粮中精料比例过高时，反刍次数减少，反刍时间缩短，每千克干物质的咀嚼时间不足30分钟。

5.生产性能评价

通过测定奶牛的各项生产性能，结合生产性能测定（DHI）报告，可以评价TMR的使用效果。

（1）产奶量：饲喂TMR后产奶量一般比饲喂前增加5%～10%。如果产奶量没有达到预计的目标，要对TMR的生产过程、TMR干物质含量进行检查。采食量不足，可能TMR水分含量过大，影响干物质采食量，或者是粗饲料铡切不合适，奶牛挑食。饲喂TMR后产奶量下降，说明奶牛对饲喂TMR不适应，瘤胃微生物区系需要一段时间适应变化的日粮，一旦奶牛适应后，产奶量会很快恢复。如果没有恢复，说明日粮的能量浓度或蛋白水平过低，或者能蛋比不平衡。

（2）乳脂率：日粮精粗比不合理会导致乳脂率降低。保持高产奶牛精粗比不超过60∶40，ADF 和NDF 含量不低于19%和29%。奶牛每天至少应采食其体重1.5%～2%的粗饲料，1%～1.5%精饲料，而且TMR 中总NDF 的65%～75%来源于粗饲料。对于高产奶牛需要将日粮中的粗饲料比例提高到40%以上，NDF含量提高到30%以上。

（3）乳蛋白：乳蛋白率降低可能因为日粮中可发酵碳水化合物量不足（NSC<35%），日粮中蛋白质缺乏或氨基酸不平衡或者干物质采食量不足。应该调整日粮组成，增加精料比例。

（4）生化指标：牛奶尿素氮含量在12～16 毫克/分升之间，应该每月检查一次；临产前尿液pH 在5.5～6.5 之间；临产前血液非酯化脂肪酸（NEFA）小于0.40毫克当量/升。

6.粪便状况评价

成年奶牛一天排粪12～18 次，排粪量为20～35 千克 / 天，通过对牛粪形态特征变化的评定可以发现奶牛日粮消化率及瘤胃发酵的改变，从而评定TMR配制的合理与否。

奶牛粪便评分标准：正常牛粪呈叠饼状，青草地放牧时呈稠粥状，饲喂过多的多汁饲料呈流体状；当日粮中精饲料比例过高或含有较多的糟渣类饲料，长干草和有效NDF不足时奶牛会排出稀粪；当摄入过多劣质粗饲料或饲喂过量干草而精料比例较低时则会排出过干的粪，厚度过大呈坚硬的粪球状。

表4 奶牛粪便评分标准

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **级别** | **形态描述** | **原 因** |
| **1** | 粪很干，呈粪球状，超过7.5厘米高 | TMR中干草比例过多，精料饲喂量小或日粮基本以低质粗饲料为主 |
| **2** | 粪干、厚度大于5～7.5厘米高，半成型的圆片状 | TMR中含有一定量的低质饲料，纤维含量高，精饲料量低或蛋白质缺乏 |
| **3** | 粪呈较细的扁状，中间有较小的凹陷，厚度在2～5.0厘米 | TMR日粮精粗比例合适 |
| **4** | 粪软，没有固定形状，能流动，厚度小于2.0厘米，没有固定形状，周围有散点 | TMR缺乏有效NDF，精饲料、青贮和多汁饲料喂量大 |
| **5** | 粪很稀，像豌豆汤，呈弧形下落 | TMR中含有过多的精饲料、青贮、淀粉和矿物质或缺乏长的干草和有效NDF |

7.健康状况评价

合理的TMR可以给奶牛提供充足而均衡的营养，使之保持良好的健康状况。日粮不合理通常会引起奶牛出现代谢性疾病。

（1）瘤胃酸中毒：奶牛瘤胃pH平均值为6.0，低于5.5时可出现瘤胃酸中毒，介于5.5～5.8时可能会出现亚临床瘤胃酸中毒。当TMR搅拌不均匀奶牛挑食或者精饲料比例过大，奶牛一次性采食大量富含碳水化合物的精料和多汁饲料，而又缺乏优质粗饲料或粗饲料只有青贮时，可以导致瘤胃酸中毒。

（2）酮病：奶牛在糖和生糖物不足及其代谢障碍时，体脂大量分解，脂肪酸氧化不全而产生过多酮体蓄积，导致酮病的发生。在干奶期尤其是在分娩前最后3 周内，蛋白质供给不足能增加酮病发生的机会。保证泌乳前期高产奶牛产奶的营养需要，改善粗饲料质量，按照奶量给予精料的同时，应提供优质粗饲料。

（3）真胃变位：TMR中精饲料喂量高、粗饲料铡切过短，缺少运动的饲养管理条件下的奶牛极易发生真胃变位。严格控制干奶期和产后TMR中精料量，根据奶牛采食情况逐渐添加精料量，保证优质粗饲料供应充足。

**适宜区域：**全国规模化奶牛场、养殖小区等。

**技术依托单位：**

1.中国农业大学 国家奶牛产业技术体系

联系地址：北京市海淀区圆明园西路2号

邮政编码：100193

联 系 人：李胜利，曹志军，杨敦启，都文，毕研亮

联系电话：010-62731254

电子邮箱：lishengli@cau.edu.cn

2.全国畜牧总站

联系地址：北京市朝阳区麦子店街20号楼

邮政编码：100125

联 系 人：陈 强

联系电话：010-59194606

电子邮箱：chenqiang888700@sina.com