[41] 汪志铮．变废为宝大力开发饲料来源．农村实用工程技术，1992（1）：8-9.
[42] 于新东．豆粕的用途及鉴别方法．养殖技术顾问，2014（5）：64.
[43] 高艳华，袁建国．玉米深加工副产品的开发利用．山东食品发酵，2010（2）：45-47.
[44] 王普，虞炳钧，陈铭．玉米皮渣直接固态发酵生产饲料蛋白的研究．饲料工业，1997（6）：27-29.
[45] 王拓一，张杰，吴耘江，等．马铃薯渣的综合利用研究．农产品加工（学刊），2008，142（7）：103-105.
[46] 杨希娟．马铃薯渣开发利用前景分析．粮食加工，2009，34（6）：68-70.
[47] K D Cunningham, M J Cecava. Nutrient digestion, nitrogen and amino acid flows in lactating cow fed soybean hulls in place of forage or concentrate. dairy Sci, 1993, 76 (11): 3523-3535.
[48] 李新生，周华水，田君．以豆皮粉制取混合氨基酸稀土饲料添加剂．粮食与饲料工业，1998（2）：29-30.
[49] 王继强，张波．大豆皮的营养价值及在畜牧业中的应用．饲料博览，2004（2）：24-25.
[50] 闫荣阶，王中华．非常规饲料资源的开发地位与途径．山东畜牧兽医，2000（6）：16-17.
[51] 郭福存，江南．DDGS 的营养价值及限制因素．中国家禽，2007，29（10）：43-44.
[52] 张召．玉米酒糟的营养及其在养猪日粮中的应用．湖北养猪，2013（1）：45-46.
[53] 张永发，刁其玉，闫贵龙．DDGS 在家畜中的应用现状及前景．国外畜牧学——猪与禽，2011，31（1）：1-2.
[54] 闫荣阶，王中华．非常规饲料资源的开发地位与途径．山东畜牧兽医，2000（6）：16-17.
[55] 刘刚．甘蔗饲料资源的开发利用．饲料研究，2000（12）：1.
[56] 王允圃，李积华，刘玉环，等．甘蔗渣综合利用技术的最新进展．中国农学通报，2010，26（16）：370-375.
[57] 聂艳丽，刘永国，李娅，等．甘蔗渣资源利用现状及开发前景．林业经济，2007（5）：61-63.
[58] 娄仁．开发利用甘蔗制糖副产品．饲料研究，1988（6）：26-29.
[59] 李改英，付彤，廉红霞．糖蜜在反刍动物生产及青贮饲料中的应用研究．中国畜牧兽医，2010，37（3）：32-34.
[60] 覃树华．尿素舔砖的营养、制作方法和使用方法．广西畜牧兽医，2000（6）：12-13.
[61] 赵亮亮，董宽虎，张端忠．添加不同水平糖蜜对燕麦青贮的影响．草原与草坪，2007（5）：49-53.
[62] 李改英，高腾云，傅彤，等．不同糖蜜添加量对紫花苜蓿青贮品质和发酵过程的影响．华中农业大学学报，2008，27（5）：625-628.
[63] 丁武蓉，干友民，郭旭刊．添加糖蜜对胡枝子青贮品质的影响．中国畜牧杂志，2008，44（1）：61-64.
[64] 李忠．饲料的贮藏．养殖技术顾问，2013（6）：76.
[65] 董庆爱．几种食品工业副产品的饲用价值及其利用．饲料工业，1992，6（6）：36-37.
[66] 熊刚初，邓秀新．台湾省食品工业发展的历程和意义．世界农业，2002（11）：18-20.
[67] 钮琰星，黄凤洪．油菜籽加工技术研究进展．中国油脂，2007，32（10）：7-10.
[68] 白福玉，郑华，蒋爱民．低值水产品及水产副产品的加工与综合利用．农产品加工（学刊），2007，4（4）：76-79.
[69] 张跃彬，高正卿．蔗糖副产物滤泥、糖蜜酒精废醪液的开发利用．中国糖料，2009（1）：63-67.

第十二章　东北区草产品加工

【学习目标】

- 了解东北区草产品生产的基础条件与主要饲草原料特性。
- 掌握东北区主要草产品生产技术。
- 掌握东北区主要草产品贮藏技术。
- 了解东北区草产品产业化发展策略。

东北区的饲草生产发展历史悠久。清末奉天官牧场（今辽宁省黑山县）就已经试种苜蓿，此后奉天省农业试验场、铁岭种马场都种过上百亩苜蓿，制干草饲喂牛、马等。新中国成立以后，东北区的人工草地建植迅速发展，逐渐成为我国重要的饲草生产基地之一，2015 年，东北区累计种草保留面积达到 189.24 万 hm^2，为草食畜牧业的发展奠定了物质基础。

第一节　东北区饲草生产特点

一、地理区域和地貌特点

东北区包括黑龙江、吉林、辽宁三省以及内蒙古自治区呼伦贝尔市、兴安盟、通辽市、赤峰市。东北部隔黑龙江、乌苏里江与俄罗斯相望，西北部与俄罗斯、蒙古交界，西南与内蒙古、河北相连，东南部隔鸭绿江与朝鲜为邻，南到渤海、黄海。境内含大兴安岭、小兴安岭、长白山以及三江平原、松嫩平原和辽河平原。

从地貌上看，西侧山地有大兴安岭，东侧有长白山山地，北部有北西走向的小兴安岭，这三列山地围成半圆形的“马蹄铁”状，在其内侧环抱着肥沃的东北平原。地形大体西北部、北部和东南部高，东北部和南部低。山地的岭脊海拔一般为 1 000～1 500 m，山地向平原过渡是丘陵漫岗。大兴安岭向南偏东为努鲁儿虎山，长白山山地向西为千山，使“马蹄铁”收口变窄，它们之间怀抱辽河平原。

二、自然气候条件

东北区地处北半球中纬度地带，欧亚大陆东缘，太平洋西岸。依据温度指标含有北温带、中温带、南温带，属温带湿润半湿润大陆季风气候。年太阳总辐射量为 4 200～5 200 MJ/m^2，自北向南、从东到西有增加的趋势。偏北的黑龙江部分地区太阳总辐射量最大月份出现在

6月，偏南的辽宁大部分地区出现在5月，中部吉林各地出现在5月或6月。

全年平均气温 -2～10.2℃，北部漠河为 -4℃，南部营口、大连地区为9～10℃，南北气候差异显著。大兴安岭北部≥0℃积温在 2 100℃以下，≥10℃积温为 1 400～1 700℃，积温少，且各年数值变化大，无霜期只有 100～110 d。中部地区年平均气温为 0～5℃，≥0℃积温为 2 700～3 500℃，≥10℃积温为 2 500～3 000℃，无霜期为 120～160 d。南部的辽东半岛≥0℃积温为 3 900℃左右，≥10℃积温为 3 500℃左右，无霜期为 170～180 d。

东北区地理位置距海洋较近，夏秋受太平洋季风影响强烈，降水较西北丰富，各地年降水量为 400～1 000 mm，吉林、辽宁东部个别地区降水量高于 1 000 mm。依据水分条件从东部山区到西部平原可分为湿润、半湿润和半干旱3个地区。

年降水量 500 mm 等值线在黑河—哈尔滨—阜新一线，贯穿南北。等值线以西年降水量少于 500 mm，以东年降水量多于 500 mm。年降水量较少的黑龙江省泰来县、吉林省白城市，均不足 400 mm。年降水量最多的中心地区是长白山东坡的天池和宽甸，分别为 1 333 mm 和 1 l37 mm。东北区全年降水量季节分配不均，冬季降水量只占全年的1%～5%，夏季占 60%～70%，秋季多于春季。

该区地带性土壤有大兴安岭北段寒温带的棕色针叶林土，长白山山地和小兴安岭温带的暗棕壤，辽宁半岛的棕壤，山地向平原过渡地带丘陵漫岗上的黑土（典型黑土和碳酸盐黑土）和黑钙土。隐域性土壤有松嫩平原、三江平原、辽河平原上的白浆土、草甸土、沼泽土、潮土等。东北区土壤有机质、腐殖质含量丰富，尤其是黑土、黑钙土、草甸土等有机质或腐殖质层深厚。

东北平原区地形平坦，景观开阔，地带性土壤为黑钙土和栗钙土。由于东北平原是个闭流区，有独特的现代积盐过程，周围百余条无尾河向中部平原漫散，这些河流的化学径流所积累的有害盐类成为地表盐碱成分的主要来源，再加上深层水压的影响，地下水有较高的矿化度，形成了土壤盐积化过程，使各类非地带性土壤（盐碱土）得以充分发育，形成大片的盐碱地。

三、主要饲草种类

（一）天然牧草

东北区的天然草地是欧亚草原带的一部分，牧草资源有如下特点。

1. 植物区系构成混杂

北部的大、小兴安岭主要为兴安植物区系；东部山地主要为长白植物区系；辽东半岛和辽西低山丘陵为长白、华北区系共存；西部主要为蒙古植物区系，并渗透到辽西北地区。该区草原植被特点不但反映了地区自然综合体的一般特性，同时也反映了该区自然综合体的特殊性。

2. 草原植被物种比较丰富

松嫩草原每平方米最多有30余种植物，草原植物有826种，其中高位芽植物53种，占6.42%；地上芽植物25种，占3.03%；地下芽植物217种，占26.27%；一年生植物199种，占24.09%，优良牧草百余种。该区草原植被与森林植被相连，因此草原群落中常见到

与森林共有的植物物种。草原群落中以中生植物、旱生植物占优势，达 80% 以上。

3. 群落结构、草场类型多样

由于土壤类型复杂，植物随着土壤的变化出现不同植物群落，形成了大大小小的各类复合体。由于水分变化，草原由东向西形成湿润草原、草甸和干草原等地带性植被。此外，还有一些非地带性隐域性植被类型，生长在特定的生态条件下，如草甸、沼泽植被及沙生植被、盐生植被、水生植被等。

东北区草原主要分布在西部平原、东部丘陵山区和中部平原河滩地、沼泽地、盐碱地。主要草原类型有：干草原类、草甸草原类、草甸类、沼泽类、山地灌丛类、山地丘陵草丛类等。

最北部的大、小兴安岭山地两侧无林地段牧草茂盛，山间还有大面积湿地。森林与农地接壤地段有大面积的森林草地，森林冬季阻滞了寒风的袭击，夏季减少了地表径流，为牧草的生长创造了良好的条件。大兴安岭东侧和东部的山地及沿海广大丘陵地区，由于海洋性气候的影响，雨水较多，气候湿润，多为黑钙土、淡黑钙土、腐殖层较薄，有明显的碱化层，自北向南草类共有种为拂子茅、草地早熟禾等。东部山区林下草原草质好、产量高，未开发面积大。

位于大兴安岭东侧、小兴安岭西侧的松嫩草原是温带草原的一部分，也是欧亚大陆草原带的东端。这里水热条件好、种类丰富，与我国温带草原相比，松嫩草原面积仅是全国温带草原面积的 1/40，而植物种类占 20.7%，约为 1/5，具有蒙古、华北、长白和兴安 4 个植物区系成分。松嫩平原海拔一般为 150～200 m，湿地沿河呈带状分布。平原西部风沙堆积，沙丘间积水形成水泡子或苇塘。

中部自长春、公主岭间向西经长岭至通榆一线，海拔 200 m 左右，松辽分水岭相对高度不过 50～100 m，经流水切割成波状起伏，分水岭以北为松嫩平原，分水岭以南的辽河平原，平均海拔为 50～200 m。东部的山地丘陵海拔为 300～1 000 m。丘陵地带草山、草坡区水热条件充沛，农作物秸秆资源丰富。

在三江平原地带主要为沼泽化草地，黑龙江、松花江汇流区也有大面积的沼泽草地。沼泽化草地以各类薹草、小叶樟为主，伴生有杂类草，覆盖度达 90%，亩产干草 300 kg。

东部山地地跨黑龙江、吉林、辽宁三省，以长白山为主体，包括张广才岭、老爷岭、完达山、哈达岭和辽宁半岛境内长白山脉的千山山脉。森林砍伐后即有灌木草丛覆盖，主要灌木植物有荆条、胡枝子等，草本植物有大油芒、野古草、草地早熟禾、白羊草、糙隐子草等。

4. 平原面积大，草产量高

东北区 8 月是草产量高峰，松嫩草原平均产量为 2 064.6 kg/hm^2，比全国重点牧区 11 个草原片区平均产草量高 29.8%，大大高于新疆、西藏、内蒙古、青海、甘肃的产草量。

（二）栽培牧草

苜蓿和羊草是目前东北区栽培范围最为广泛、规模化生产和商品化程度最高的代表性牧草种类。2014 年统计数据显示，东北区苜蓿种植面积为 351.8 万 hm^2，占全国总面积的 4.94%，产量 140.4 万 t；商品羊草产量 96.2 万 t，占当年全国流通羊草总量的 41.7%，其中

黑龙江省 71.3 万 t，吉林省 24.9 万 t。

东北区内不同区域因气候条件的差异，适宜栽培的牧草草种有所差异。分布在黑龙江西北部的大兴安岭山地，适宜栽培的禾本科牧草主要有羊草、披碱草、老芒麦等，豆科牧草主要有野豌豆、苜蓿、沙打旺、草木樨等。小兴安岭区位于中温带的北部，该区土壤肥沃，受日本海气流影响，雨量和湿润度都高于大兴安岭和松嫩平原地区，羊草、苜蓿、无芒雀麦、老芒麦等牧草适宜该区栽培。

东部山区包括黑龙江东南部、吉林和辽宁东部的广大山地，以长白山为主体，包括张广才岭、老爷岭、完达山、哈达岭和辽宁半岛境内长白山脉的千山山脉。土壤多为棕壤，约占 70%。属于温带暖湿气候，冬季多雪，对牧草越冬返青有利。该地区在以往的建立人工草地改良草山、草坡过程中，种植过苜蓿、胡枝子、无芒雀麦、沙打旺、披碱草、老芒麦等。境内的黑龙江适宜栽培的牧草有苜蓿、胡枝子、三叶草、无芒雀麦等，吉林境内适宜栽培的牧草有苜蓿、胡枝子、猫尾草等，辽宁境内适宜栽培的牧草有苜蓿、猫尾草、无芒雀麦等。

三江平原区主要为沼泽化草原，位于黑龙江、乌苏里江、松花江和完达山之间。适宜该区栽培的牧草有苜蓿、无芒雀麦、山野豌豆等。松嫩平原区松嫩草原的所在地，行政区域包括黑龙江省齐齐哈尔市、大庆市、绥化市和吉林省的白城地区、四平市的双辽市等。根据其气候、土壤特点，以及生产实践和研究结果，适宜该区栽培的牧草有羊草、苜蓿、沙打旺、披碱草、冰草、老芒麦等。其中，在轻碱地和改良退化草地以种植羊草为主；在土质肥沃、水肥条件好的地区种植苜蓿经济效益和生态效益最佳；在瘠薄沙岗种植沙打旺，既可获得较好的经济效益，又可防风固沙。松辽平原位于松花江辽河流域的平原部分，该区种草历史悠久，许多牧草都进行了引种试验和栽培技术的研究，适宜该区栽培的牧草有苜蓿、无芒雀麦等。

辽西低山丘陵区，属于冀北山地，从华北平原向蒙古高原过渡的由低山丘陵和山间盆地组成的区域。该区冬季积雪少，沙多风大，水土流失面积大，适宜该区栽培的牧草有沙打旺、羊草、苜蓿等。

1. 羊草

东北区羊草栽培历史较短，20 世纪 50 年代末 60 年代初在黑龙江大面积试种成功，目前东北区禾本科牧草栽培中以羊草人工种植面积最大，已成为本区主要栽培草种之一，先后培育了东北羊草、吉生 1 号羊草、吉生 2 号羊草、吉生 3 号羊草、吉生 4 号羊草等牧草新品种，在本区应用较广。

2. 苜蓿

苜蓿是该区重要栽培牧草之一。新中国成立后，原东北农业科学研究所与锦州、哈尔滨、佳木斯、克山等农业试验站联合进行了主要优良牧草区域试验，结果一致认为紫花苜蓿是东北地区最优良的牧草之一。20 世纪 50 年代在苏联“草田轮作制”的影响下，各国营农牧场曾大面积种植苜蓿，收到良好的效果。近年来，受产业拉动，苜蓿种植面积不断扩大，成为苜蓿主产区之一。培育出肇东苜蓿、公农 1 号苜蓿、公农 2 号苜蓿、公农 3 号苜蓿、公农 4 号苜蓿、公农 5 号苜蓿、龙牧 801 苜蓿、龙牧 803 苜蓿、龙牧 806 苜蓿等苜蓿品种，适于东北地区种植，具有较强的抗寒、抗旱和高产优质性能。

3. 沙打旺

沙打旺在本区已有 50 余年的栽培史。由于在沙质地沙打旺生长较其他牧草好，可在沙化的草地上种植或进行补播，保持水土能力很强，是山区优良的水土保持植物，又适于飞机播种。20 世纪 60 年代初期，一些科研部门开始试种，1996 年阜新县从山东大量引种，当年播种了 7 332 亩，获得了成功。以后就在阜新、朝阳地区很快推广，成为东北地区沙打旺种子生产基地。1970 年吉林省农业科学院从辽宁章古台引种试验，并从河北大名县引种，在通榆县边沼乡播种近千亩。20 世纪 70 年代中期，逐渐向北推移到黑龙江和内蒙古呼伦贝尔盟、兴安盟等。为了解决在北方沙打旺种子成熟困难的问题，辽宁省农业科学院土壤肥料研究所选育出了早熟沙打旺新品种。通过小区试验证明播后第二、第三年亩产干草 362.7～822.7 kg；在中部、东部水肥条件好的地方，生长繁茂，株高可达 140～170 cm，亩产干草 985～1 211 kg；在山坡地产量一般为 400～500 kg/ 亩。

4. 胡枝子

胡枝子是东部山区、半山区野生豆科灌木，人们很早就利用其嫩茎叶作为饲料，饲喂家畜。吉林省延边、通化以及辽宁省的丹东地区是胡枝子的主要产地。胡枝子生长繁茂，根系发达，延边州草原站飞播胡枝子获得成功，为大面积改良和恢复草山草坡植被、防止水土冲刷开辟了新途径。经过延吉、龙井、辉南、辽阳、岫岩和朝阳等 9 个试验点研究，胡枝子在东部山区具有广泛的适应性，可以育苗移栽，也可雨季直播。播种方法以带状条播和鱼鳞坑穴播效果较好，第二、第三年亩产干茎叶 450～575 kg。朝阳地区由于干旱，产量较低，亩产仅 130 kg。

5. 无芒雀麦

无芒雀麦喜肥、耐湿，在水肥条件较好的情况下生产潜力较大，在东北区的三江平原及东部雨量充沛和土地肥沃的山区栽培较多，松嫩平原和松辽平原也有栽培。吉林省农科院多年对无芒雀麦的栽培实践研究表明，在本区的北纬 41°～48°，均能良好的生长，对自然气候具有广泛的适应性；无芒雀麦对土壤的要求也不严格，在微酸性至微碱性（pH 6.5～7.5）的土壤均能正常生长；与苜蓿混播建植草地是理想的混播组合。

6. 冰草

冰草是长寿禾草，但产量较低，在该区降水量为 300～400 mm 地区生长良好。松嫩沙地、扶余沙地、舍力沙地、杜蒙沙地、泰来沙地、齐齐哈尔沙地均有大量的野生群落分布。

冰草生长 2～3 年后即可形成良好的草层，适于退化草地补播，具有固沙作用。适宜栽培的冰草品种有杜尔伯特扁穗冰草、龙牧 11 号扁穗冰草等。杜尔伯特扁穗冰草在黑江县杏山乡试验点播种 3 年，平均每亩干草达 262 kg。在泰康县红旗马场实验点，平均干草亩产量达 273 kg。

7. 碱茅

碱茅在东北地区有 6 种，其中以小花碱茅和朝鲜碱茅分布较广，数量较大，是草食家畜喜食的优良牧草，仅次于松嫩草原上的羊草，在合理轮牧和保持适宜载畜量的前提下，是较理想的天然或人工畜牧地。2～5 年生的碱茅草地，宜作刈割草地利用，需要放牧时，应在 6 年生以后开始放牧利用。育成的碱茅品种有白城小花碱茅、白城朝鲜碱茅、吉农朝

鲜碱茅、“吉农 2 号”朝鲜碱茅等。

（三）饲料作物及副产物

1. 饲料作物

青贮玉米、饲用高粱等在东北区具有长期的引种栽培历史，尤其是青贮玉米的种植面积呈现逐年增加的趋势。近年来，燕麦作为饲料作物也在东北区尝试种植，在苜蓿地轮作以及与饲用玉米两茬栽培方面取得了良好的应用效果。

2015 年以来，在国家“粮改饲”“镰刀弯”地区种植结构调整以及大力发展草牧业等政策的支持和引导下，东北区的饲料作物栽培面积不断增长。在农业部“镰刀弯”地区粮食玉米种植结构调整指导意见中指出，黑龙江和吉林等冷凉地区，要结合区内畜牧业发展的要求，大力发展青贮玉米等牧草生产，满足畜牧业发展对优质饲料的需求；在黑龙江、吉林、辽宁等地的农牧交错区，要结合畜牧业发展需求以发展青贮玉米和粮豆轮作、花生、杂粮生产为主的生产模式。由此可以预见，青贮玉米等饲料作物将在东北区获得进一步的快速发展。目前，青贮玉米生产中以青贮专用品种、兼用品种为主流，通过栽培试验筛选出了一批适合于东北区气候特点的青贮玉米品种（品系），主要包括中原单 32 号、龙青 1 号、吉单 4011、郑单 958、华农 1 号、阳光 1 号、高油 106、铁吉 11、高油 4515、科多 4 号、龙幅单 208、吉饲 9 号、东青 1 号、先玉 335 等。

2. 农业副产物

东北牧草栽培区是我国重要的商品粮生产基地，种植制度主要为一年一熟，仅辽东半岛为两年三熟。主要栽培作物以玉米种植面积最大，2015 年黑龙江、吉林、辽宁玉米播种面积分别为 582 万 hm^2、380 万 hm^2、242 万 hm^2，产量为 7 753 万 t，按照玉米籽实与秸秆比例 1 ∶ 1.2 估算，秸秆产量约 9 304 万 t。大豆种植面积次之，但较以往面积有减少趋势，其秸秆和豆类可用于喂羊。水稻近几年种植面积在不断增长，马铃薯种植面积也在增长（表 12-1）。

表 12-1　东北区主要农作物的种植面积与产量

作物种类	播种面积 / 万 hm^2			产量 / 万 t		
	辽宁	吉林	黑龙江	辽宁	吉林	黑龙江
玉米	241.68	380.00	582.11	1 403.50	2 805.73	3 544.14
小麦	0.56	0.03	7.11	2.68	0.10	21.78
稻谷	54.49	76.17	314.78	467.70	630.10	2 199.68
豆类	11.45	28.46	247.61	27.20	48.64	437.23
马铃薯 *	6.09	6.68	24.04	40.10	55.70	106.60

注：引自中国统计年鉴（2015，2016）。

本区不但有粮食及粮、油、糖的加工副产品，为养殖业提供了饲料来源，而且还有多条江河、湖泊等 330 余万 hm^2 的水面，可提供大量的水生饲料，其东南有 2 100 km 的海岸线可产大量的蛋白质饲料。

第二节 东北区草产品加工贮藏适用技术

一、干草加工贮藏技术

目前，东北区的干草产品以羊草和苜蓿干草为主，燕麦干草的生产呈增加趋势，其中本区域生产的羊草干草是全国商品羊草的主要来源之一。干草产品类型多以小型方捆为主，少见大型方捆和圆捆。在生产技术方面，根据东北区气候特点，普遍采用地面自然晾晒干燥法，具有成本低、效益高等优点，也便于开展机械化作业；贮藏方式以打捆后堆垛贮藏为主，散干草贮藏多为农牧民小规模生产时采用。

（一）东北区常规干草加工技术

以苜蓿和羊草规模化生产为例，东北区常规干草加工工艺流程见图 12-1。其中，集草作业通常根据产草量的高低进行，一般羊草需进行集草作业；二次打捆多用于商品干草生产，提高运输的效率。



图 12-1 东北区干草加工的常规工艺流程

1. 收获技术

根据收获原则，在牧草生长到适宜收获期实施刈割，时期的掌握可根据牧草生长的质量、产量曲线确定，也可以根据具体的草产品生产目标确定。通常，羊草的适宜收获期可选择在抽穗期至开花期，苜蓿适宜在现蕾到初花期刈割。东北区冬季气候寒冷，苜蓿、羊草等多年生牧草每年最后一茬收获时间还应考虑越冬的要求。

收获时，除考虑干草质量和产量外，刈割留茬高度还需不影响后茬生长，同时避免土壤混入。苜蓿收获留茬高度以 6 cm 左右为宜，羊草以 4～6 cm 为宜，土地不平整时可适当提高留茬高度。

收获时根据饲草特点选择适宜的收获机械，苜蓿等茎秆不易干燥的饲草需采用带有压扁功能的收获机械。对于面积较大的收获情况，应适当提前开始收获的时间，以确保大部分的牧草能够在适宜收获期收获。此外，收获前需留意天气情况，确保 3 d 以上的晴朗天气。

2. 翻晒与集草

苜蓿生产时，为了促进植株干燥均匀，可进行 1～2 次翻晒，翻晒和集草作业应在苜蓿含水量降至 40%～50% 之前完成，避免干燥的叶片因机械作业大量损失。羊草可在刈割后翻晒一次，在羊草水分降至 35%～40% 时，将半干的羊草集成草垄或草堆，堆高 2.0～2.5 m，直径 3.0 m，保持草堆通风。

3. 打捆

在晴朗的天气下晾晒 2～3 d，饲草含水量降低到 15%～18% 时，即可进行打捆作业。对于叶片易损失的苜蓿，可在早晚露气不重但略有回潮的情况下实施打捆作业，以减少叶

片损失引起的营养物质流失。打捆机可根据生产的干草类型选择大型草捆打捆机（大型圆捆多见）和小型打捆机（小型方捆多见），需留意使用大型草捆打捆机时，因生产的草捆密度大，不利于存放过程中的水分进一步散失，因而打捆时水分应比小草捆水分更低一些，以确保安全贮藏。在打捆过程中，应该特别注意防止将田间的土块、杂草和腐草打进草捆。

此外，近年来在国内干草实际生产过程中，已经开始出现使用防霉剂产品的情况，可根据需要在干草打捆过程中添加防霉剂。东北区使用防霉剂有利于实现应对天气突变等不良条件下的提前打捆。对于苜蓿干草，可适当提高打捆水分，降低叶片损失，保存牧草营养价值。此外，考虑商品干草的长期贮藏，可以通过添加防霉剂提高保存过程中的安全性，延长保存时间。

4. 二次压缩打捆

为了提高商品草的流通效率，降低运输成本，对于打捆密度较低的羊草、苜蓿小型干草草捆，可在仓库里或贮草坪上贮存 20～30 d 后，当其含水量降到 12%～14% 时进行二次压缩打捆，两捆压缩为一捆，其密度可达 350 kg/m^3 左右。高密度打捆后，体积减小了一半，更便于贮存和降低运输成本。

（二）冻干草加工技术

东北高寒地区，可以利用秋末冬初的低温干燥天气进行冻干草的调制。霜冻后，饲草停止生长，经过 1～2 周后，实施刈割和干草调制。一年生饲草可通过调节播种期，使之在生长季结束时达到适宜生育期。以燕麦为例，可通过轮作、套作等栽培措施调节燕麦的播种期，使燕麦在生长季结束时恰好处于抽穗至开花期，从而实现于霜冻后进行收获。多年生牧草霜冻前已进入越冬状态下的休眠期，此时刈割地上部对越冬性和生长寿命没有影响。霜冻后的饲草，茎秆变得脆硬，更易于刈割。刈割后的草垄铺于地面，不需翻转，可直接在地面上冻干脱水，待牧草含水量降至 17% 以下，即可打捆收获，地面冻干的时间需要 1 周左右。

在东北高寒区调制冻干草具有诸多优点。首先，调制冻干草可以避开夏季高温、高湿季节，缓解雨季调制干草的困难，减少饲草营养物质的损失。其次，冻干草可以保持饲草本身的绿色色泽，叶片和花序损失很少，调制的干草品质好，营养价值高，适口性强。对比冻干草与常规干草的营养成分发现，相同的燕麦品种同时期刈割后，冻干草与常规干草的主要营养成分基本一致，但冻干草的胡萝卜素含量比常规干草提高 1 倍多，表明冻干脱水调制干草，不仅对营养成分无影响，而且有助于胡萝卜素的保存。再次，冻干草的调制简单易行，劳动力需求低，而且由于调制时期已经处于霜冻来临之际，避开了田间生产管理工作繁重的季节，有助于缓解劳动力不足的问题。

（三）干草贮藏技术

东北区的干草贮藏大体可分为露天贮藏和草棚（草库）贮藏两种。

1. 露天贮藏

露天贮藏通常为农牧民或小规模饲养者所采用，也多见于大规模饲草生产或贸易过程

中的短期贮藏或转运贮藏。东北区进入秋冬季节以后，天气干燥、寒冷，有利于干草的贮藏，管理得当，露天贮藏可以获得良好的贮藏效果。鉴于目前东北区干草生产以干草捆为主，着重介绍干草捆的露天贮藏技术。

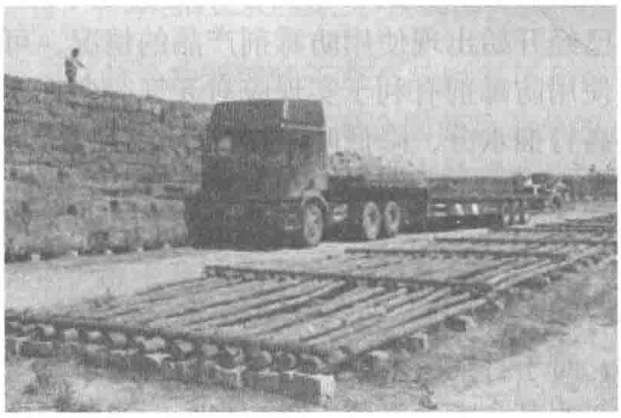


图 12-2 干草草垛的垛基

（1）垛基的建设。为了防止土壤污染、回潮以及雨水浸润等因素对干草质量的影响，干草捆应避免直接接触地面，需要在堆垛前建设适宜的垛基。应选择在地势较高的地段建设垛基，避免雨水和积雪汇集对草垛基部的影响。地面应相对坚实，避免堆垛后造成地面大幅沉降。垛基可因地制宜采用砖石、木料等建设，保持跺基表明平整并具有一定的强度，垛基高度不低于 25 cm（图 12-2）。垛基周围设置适宜深度与开阔度的排水沟，及时排除堆垛区域的雨水、冰雪融水。

（2）堆垛。草垛大小一般为宽 5～5.5 m，长 20 m，高 18～20 层干草捆。底层草捆应和干草捆的宽面相互挤紧，窄面向上，整齐铺平，不留通风道或任何空隙。其余各层堆平（窄面在侧，宽面在上下）。为了使草捆位置稳固，上层草捆之间的接缝应和下层草捆之间的接缝错开。从第 2 层草捆开始，可在每层中设置 25～30 cm 宽的通风道（图 12-3），在双数层开纵向通风道，在单数层开横向通风道，通风道的数目可根据草捆的水分含量确定。干草一直堆到 8 层草捆高，第 9 层为“遮檐层”，此层的边缘突出于 8 层之外，作为遮檐，第 10、第 11、第 12 层以后成阶梯状堆置，每一层的干草纵面比下一层缩进 2/3 或 1/3 捆长，这样可堆成带檐的双斜面垛顶。垛顶采用防雨、防晒苫布等进行覆盖，避免雨淋和阳光暴晒对干草质量的影响（图 12-4）。

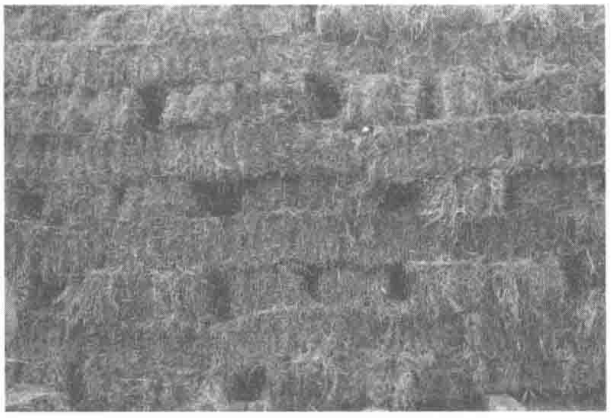


图 12-3 干草草垛的通风孔



图 12-4 干草草垛的露天存放

（3）管理。要对干草垛时常观察、管理。对于刚刚收获的干草，堆垛后需仔细监测水分进一步散失的情况和草垛内的温度变化，一旦发生温度积累上升的情况，需及时进行处理。秋季收获的干草可以利用外界气温条件，合理开启覆盖苫布，促进通风实现加快干燥和散热。必要时散垛释放温度和水分后再重新堆垛。及时查看覆盖物的完好情况，避免老化和破损对干草品质造成影响。冬季应根据积雪程度，清理垛顶，尽量避免结冰造成的苫

布损坏等。

2. 草棚（草库）贮藏

东北区干草贮藏设施主要包括干草棚和草库，其中草棚通常四周没有墙体，以支柱和顶棚构成，建设条件良好的草棚具有较高的举架，地面硬化，能够抵御风雪的影响（图 12-5）。贮藏时，草棚内草捆应堆垛整齐，需进行通风散水的干草也应在堆垛过程中设计通风道。草棚内堆垛草捆时，应合理设计通行道路，以便对干草进行管理。贮藏期间的管理应严禁烟火，避免意外发生，在设计草棚、草库和草垛堆垛过程中还应充分考虑防火要求。此外，东北区冬季积雪现象较为普遍，需及时清理草棚顶部积雪，防止造成草棚坍塌。

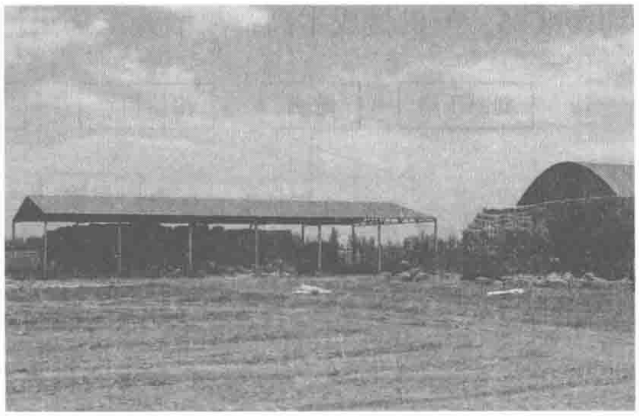


图 12-5　干草草棚

二、青贮加工贮藏技术

目前，东北区青贮工艺以青贮窖（壕）、拉伸膜裹包工艺为主，青贮原料主要包括饲用玉米、苜蓿、羊草、一年生牧草等。

（一）羊草青贮技术

羊草是东北区常见的饲草原料，从不同生育期的营养成分变化来看，总的趋势是粗蛋白质、粗灰分的含量在抽穗前期较高，开花期开始下降，成熟期最低；而粗纤维的含量，从抽穗至成熟期逐渐增加。从产草量上看，一般产量高峰出现在抽穗期至开花期。根据多年生禾本科牧草的营养动态，同时兼顾产量、再生性以及下一年的生产力等因素，羊草调制青贮时适宜在抽穗至开花期收获，秋季应在停止生长前 30 d 刈割。

东北区羊草适时收获时通常水分含量不高，不需晾晒即适宜进行青贮调制，典型草原地区的羊草往往含水量更低，刈割后应尽快入窖，避免水分散失对青贮调制造成不利影响。

由于羊草植株水分含量不高，整株青贮不易压实，为了提高压实效果，羊草宜切碎后青贮。根据机械配套情况，切碎可以在田间进行，也可以将整株的羊草原料运回青贮设施处进行切碎处理。青贮设施多采用青贮窖，可采用砖石结构的地下或半地下式永久窖，在地下水位较低的草原牧区，也可采用地下式的简易青贮窖进行羊草青贮调制。调制过程须严格遵循青贮技术规程，保证压实和密封质量，避免霉烂变质。

此外，由于羊草青贮属性并不理想，为了提高青贮品质，在调制青贮时宜采用化学或生物添加剂以提高青贮品质，添加剂选择以促进乳酸菌发酵、抑制不良微生物发酵为宜。

（二）苜蓿青贮技术

东北区的苜蓿青贮主要用于解决雨季苜蓿调制干草收获困难的难题，并有利于为家畜终年均衡提供多汁饲料。目前，生产中主要采用窖贮和拉伸膜裹包青贮形式，窖贮形式因本地区设施条件基础好、机械投资低，在养殖生产中广泛采用，调制拉伸膜裹包青贮则多

以商品销售为目的。

1. 工艺流程

由于苜蓿晾晒后，从田间转运回青贮设施所采用的手段差别，具体采取的工艺流程有所差异（图 12-6 和图 12-7）。大规模生产采取捡拾切碎机时，生产效率高，水分控制相对均衡准确，但机械成本高；采取人工采集运送回场地的方式，效率低，劳动强度大。

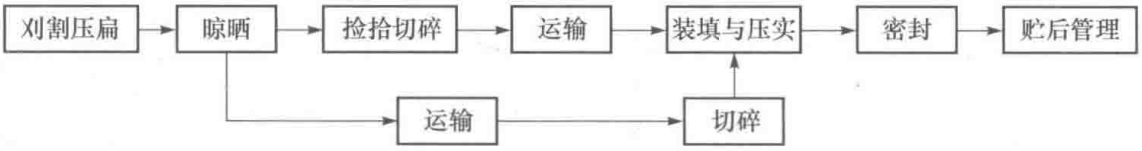


图 12-6 东北区苜蓿窖贮常规工艺流程

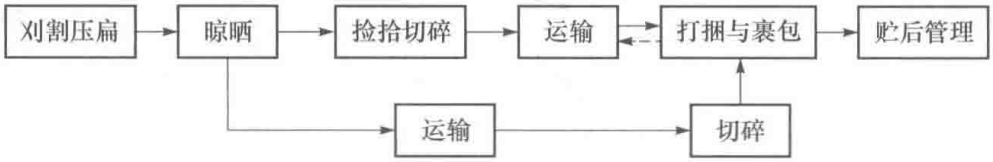


图 12-7 东北区苜蓿裹包青贮常规工艺流程

2. 技术要点



图 12-8 苜蓿捡拾切碎机

（1）收获技术。苜蓿青贮适宜刈割期为现蕾到初花期，不宜过早或过迟，对于东北区最后一茬草的收获，应充分考虑苜蓿越冬的需要。采用刈割压扁机刈割，田间晾晒或运输至场地晾晒（分段作业时），调节水分至 50%～60%，有条件可实施翻晒。

（2）捡拾切碎或切碎。对达到目标含水量的苜蓿，采用捡拾切碎机（图 12-8）进行苜蓿捡拾、切碎至 2 cm 左右。对于田间晾晒后整株运输，或直接刈割后运输至场地晾晒，在青贮设施附近开展切碎处理。作业过程尽量减少土壤混入。

（3）青贮窖装填、压实与密封。按照前文所述的窖贮技术严格执行调制作业。

（4）打捆、裹包。该技术环节也可分为田间作业和场地作业两种。需要特别注意的是，如果苜蓿含水量较低，原料较为粗糙，需适当提高裹包层数以保证安全贮藏。此外，目前生产中存在能够同时完成捡拾切碎、打捆、裹包作业的作业机械（图 12-9），切碎长度较长但也能保证高密度打捆，可在实际生产中根据机械性能调整作业参数。

（5）添加剂或混合原料的采用。由于苜蓿难于稳定贮藏，且不易调制出高品质的青贮饲料，目前东北区的苜蓿青贮时普遍采用添加剂或混合青贮方式，以确保调制成功。添加剂和混合原料应选择能够改善乳酸发酵的类型，按照添加工艺严格执行。

（三）饲用玉米青贮技术

饲用玉米青贮饲料是东北区主要的青贮饲料种类。目前生产中主要采用窖贮工艺调制



图 12-9　苜蓿草捆青贮一体机

引自 http://www.claasofamerica.com

青贮饲料，近年来也出现了利用切碎裹包青贮工艺进行全株玉米青贮饲料生产的案例。鉴于前文对饲用玉米青贮工艺已有诸多介绍，工艺技术在此不再赘述。生产中需留意东北区生长期较短，在选择饲用玉米品种时应充分考虑收获时的成熟期，青贮调制也应考虑霜期对原料属性的影响，以确保青贮品质。

（四）秸秆微贮技术

秸秆是东北区重要的农作物副产物饲料资源。其加工可采用物理粉碎、膨化、化学处理、微生物发酵、酶处理等多种技术手段。目前，针对东北区玉米、水稻等粮食作物秸秆产量比较大的特点，微贮技术在生产中较为多见，应用范围广、效果好。

1. 工艺流程

秸秆微贮与青贮的工艺流程相似（图 12-10），原理也以依赖优良微生物（尤其是乳酸菌）发酵为核心，首要的差别在于原料属性差异所带来发酵调控技术差异。秸秆因采收于作物成熟后，植株往往老化，水分条件和附着微生物数量难以达到直接调制的需要，且纤维化程度高，可供微生物利用的可溶性碳水化合物类底物含量较低。因此，使用秸秆原料调制微贮饲料时，需要对水分进行调节，同时补充有益微生物。

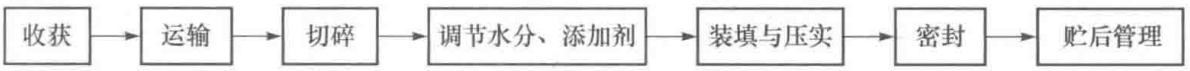


图 12-10　东北区秸秆窖式微贮工艺流程

2. 技术要点

（1）原料的选择与处理。秸秆原料应在籽实收获后，立即抢收秸秆，尽可能使秸秆仍保持较高营养价值。以东北区生产量最大的玉米秸秆为例，应在蜡熟末期及时采摘果穗，抢收茎秆原料，此时玉米秸下部只有少数叶片变黄，一些粮饲兼用品种在籽粒成熟后，茎秆和叶片大部分仍保持绿色，具有较高的含水量和营养价值，尤其适合进行微贮。当秸秆下部枯黄较为严重时，为了提高饲料价值，可选择性使用秸秆的上半部作为微贮原料。秸秆收获时，还应尽量保持秸秆清洁，避免泥沙和霉变的秸秆作为微贮原料。

秸秆收获方式可根据生产条件采用人工收获或机械收获方式。针对目前联合收获采收

籽实较为普遍的条件下，使用捡拾打捆机进行秸秆收获的方式正逐渐在东北区推广应用，但捡拾过程中应留意减少泥土的混入。

（2）切碎或揉搓。为了使秸秆能够在微贮过程中充分压实，同时便于水分浸润、微生物发酵，以及便于动物采食，需要对秸秆进行物理加工。目前，生产中以切碎为主，对于粗硬秸秆可采取揉搓，达到破裂茎秆的目的。切碎长度应根据秸秆属性、家畜饲喂要求制定，一般玉米秸秆以 1 cm 左右为宜，稻秸等质地相对柔软的秸秆可适当增长。

（3）调节水分和添加添加剂。籽实收获后，农作物秸秆的含水量往往过低，不易压实和发酵。因而，秸秆一般需要喷洒少量水以提高其含水量，含水量以达到 60% 左右为宜。此外，也可以将它们与水分含量较高的鲜刈原料、农副产品混合填装，达到调节水分和营养价值的目的。

添加剂通常在水分调节过程与补充喷洒的水同时加入秸秆原料中，可在秸秆粉碎处理过程或装填前与水分一起均匀添加。添加剂宜选用具有促进乳酸发酵功能的微生物菌剂，也可辅助添加纤维降解酶类的添加剂，以达到增加发酵底物，降解秸秆纤维，提高消化率的目的。

（4）装填与压实。与青贮调制相似，装填过程与压实过程交替进行。由于秸秆不易压实，因此需要格外重视压实质量，充分保证压实效果和装填密度，以确保微贮发酵效果。

（5）密封。可参照青贮窖调制技术密封。

（五）贮藏管理技术

鉴于青贮、微贮等发酵饲料在贮藏设施方面几乎无差异，因此，在此将东北区青贮、微贮饲料的贮藏管理技术一并加以阐述。青贮饲料品质的好坏，除了与青贮原料、青贮技术有关外，还与管理措施密切相关。青贮过程中营养价值的损失可以通过良好的管理措施而降到最低。

1. 窖式发酵饲料的贮藏管理

由于利用青贮窖贮藏发酵饲料往往贮量较大，在短时间内不可能饲喂完，因此一定要注意开封之前和开封之后妥善管理，以免造成浪费和不必要的损失。

（1）观察发酵饲料沉降情况，防止漏气。饲料原料装填入窖、密封后，经过 5～6 d 就进入乳酸发酵阶段，窖内原料因自重、发酵软化等因素，体积减小或收缩，窖内原料会发生沉降。随着原料沉降，有可能造成密封膜的镇压物悬空，采取覆土工艺的青贮窖顶出现裂缝，导致空气进入窖内。因此，从密封后的第 3 天开始就应该每天检查一次窖顶的变化情况，及时发现沉降过程中出现的问题，增加镇压物或进行补土，直至沉降过程结束。

（2）尽量避免密封膜破损。完成青贮窖密封后，除必要的管理措施外，尽量不对密封膜进行机械性操作，避免造成密封膜破损，破坏密封环境。防止老鼠对密封膜造成的损坏，应采取安全有效的措施防治鼠害，尽量采用物理措施防鼠，必须使用鼠药时，一定要注意安全，并记录鼠药投放地点，切忌混入饲料中或被家畜误食。密封膜一旦发生破损需立即采取修补措施，减少饲料的损失。

（3）采取防雨、防雪措施，防止进水。青贮窖在进行最后的封盖时，要考虑到窖顶的防水问题，窖顶最好要光滑，有一定的坡度，确保出水流畅，窖的周围应该有排水沟，将

雨水、冰雪融水及时排出，防止流入窖内。

（4）开封后的贮藏管理。青贮窖开封大多从一侧开启，尽量保留较小的截面暴露在空气中。开封前，应清除密封时镇压的覆盖物，以防止杂物混入青贮饲料中引起变质。大型青贮窖需根据用量逐渐撤去镇压物和密封膜，切忌过度打开密封膜，尽量确保发酵饲料处于较好的厌氧条件下。

取用过程尽量保持取料面的平整，避免造成物料松散和氧气侵入，引发品质下降和霉变。每次取用后应尽量采取密封措施，减少氧气对饲料品质的影响。此外，青贮窖开封后应连续利用，以减少贮藏损失，必须暂停使用时，应及时采取密封措施，并在窖口采取添加剂处理等，以减少贮藏的风险，并在条件恢复后尽快取用，冬季还应做适当的保温措施。

此外，东北地区冬季寒冷，不利于开封后不良微生物的活动，但夏季微生物活跃，饲料品质下降较快，因此，应时时保持良好的贮藏管理习惯，确保良好的饲料品质。

2. 草捆裹包发酵饲料的贮藏

东北区裹包饲料较为的理想贮藏地点，可放置在硬化的平台地面上，上建顶棚减少雨雪和阳光的影响。露天放置时，应选在地势较高、平坦的区域，清除地面杂物，避免雨水浸入以及因地面条件不好造成的草捆变形、拉伸膜破损等。贮藏过程中定时检查拉伸膜的破损和老化情况，同时尽量减少贮藏过程中的搬运操作，以防机械措施造成拉伸膜破损。同时，防止鼠、鸟对拉伸膜的损害。一旦发生拉伸膜破损应及时修补，有条件的情况下，应尽快饲喂。

草捆发酵饲料由于开封后立即饲喂，一般可避免有氧腐败等问题，但是，也应在饲养中合理掌握用量，开封后尽快饲喂，避免过度开封造成饲料的损失。此外，冬季取饲时，可把即将饲喂的饲料预先置于畜舍内，降低饲料低温、结冰等对饲喂造成的影响。

三、草粉与草颗粒的贮藏技术

草粉和草颗粒产品通常对保持含水量具有较高的要求，在生产后大多采用内附塑料膜的编织袋包装，贮藏均需库房，对贮藏条件要求较高，在此一并阐述。

草粉和草颗粒的贮藏应建设专用的库房，满足干燥、阴凉、避光等要求，同时不应混合存放农药、化肥、消毒剂等有毒有害物质和易挥发物质，避免产品受到污染，保证良好的贮藏环境。同时，灌装时应考虑贮藏与利用的便利性，控制单位包装的质量能够便于堆垛和对接饲料生产、利用企业或农民的需求，以小于50 kg为宜。贮藏时，包装好的饲料应规范堆垛，预留管理通道，便于盘点和管理（图12-11）。仓库可设计挡鼠板和防鸟网等设施，尽量减少动物对饲料造成损失。此外，在东北区实际工作中，可根据天气条件，利用秋冬季节的低温、干燥天气开闭仓库，获得有利于草粉和草颗粒



图12-11　草颗粒的堆垛贮藏

保存的冷凉环境。

第三节 东北区草产品产业化生产策略

一、东北区草产品产业化的机遇与风险

（一）草产品产业化发展的机遇与优势

1. 地域条件适合发展饲草生产

东北区土地肥沃，草地资源丰富，气候条件适宜多种优质饲草生长，在人工草地建植、草地恢复与重建方面具有良好的自然条件基础，适合发展全株玉米、苜蓿、羊草等高产优质饲草生产，可为草产品产业发展提供大量的饲草资源。同时，东北地区平原地带地域广阔，适合开展机械化作业，为规模化生产提供了良好的基础条件。此外，东北区的农业生产规模庞大，农副产品种类繁多、产量巨大，可作为发展复合型草产品的配合原料来源。

2. 草产品的市场前景好

东北区是我们重要的草食家畜饲养区，本地区的牛、羊等草食动物的饲养需要大量的饲草产品供给。目前，我国每年从国外进口大量的饲草产品，且进口量呈现逐年大幅增长的趋势，已成为国际草产品贸易中的主要进口国之一。统计数据显示，2016 年中国进口苜蓿干草总计 146.31 万 t，相比 2015 年的 121.36 万 t 增加 20.57%，而 2010 年进口量仅为 20 万 t 左右；2016 年中国进口燕麦干草总计 22.27 万 t，同比增加 47.00%。由此反映出国内养殖企业对饲草产品——特别是高质量的饲草产品具有迫切的需求，开展饲草生产具有良好的市场前景。

从生产饲草的效益来看，与种植粮食玉米相比，种植牧草和饲料作物的效益更加理想。根据牧草产业技术体系 2011—2014 年调研不同饲草与粮食作物收益对比分析表明，种植苜蓿、黑麦草和青贮玉米纯收益均高于粮食玉米和小麦。因此，现阶段东北区大力发展草业可获得比传统作物经营更加理想的收益预期，如果结合种养一体化模式考虑，将更加有助于提高产业的效益。

3. 政策导向与资金扶持有利于促进发展草产业

现阶段，正值我国开展“粮－经－饲”三元种植结构调整以及国家大力发展草牧业的重要历史时期，东北区又是农业部开展“镰刀弯”地区粮食玉米种植结构调整的主要地区之一，发展草产业迎来了大量的国家政策支持，发展饲草生产与加工业现已成为东北区农业产业结构调整、促进生态建设以及实现农民增收等多方面政策的归着点。国家针对“粮改饲”试点、草牧业、农牧交错区、退耕还草、苜蓿发展计划等方面的政策均可惠及东北区的饲草产业。

在资金扶持方面，国家在饲草生产的基础设施和原料生产等方面均有政策性补贴扶持。如在农机购置和饲草存贮设施建设方面，国家给予财政补贴；原料生产方面，苜蓿规模化生产单元、天然草地退耕还草均有财政补贴。这些财政性补贴有助于降低草产业运营成本和风险。

（二）草产品产业化发展的风险

1. 对自然灾害和不利气候条件的抵御力弱

东北区开展的饲草生产，对气候条件具有高度的依赖性，一旦遭遇极寒、干旱、洪涝等自然灾害或类似的极端气候条件，将对饲草产业带来重大打击。以苜蓿为例，越冬是制约苜蓿生产的首要因素，一旦发生极端寒冷天气，将对苜蓿的返青和多年利用带来重大影响；并且，目前东北区开展的苜蓿生产大多依赖天然降水，缺乏充足的灌溉设施，在抵御干旱气候、实现高产稳产方面存在极大的不确定性。

2. 基础设施配套条件有待改善

以现代化草产业发展的思路定位，目前东北区的基础设施条件仍有待改善。在水利设施建设方面仍无法达到全面的必要灌溉条件，天然草地生产过程中对道路等基础设施的建设仍需进一步加强，饲草产品的存贮设施贮量仍存在不足等，这些问题仍需产业发展过程中进一步解决。此外，适合草产品规模化生产的专业机械设备种类和数量也难以满足产业高速发展的需求。

3. 技术与人才储备不足

现代农业发展依赖现代化的产业技术支撑，已在世界范围内获得极大的认同，发展东北区的现代草产业，开展技术研发与储备，发挥科技的增益增效作用势在必行。东北区的传统种植业，以农作物生产为主，人工草地建植和草产品的工业化生产在农业生产领域属于新兴的产物，在技术储备方面存在明显的不足。部分大型企业在引进设备、种子等农业设施和农资的同时，寄希望于依托供货商连带引进草产品生产和加工技术，这种做法在给饲草生产和产品经营带来极大不确定性风险的同时，也严重暴露了产业技术储备不足的隐患。以苜蓿生产为例，东北区开展苜蓿草产品生产过程中，如何解决苜蓿收获与加工技术难题成为产业发展的瓶颈问题，通过科技工作者与企业联合研发，针对性开发出了适宜的技术措施，目前苜蓿收获加工问题才得以初步解决，但生产高品质、质量稳定的高端苜蓿草产品，仍有很多技术难题需要进一步攻克。

专业人才储备不足也是现阶段东北区草业发展的重要制约因素。原因有两方面，一方面是饲草加工领域的专业人才数量客观上难以满足生产要求；另一方面在于企业对人才的重视程度和薪酬待遇难以达到与其他农业领域技术人才相媲美的水平，难以体现其应有的价值，加之基层开展饲草生产与加工的技术人员的工作环境较为艰苦，因此造成人才流失较大。此外，除了专业的生产技术人员，饲草加工业领域中专业的技术服务和市场营销人员也存在匮乏的情况。

4. 资金投入较大

现代化的草产业发展，通常是以大面积适宜土地、大规模贮存设施、专业化机械、专业的技术和营销人员等要素支撑的，往往伴生的是大额的资本投入和资金流动。据调查，加工能力 5 万 t 以上的企业，仅生产设备投资均超过千万元。土地租赁、设施和机械的建设与购置（租赁）、农资、人员费用等成本也需要较大的投入，并且往往初期投入比较大，资金周转周期相对较长。

5. 市场机制仍不健全

饲草产品的优质优价市场机制尚未完全形成，是我国饲草产品市场发展中仍存在的客观问题。如何准确确定产品的市场定位，通过调节草产品产量和质量实现收益的最大化仍是开展饲草产品产业化生产中需面对的难题。在此过程中，如何准确实现草产品的订单式目标生产、建立产品的客观评价机制以及建立地区性或行业性协同定价机制等仍有诸多问题需要探讨。

6. 政策性扶持仍存在盲点

国家的政策性财政扶持仍需进一步细化。与传统种植业相比，粮食生产大多能够获得国家的财政补贴，且无论种植单元大小均可获得，而在草业生产方面目前仍仅对特定草种的大规模生产单元予以补贴，在原料生产方面农民的积极性仍难以充分调动。在草产品远距离调运方面，大部分的地区仍未将饲草产品纳入鲜活农产品管理体系，运输成本大大高于普通的农产品。类似的政策性扶持仍有待加强。

二、东北区草产品产业化生产策略

1. 建立以龙头企业为核心的适宜经营模式

东北区的饲草生产中“公司 + 基地 + 农牧户”的经营模式应用广泛，龙头企业多为开展畜牧业经营或草业经营的大型实体，兴建了较为完整的原料供应基地、产品生产和销售一体化的经营体系，通过与农牧民建立原料购销合同或租赁土地的形式实现基地的建设，在原材料主产区和农牧民建立巩固的联盟关系，与农牧民联合经营；农牧民则作为一个独立的经营实体，以劳动力、土地、资本等生产要素作价入股按比例分配利益的方式，依托基地与企业进行一体化经营，形成“风险共担，利益共享”的经济共同体。这种经营模式的优点在于：公司具备一定的实力，有完整的市场体系，能够有良好的市场信息；农牧户具备一定的技能和实力，能单独从事原材料的供应活动，成为一个独立经营实体；能够形成稳定的原材料供应体系，保障企业发展的需要。但是，由于产业发展中企业起主导作用，具有多方面优势，农牧户生产虽然具有独立性，但相对受到限制，地位不对等，利润分配机制存在失衡的情况；企业需逐一面对农牧民个体，经营协调工作繁重；在这种模式下，农牧民提供的依然是初级产品，这就决定了农牧民分得的利润份额是很小的一部分，农牧民增收效果很小。

“公司 + 合作社 + 农户”与“公司 + 基地 + 农牧户”结合型是解决上述问题的有效方式。优点在于：草产品产业化经营中面对的农牧户多，如果由企业直接面对农牧户，交易成本较高；这种结合模式使得农牧户的利益有所保障，同时克服了合作社拓展市场能力低的问题；企业负担有所减轻，可将主要精力投入到市场开拓上。

龙头企业作为草产品产业化经营核心，主要开展以下 3 个方面工作：① 进行广泛的市场信息搜集、加工以及整理；② 努力为合作社与农牧户提供资金、技术和设备支持；③ 负责产品的生产销售和市场开拓。合作社是农牧民利益的代表，主要责任包括：充分发挥代表的作用，代表农牧户与龙头企业之间进行生产经营会商并签订生产经营合同；依据与龙头企业之间的合同，为农牧户制订切合实际的生产计划；为农牧户提供资金支持并与农技

服务中心一起组织技术服务。农牧户作为牧草产业化的生产主体，主要职责是依据合作社所分配的任务进行生产。

目前，东北区的苜蓿草产品规模化生产中大多采取公司租赁农牧民土地，建立苜蓿生产基地，进行集中连片经营的方式。分析其原因在于，东北区苜蓿生产对专业机械、管理技术、收获技术等要求较高，农牧民个体往往难以独立完成原料生产和管理过程，且初期投资较大，小面积单元资金回笼慢，农牧民无力独立组织生产。农牧民通过将土地作为生产资料租赁给公司进行生产，同时可为公司提供苜蓿生产所需的劳动力，获得劳动报酬，从而实现公司与农牧民双方受益。

全株玉米的生产中，也有经营实体采取与上述苜蓿生产相同的经营模式。另外一种模式是由公司与农牧民签订购销合同，约定保底价格，农牧民自主完成全株玉米的生产。其中，经营细节因公司不同，组织形式略有差异，有些公司将主要生产资料（种子、肥料、农药等）集中采购供给农牧民，既可以降低农牧民的生产成本，也有利于生产符合公司生产质量目标的较为一致的原料；在收获方面也存在农牧民分散收获和公司集中收获等形式的差异。

东北地区秸秆饲料资源的传统利用模式是由农牧民将秸秆自行收集后，运送至公司，在公司场地内集中加工处理。尽管目前这种生产组织形式仍然存在，但存在收获效率低、秸秆质量参差不齐等弊端，随着劳动力成本提高，以及农村劳动人口老龄化，该模式已难以匹配规模化生产的需要，正逐步被机械化主导的生产模式所取代。公司或合作组织通过购置秸秆采收机械，进行秸秆收获、运输等生产，可大大加快采收效率，提高秸秆收获质量，提高秸秆的利用价值。

此外，随着专业化饲料生产企业的出现，依托饲草生产基地和常规饲料，并开发副产品饲料资源的专业化 TMR 中心的雏形正在东北区萌生。该模式以中小型饲养单元为对象，为其提供营养全面的 TMR 饲料，可为解决饲养者组织饲料生产遇到的技术、人员等难题，降低饲料成本，同时也提高饲草产品的应用范围与附加值。

2. 转变经营理念

正确认识到现代化饲草生产是自然资源、技术、人才、市场等资源要素密集型的产业，应以经济作物的视角看待饲草种植、以农产品加工的视角看待草产品加工、以农产品营销视角看待经营草产品，草产品加工业应视为与现代农业和畜牧业密不可分的产业。在这样的理念指导下，才能将草产品产业化不断引向更高水平，实现长远发展。同时，应该具备品牌培育意识，注重打造草产品名牌，结合塑造品牌设计长远的发展计划。

3. 确定适宜的经营规模

草产品生产规模的合理性与否决定其生产效率，也决定着经营过程中对外部环境的适应能力。适度规模经营具备以下优势。第一，适度规模经营可以使基础设施建设的作用和设施利用率达到较高的水平，同时单位草产品所分摊的固定资产投入能够降低到经营主体能够接受的水平。第二，适度规模可使人力和物力资源得到更合理的分配，使草地资源在整个区域的投入更加节约。第三，适度规模使生产经营者能够更容易地与市场对接，有利于提高其市场地位。

4. 改善市场营销策略

市场因素是实现草产品产业化的决定性因素。依据现代营销学理念，草产品的内涵应包括3个层次：核心产品、有形产品、附加产品。核心产品体现在满足养殖业追求的效用或利益方面，同种类产品的效用或利益相似，产品之间差异很小；有形产品体现在满足同种效用或利益的前提下质量水平的高低，产品各具特色，发挥自己的特点；附加产品提供的是附加利益或服务，能够增加产品的价值，使消费者需求得到更好的满足，从而使产品具有较强的竞争力。因此，草产品的经营应重点体现在有形产品和附加产品上。

具体来说，首先应在价格确定方面根据客户的采购规则决定产品定价策略，考虑价格对客户选购草产品的影响。可根据实际情况采取投标定价、认知价格定价、随行就市定价等多种形式。其次，建立跨区域的经济合作组织，促进基地与龙头企业的对接。围绕主导产业，成立区域性的经济合作组织，充分发挥其组织、协作、融资及服务功能，增强辐射能力，逐步建立具有实质功能的草业行业性协会，为引进和挂靠大的草产品加工企业创造条件，同时成立部分特色种养协会，为各地的特色产品开拓市场做准备。再次，加快信息化建设步伐。大力推进草产业信息化，加强草产品市场价格与供求技术等各类信息的采集、处理、发布，疏通信息传播渠道，可以增强企业获取信息与应用信息的能力，以市场为导向调整优化生产结构，避免生产经营的盲目性和趋同性，进而提高经济效益，促进农牧民收入的增加。

思 考 题

1. 剖析东北区开展草产品产业化生产的优势和不足。
2. 如何优化适合于东北地区草产品加工和贮藏技术体系？
3. 东北区在产业化发展方面如何开展系统、高效的经营？

参 考 文 献

[1] 陈冲，张晓华. 辽宁加快推进粮改饲发展草牧业的几点建议. 新农业，2016（1）：47-49.
[2] 陈积山. 紫花苜蓿在黑龙江的发展现状及对策. 第四届（2011）中国苜蓿发展大会论文集，2011：4.
[3] 陈曦. 关于辽宁实施“粮改饲”的思考. 中国畜牧业，2015（19）：21.
[4] 国家牧草产业技术体系. 中国栽培草地. 北京：科学出版社，2015.
[5] 黑龙江省质量技术监督局. 羊草干草调制与贮藏技术规程（DB23/T 1562—2014），2014.
[6] 贾玉山，格根图. 中国北方草产品. 北京：科学出版社，2013.
[7] 贾玉山，侯美玲，格根图. 中国草产品加工技术展望. 草业与畜牧，2016（1）：1-6.
[8] 刘卓，王英哲，任伟，等. 朝鲜碱茅新品种“吉农2号”的选育. 安徽农业科学，2016（25）：119-121.
[9] 马有祥. 推广粮改饲构建新型种养关系. 甘肃畜牧兽医，2017（3）：19-20.
[10] 石自忠，王明利，胡向东，等. 我国牧草种植成本收益变化与比较. 草业科学，2017（4）：902-911.
[11] 孙启忠，柳茜，陶雅，等. 我国近代苜蓿栽培利用技术研究考述. 草业学报，2017（1）：178-186.

[12] 王明利. 有效破解粮食安全问题的新思路：着力发展牧草产业. 中国农村经济，2015（12）：63-74.
[13] 王文跃. 吉林省西部牧草适宜生长区域划分的研究. 安徽农业科学，2013（1）：166.
[14] 吴迪，刘慧林，崔蕾，等. 气候条件对辽宁西北部草原区天然牧草生长发育及产量的影响. 现代畜牧兽医，2016（12）：14-20.
[15] 辛晓平，徐丽君，徐大伟. 中国主要栽培牧草适宜性区划. 北京：科学出版社，2015.
[16] 徐安凯，孙祎龙. 无芒雀麦适应区域与生产性能的研究牧草与饲料. 2010，4（3）：28-30.
[17] 徐丽君，徐大伟，辛晓平. 中国羊草适宜性区划与种植现状分析. 中国农业资源与区划，2016，（10）：174-180.
[18] 杨曌，李红，黄新育，等. 龙牧 11 扁穗冰草生物学特性及生产性能研究. 草业与畜牧，2014，（3）：6-12.
[19] 玉柱，贾玉山. 牧草饲料加工与贮藏. 北京：中国农业大学出版社，2010.
[20] 玉柱，孙启忠. 饲草青贮技术. 北京：中国农业大学出版社，2011.
[21] 张晓庆，穆怀彬，侯向阳，等. 我国青贮玉米种植及其产量与品质研究进展. 畜牧与饲料科学，2013（1）：54-57.
[22] 张英俊，张玉娟，潘利，等. 我国草食家畜饲草料需求与供给现状分析. 中国畜牧杂志，2014，（10）：12-16.
[23] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴. 北京：中国统计出版社，2001—2015.
[24] 周道玮，孙海霞，钟荣珍，等. 东北农牧交错区“草地 - 秸秆畜牧业”概论. 土壤与作物，2012（2）：100-109.
[25] 周道玮，王学志，孙海霞，等. 东北草食畜牧业发展途径研究. 家畜生态学报，2010（5）：76-82.



第十三章　华北地区草产品加工

【学习目标】

- 了解华北干旱半干旱地区饲草生产特点。
- 了解华北干旱半干旱地区主要种植的饲草品种。
- 掌握华北干旱半干旱地区干草的加工和贮藏技术。
- 掌握华北干旱半干旱地区青贮技术。

第一节　干旱、半干旱地区草产品加工

一、干旱、半干旱地区饲草生产特点

（一）华北干旱、半干旱地区的自然条件

华北地区包括河北、内蒙古、北京、天津和山西等五省（市、自治区），华北干旱、半干旱地区主要包括内蒙古自治区东部与河北的相邻区域以及山西的燕山山脉地区，地处内蒙古高原向辽河平原的过渡地段，大兴安岭南段山地，西、南两面为燕山山地与辽西山地的边缘，中、东部为辽河平原，地势西高东低，北、西、南三面多山，地势较高，西部地势最高，东中部海拔较低。从地貌特点来看北部低山丘陵区、西部高原区、南部燕山北麓山地丘陵区、东部西辽河上游平原，西界周围地形条件复杂，地貌类型多样，除砂质、沙砾质高平原以外，还有沙漠和沙地等以及西部干燥剥蚀山地。

华北干旱、半干旱地区地处内陆和中温带，受蒙古高压的控制，属于温带干旱、半干旱大陆性季风气候，春季降水量少，升温快，蒸发量大，湿度小，辐射强，多风沙天气，春旱突出；夏季时间短促，日照长，雨量集中，普遍高温，温差大；秋季气温下降快，霜冻早临，晴天多；冬季漫长寒冷，降雪较少，寒潮频繁。年平均气温 6.0～9.2℃，极端最高气温 39.4℃，极端最低气温 –32.6℃，年≥10℃的有效积温达 3 500℃以上，无霜期 128～177 d。年内降水量分布不均，7～8 月降水量最大，占全年降水的 60% 以上。

（二）华北干旱、半干旱区饲草生产特点

华北干旱、半干旱地区饲草生产主要包括天然草地生产和人工草地生产两部分。

1. 天然草地生产特点

华北干旱、半干旱地区天然草地面积大、分布广，草地植物资源丰富，草地畜牧业生产在当地国民经济中占有重要的地位。近年来，由于干旱、风蚀、水蚀等自然因素和草地

开垦、过度放牧、滥砍滥挖、污水排放等人为因素的影响，草地受到不同程度的干扰，生态环境形势严峻。

（1）内蒙古干旱、半干旱天然草地生产特点。

① 内蒙古天然草地资源概况。内蒙古属于干旱大陆性气候，处于干旱、半干旱地区，除大兴安岭北麓年降水量在 400 mm 以上外，其余地区均在 400 mm 以下，绝大部分降水量在 150～300 mm，有些地区降水量还不到 100 mm。内蒙古现有天然草地 7 880.45 万 hm^2，约占自治区土地面积的 67%，占全国草地面积的 22%，其中可利用面积为 6 359 万 hm^2，占草地总面积的 80.7%。内蒙古天然草地资源丰厚，具有发展草地畜牧业的优势，但是事实上，内蒙古草地普遍处于退化状态，退化面积占草地总面积的 59% 左右。草原植被退化程度：荒漠草原 > 典型草原 > 草甸草原，主要原因是不合理的开垦和放牧，也导致内蒙古牧草产量在不断下降，全区天然草地牧草产品与 20 世纪 50 年代相比普遍下降了 50%～70%，其中典型草原下降了 30%～40%，草甸草原下降了 50%～70%，荒漠草原下降了 50%。

② 内蒙古天然草地饲草品质特点。内蒙古天然草地畜产品的生产能力低，高品质高产的天然草地占全区天然草地可利用面积的 0.5%。中、低品质的高产草地占天然草地面积的 6.3%。天然草地中高产草比重低，占全区天然草地可利用面积的 6.8%，而低产草比重过大，占全区天然草地可利用面积的 66.7%。苏尼特—乌拉特高平原属于荒漠草原，代表性类型是小针茅和沙生针茅草原；阴山南麓与鄂尔多斯高原中东部丘陵地区，是暖温型草原地带，草原的原生类型是以本氏针茅占优势的草原为主；黄土高原西部地区是暖温型荒漠草原地带，草原植被的原生群落以短花针茅草原为代表。

（2）河北省干旱、半干旱天然草地生产特点。

① 河北省天然草地资源概况。河北省天然草地总面积 474 万 hm^2，占全国草地面积的 1.2%。大部分草地分布在冀北、冀西北山地，其中 80.3% 的草地分布在北部的承德、张家口等地，主要包括温性草甸草原、温性草原、暖性灌草丛、暖性草丛、山地草甸草原、低地草甸、沼泽 7 个草地类，根据其地形地貌、气候、土壤、草地生境条件等将河北省草地分成 2 个区，坝上高原区和山地丘陵区。

坝上高原区，地势平均海拔 1 200～1 500 m，为内蒙古高原的一部分，属于寒温带气候，冬季寒冷漫长，光照强烈，优势植被为真旱生的多年生草本植物。主要分为温性草甸草原、山地草甸和温性草原 3 类草地，其中山地草甸的面积最大。

山地丘陵区，主要分布在河北省西部、西南、西北及东北的太行山区及燕山山区，气候温和，年均温 4～17℃，山地地区因受温暖季风和地貌的影响，水热条件优越。主要有山地草甸、暖性草丛和暖性灌草丛 3 类草地。

② 河北省天然草地饲草品质特点。坝上高原区草地植物组成多以多年丛生、根茎型植物为主，生活型植物以地面芽植物为主。温性草甸草地以羊草、苔草、委陵菜为主，山地草甸以苔草、地榆、早熟禾为主；温性草原以羊草、茵陈蒿、苔草为主；山地丘陵区，山地草甸草地以苔草、珠芽蓼、地榆为主；暖性草丛以黄背草、白羊草、胡枝子为主；暖性灌草丛以羊胡子草、铁杆蒿、胡枝子为主。因此，河北省天然草地饲草质量和产量都不高，低产草比重大。

（3）山西干旱、半干旱天然草地生产特点。

① 山西天然草地资源概况。山西省地处黄土高原东缘，地形复杂，丘陵和山地面积占

全省总面积的80%以上。天然草地的垂直分布非常明显，从高至低的垂直分布规律为：高山草甸、亚高山草甸、针阔混交林、山地灌丛、灌木草丛。全省天然草地有野生饲用植物80多种，其中主要饲用植物10多种。主要饲用植物中，禾本科、豆科、莎草科、菊科植物最多，家畜喜食或乐意食用的优良饲草种类多且产草量高。全省灌木草丛类分布最广，面积最大，在恒山和内长城以南等地区均有分布，占草地总面积的一半以上；其次是山地灌丛类草地，面积占全省草地总面积的1/5左右，在省内南北低山区广泛分布。北部的山地草原类草地是地带性植被，占全省草地总面积的11.8%，居第3位。

② 天然草地饲草品质特点。不同类型的草地，其利用时间长短和季节也不同，如高山草甸和亚高山草甸，属于优良放牧场，但只能仲夏和初秋利用，利用时间短；低山和丘陵灌木草丛类草地终年可放牧利用。天然草地主要分布在山区，坡度大，下繁草多，天然草地中良好割草场比例很少。北部草地的质量微差而产量偏低；中部和中南部草地质量高而产量中等；南部草地质量中等而产草量高；高山草地质量高而产草量低；亚高山草甸和山地草甸的质量和产草量均高；低山与丘陵草地的质量和产量都居中等；低湿草甸的质量中下等，而产量则随基质条件的差异而变化，但从总体来看产量较高。

2. 干旱、半干旱区地人工草地饲草生产特点

（1）干旱、半干旱地区人工草地概况。内蒙古人工草地种植面积逐年增加，种植的饲草品种，呼伦贝尔和锡林郭勒盟以披碱草、老芒草、猫尾草、冰草和羊草为主，通辽市、赤峰市、鄂尔多斯市、呼和浩特市、巴彦淖尔市以紫花苜蓿和沙打旺为主。人工草地类型也在多样化，如有短期人工草地、中期人工草地和长期人工草地，还有旱作人工草地和少部分灌溉人工草地等。河北省干旱、半干旱地区人工草地种植饲草品种主要有青贮玉米、青莜麦（饲用燕麦），其次为紫花苜蓿，青贮产量常年在200万t左右，干草产量100万t左右。草产品类型主要为干草捆、青贮，其中商品草主要为干草捆、拉伸膜裹包青贮。山西省干旱、半干旱地区人工草地饲草品种主要有青贮玉米、燕麦等，草产品种类主要为青贮饲料。

（2）干旱、半干旱地区主要种植品种。

① 燕麦。中国是裸燕麦的发源地，距今有5 000多年的种植历史，现在大部分地区种植的均为裸燕麦，只有少部分地区种植普通燕麦，俗称皮燕麦。裸燕麦在我国华北地区称之为“莜麦”，属禾本科燕麦属一年生草本植物，它是人类和动物可直接利用的粮食及饲料作物之一。

内蒙古、山西、河北为华北早熟燕麦区的主产区。燕麦草富含高水平的有效纤维，高度的水溶性碳水化合物（≥15%），含糖量较高（可达20%），适口性好，吸收消化效果好，较适用于犊牛、泌乳牛，因其钾、钙含量较低，尤其适用于干奶牛和围产期奶牛，是一种难得的优质禾本科粗饲料。

② 玉米。玉米在世界谷物栽培面积中仅次于小麦、水稻，排名第3。玉米是主要的粮食作物，同时也是主要的饲料作物，被誉为“饲料之王”。青贮能较好地保存玉米的营养成分，青贮玉米品质优良，以乳熟期到蜡熟期收获玉米将其青贮最好，并可大量贮备供冬春饲用。

③ 小麦。小麦是世界上种植面积最广的作物之一。几千年来，小麦一直作为人类的口粮。由于青贮全株小麦具有饲用价值高的优点，一些国家和地区开始注重开发青贮全株小麦的饲用价值。全株小麦青贮与全株玉米青贮的发酵效果、干物质水平以及饲喂效果相近，

可供牛羊采食。虽然全株小麦青贮的淀粉含量没有全株玉米青贮高，但小麦青贮制作的优良青贮饲料的能量转化率略高于全株玉米青贮。此外，全株小麦青贮饲料质量稳定性好，在夏季奶牛饲喂全株小麦青贮饲料，有助于提高奶牛的采食量并缓解夏季奶牛热应激。

④ 紫花苜蓿。紫花苜蓿是我国分布最广、栽培历史最久、经济价值最高的豆科牧草，被誉为“牧草之王”。它是各种畜禽均喜食的优质牧草，营养价值很高，不论青饲、放牧或是调制干草、青贮、加工草粉，适口性均好。紫花苜蓿的干草或干草粉是家畜的优质蛋白质和维生素补充料。调制青贮饲料是保证紫花苜蓿营养物质的有效方法，但紫花苜蓿单独青贮比较困难，常与禾本科牧草、青玉米或农作物秸秆等混合青贮。

二、干旱、半干旱地区草产品加工适用技术

干旱、半干旱地区的草产品加工的特点是以干草加工为主，青贮贮藏为辅。

（一）天然草地草产品加工适用技术

1. 天然牧草干草调制技术

（1）准备工作。根据牧草的种类、天气情况、场地状况及生产条件，选择适宜的干燥方法，并对刈割的牧草采取压扁、切断等措施，加快牧草的干燥速度。

（2）天然牧草的适时收获。天然草地牧草的收获原则是以草群中优势种适时收获期为基准收获期。其中针茅刈割期为开花前，年刈割 1～2 次，刈割留茬高度 6～8 cm；羊草、老芒麦、披碱草、无芒雀麦适宜的刈割期为抽穗期，年刈割 1 次，留茬高度 6～8 cm；冰草适宜的刈割期为抽穗至开花期，年刈割 1～2 次，刈割留茬高度 6～8 cm；羊茅适宜的刈割期为抽穗期，年刈割 1～2 次，刈割留茬高度 4～6 cm；茭茭草适宜的刈割期为抽穗到开花前期，年刈割 1 次，刈割留茬高度 12～14 cm；芦苇适宜的刈割期为抽穗期，年刈割 2～3 次，刈割留茬高度 8～10 cm。

（3）晾晒。为了使植物细胞迅速死亡，停止呼吸，减少营养物质的损失，选择晴朗的天气刈割，第二天清晨翻晒一次，自然晾晒 2～3 d 牧草水分降至 35%～40% 时，将半干的草集成草垄或草堆，堆高 2.0～2.5 m，直径 3.0 m，保持草堆通风，使水分含量降到 15%～20% 即可打捆。

（4）原地打捆。在晾晒 2～3 d 后，使干草含水量在 18% 以下时，可进行打捆。采用牵引式打捆机作业，方草捆截面长为 30～43 cm，宽为 40～61 cm，高为 50～120 cm；圆草捆直径为 100～180 cm，长为 100～170 cm。

（5）草捆贮存。草捆打好后，应尽快将其运输到仓库里或贮草坪上码垛贮存。码垛时草捆之间要留有通风间隙，以便草捆能迅速散发水分。底层草捆不能直接与地面接触，以避免水浸。在贮草坪上码垛时垛顶要用塑料布或防雨设施封严。

（6）二次压缩打捆。草捆在仓库里或贮草坪上贮存 20～30 d 后，当其含水量降到 12%～14% 时即可进行二次压缩打捆，两捆压缩为一捆，其密度可达 350 kg/m^3 左右。高密度打捆后，体积减小了一半，更便于贮存和降低运输成本。

2. 天然牧草青贮技术

天然牧草干草调制主要以自然干燥法为主，但其对牧草营养的损耗量大，干草贮藏 15

个月以后，以草垛和草捆形式贮藏的野生牧草干物质损失分别可达 29.7% 和 32.7%，明显影响牧草的有效利用率。草原牧区“伏草”收获加工的时间一般正值雨季，调制干草的难度非常大，雨淋等原因造成的营养物质损失一般可达干物质总量的 20%～30%。而天然草地牧草青贮可以避免牧草的营养物质流失，改善适口性，提高采食量和消化率，降低饲料中病虫害对家畜生长发育的不良影响，改善牧草的气味或质地，有效防除针茅对家畜的伤害，扩大饲料来源。此外，牧草青贮饲料可有效节约成本，提高饲草的安全性。

（1）生产环境条件。

① 天然草地要求。天然牧草原料生产地环境应为典型草原，鲜草产量应高于 2 000 kg/hm^2；双子叶类杂草比例低于 30%。调制和贮藏地环境、水源、空气质量应符合 DB62/T 798 和 DB62/T 799 的要求。

② 调制加工气候条件。调制加工时应避开降雨天。带雨作业时，降水量以不影响割草机作业为准。

（2）原料适时刈割期。确定牧草的适宜刈割期时，要把单位面积草地牧草干物质产量和可消化营养物质的含量兼顾起来，全面衡量。选择植物群落中建群种植物，在生长发育过程中产量相对较高、品质相对较好的时期进行刈割。

（3）调整含水量。含水量最好在 60%～65%，天然牧草含水量不足时，可在其中喷洒适量的水，原料含水量过大，可适当晾晒或加入一些粉碎的干料，如麸皮、草粉等。

（4）添加剂使用。为了保证天然牧草青贮的成功率，一方面添加青贮添加剂抑制有害微生物的生长繁殖，减少营养物质的降解损失，保证青贮发酵品质；另一方面可在原料中掺入一定比例的营养性添加剂，提高青贮品质。目前，常用的青贮添加剂主要有乳酸菌、甲酸、蔗糖、玉米面、纤维素酶、半纤维素酶等。其中玉米面的添加量为天然牧草总重量的 2%～5%。

（5）装填。将水泥青贮窖（池）清扫、消毒备用。将适时刈割的天然牧草逐层装入窖内，每装 15 cm 厚时可用人踩踏、石夯、履带式拖拉机压等方法将原料压实，特别注意将窖壁四周压实。原料装至高出窖口 50～100 cm，使其呈中间高周边低，圆形窖为馒头状，长方形窖呈弧形屋脊状。圆柱形窖或小型容积窖应在 1 d 内装完。在装填过程中避免雨水进入窖内。大型窖也要在 2～3 d 内完成。天然草地牧草在密度为 350～400 kg/m^3，贮成率显著且综合评定饲用价值较高，稳定性较好。

天然草地牧草青贮原料草种复杂，具有水分含量低、附着乳酸菌数量低、可溶性碳水化合物含量低的“三低”特性，属于调制优质青贮饲料难度较大的原料，目前仍缺乏有效的专用添加剂，天然草地牧草青贮作为重要的饲料调制方式，具有广阔的推广利用前景，而对其添加剂的进一步研究也将成为天然草地牧草青贮的重要研究方向。

（二）干旱、半干旱地区人工草地草产品加工适用技术

1. 燕麦干草的调制技术

燕麦属于一种一年生的冷季型谷物作物或牧草，主要分布在冷凉、湿润和温和的气候地区如内蒙古、河北和山西农牧交错区。燕麦适应各种土壤，即使在酸性土壤中生长，其产量也比其他谷物作物高。燕麦干草富含纤维，蛋白质含量高，蛋白质质量优，脂肪含量

高，是马、奶牛、肉牛、家禽和幼猪的优良饲料，但由于其能量相对较低，基本不用作肥育饲料。燕麦干草的调制过程中需要注意以下 4 点。

① 收获技术。燕麦最佳刈割期一般为 7—9 月的抽穗期、开花期和灌浆期，此时刈割燕麦粗蛋白质含量高，酸性洗涤纤维含量低，可获得高品质青干草，但此阶段亦为华北干旱、半干旱地区的雨季高峰期，收获的燕麦水分含量大，不易贮藏。此外，确定燕麦的适宜刈割期还要考虑饲草的用途。用于泌乳奶牛则需要早刈割；用于干乳牛和肉牛则可以晚刈割。晚熟的燕麦品种通常产草量会高，但品质会比早熟和低矮的燕麦品种低。目前，一些奶牛场计划种植燕麦与豌豆的混播草地，在初穗期刈割，豌豆品种通常选用箭筈豌豆。除了要确定适宜的刈割时期和留茬高度外，还需考虑饲草收割机的选择，以及确定适宜的草行宽度。目前常用的收割机有悬挂式往复割草机与旋刀式割草机，可根据具体情况选择适宜的割草机。此外，草行宽度是宽幅的 70% 较为适宜。割草机最好带有压裂茎秆功能。

② 翻晒技术。燕麦干草调制过程中需翻晒 2～3 次。翻晒要在含水量达到 40% 前进行，否则易造成叶片脱落。

③ 集拢。翻晒处理后比较松散，不易打捆作业，故在打捆前通过集拢作业将草行收窄并适当压紧。

④ 打捆。含水量过高时打捆易发生霉变，过低时又会造成大量的叶片破碎脱落，降低产量及品质。因此，科学合理的建议是在草行含水量在 15%～18% 时进行打捆作业，大草捆和高密度草捆要求的含水量还要低一些。打捆作业必须在晴天进行。

⑤ 利用技术。一般开花期至乳熟期刈割国产燕麦干草的产奶净能在 1.1～1.4 Mcal/kg DM，粗饲料可全部使用优质燕麦干草和全株青贮苜蓿而不会引起奶牛瘤胃酸中毒。燕麦干草不仅用于围产期奶牛，还可替代苜蓿应用于泌乳奶牛，使用量为 2～3 kg，以降低饲料成本。为改善育成牛的产奶性能，建议饲喂 1～2 kg/（头 • d）燕麦干草，可替代苜蓿，减少精料。

2. 全株玉米青贮技术

玉米青贮是草食家畜重要的粗饲料来源，全株玉米青贮以营养价值高、保存效果好等优点得以在畜牧业生产中大量使用。地区和气候不同，栽培的全株玉米青贮品种不同，可根据当地的气候、养殖特点和相应全株玉米青贮产量来决定种植品种。品质较好的全株玉米青贮，以 65%～70% 含水量为宜。谷物占总干物质的 40%～45%，淀粉平均含量占干物质的 28%，消化率为 80%～98%。秸秆占总干物质的 50%～55%，其中叶子占干物质的 15%，茎秆占干物质的 20%～25%，玉米穗和包叶占干物质的 20%；中性洗涤纤维（NDF）平均含量占干物质的 45%，消化率为 40%～70%。

（1）全株玉米青贮的适宜刈割期。全株玉米青贮收获的最佳水分含量为 65%～70%。根据全株玉米青贮品种的成熟期和种植时间，来确定刈割的最佳时期。全株玉米的适宜收获期一般抽丝后 42～47 d，此时水分含量每天平均下降 0.5%。但这只是一种估测方法，最好采用实测法：在准备做全株玉米青贮的大田里一行中随机选取 3～5 棵，全株粉碎后用微波炉或烘干炉来进行实际测定。

（2）全株玉米青贮制作过程。

① 适宜的留茬高度。全株玉米收获时合理的留茬多控制在 15～20 cm，同时也取决于地面平整情况和全株玉米青贮干物质含量。留茬过低会夹带泥土，泥土中含有大量的梭菌属等腐败菌，易造成青贮腐败；另外，全株玉米青贮根部粗纤维含量过高，草食家畜不易消化，采食量降低。留茬过高使全株玉米青贮产量降低，影响经济效益，也影响耕种。

② 铡短长度。全株玉米青贮切割的合适长度为 0.95～1.9 cm。目前我国青贮切割机械的切割长度多为 1.5 cm 和 3.0 cm 两个规格，如果改为 3.0 cm，则可降低干物质损失率 5.53%；同时应根据玉米青贮的 DM 含量来确定切割长度，DM 含量小时，应适当增加切割长度。

③ 装填和压实。根据养殖规模，可先收割再运输到青贮窖时粉碎，也可采用大型玉米青贮专业收割机。全株玉米青贮入窖和压实应同步进行。压实要尽快，尽量减少青贮与空气的接触时间，每层青贮的厚度应以 15～20 cm 为宜。高出窖墙 50～100 cm 时即可封窖。压窖机械要求自重大，一般采用宽轮胎四轮拖拉机，其压实的效果要好于链轨式拖拉机。压实密度以不小于 750 kg/m^3 为宜。大型青贮窖或地上青贮要用拖拉机反复压实。较大的青贮窖应保证在 2～3 d 内完成装填过程。

④ 密封。青贮原料在压实后可高出池沿 40～50 cm，凸出的部分可呈长方形或圆形。装填完成后要立即严密封埋，可应用黑白塑料布薄膜对青贮饲料进行覆盖，白面向上，黑面朝下，两片膜的链接处应至少重叠 1.0 m，膜上用轮胎布满窖面压实。塑料膜四周要留有小沟，以便于雨季排水。

⑤ 管护和应用定时检查。发现土层有裂痕或塌陷要及时调整镇压物，以防雨水渗入。此外还要防止鼠类破坏和牲畜踏踩。一般封窖后的 1～2 周应对青贮窖边的轮胎进行调整，尽量减少青贮与窖墙之间的缝隙。

全株玉米青贮一般封窖后 35～40 d 可开窖使用。使用时结合全株玉米青贮的日耗用量、横截面的大小，确定取料的深度，每天取料的距离应超过 1 m。注意取料面的整齐，以避免二次发酵。

（3）紫花苜蓿青贮技术。

① 青贮方式。紫花苜蓿的青贮方式一般采用裹包青贮和窖贮两种方式。裹包青贮即将紫花苜蓿刈割、切短、打捆后，使用具有拉伸和黏着性能的薄膜将其缠绕包裹后形成密封厌氧环境进行青贮的方式。窖贮则是利用壕式青贮窖进行青贮的方式。

② 原料的收获。紫花苜蓿的收获应考虑单位面积上营养收获最大量，苜蓿青贮的最佳刈割收获时期是在初花期（10% 植株开花），适宜的留茬高度为 5 cm，末次刈割根据每年的霜冻期来确定，一般控制在霜冻期来临前 1 个月完成刈割，留茬高度为 10～11 cm。若土地平整，集中连片，生产条件允许，建议使用自走式割草机，其作业效率高，收净率高。紫花苜蓿收获前，认真收集当地天气信息，确定割草时间。如遇降雨推迟刈割，雨后当地表不湿黏、轮胎不沾泥时，即可收获。

③ 青贮含水量调控。紫花苜蓿青贮适宜含水量为 60%～65%，当两手用力握拧苜蓿，以手指缝露出水珠而不往下滴为宜。晾晒期间，草条要尽量宽些，但不能大于捡拾切碎机作业宽度；晾晒过程中，若需要搂草作业，应注意耙齿高度适宜，避免苜蓿被土壤、异物污染。

④ 装填或打捆。装填时间越快青贮表面与空气接触的时间越短养分和干物质的损失越

少，发酵品质越高。青贮原料由内到外呈楔形分层装填，原料每装填一层压实一次，每层铺得不能太厚，在 10～15 cm 时为宜，不得超过 30 cm，宜采用压窖机或其他大中型轮式机械压实。压窖机械应从窖一侧到另一侧，依次反复压实，压实的速度要快，装填过程中不能停止，直至封窖。压实应特别注意窖的两侧，采用机械或人工踩实。压窖机械重量越大压实效果越好，装窖到封窖时间越短越好。当青贮表面苜蓿含水量低于 30% 时，不能再用机械压实，否则易造成苜蓿外翻表面不平整。含水量 60% 时，装填密度≥650 kg/m^3；含水量 50% 时，密度≥550 kg/m^3。裹包青贮原料切碎长度不应超过 7 cm。使用青贮打捆机对紫花苜蓿原料进行切碎打捆，草捆密度达到 550 kg/m^3 以上。

⑤ 裹包或密封。裹包青贮时，打捆后应迅速用 6 层以上的拉伸膜完成裹包。窖贮封窖前，可在苜蓿青贮堆表面覆盖约 15 cm 的玉米青贮。封窖时，要使用完好的黑白膜进行覆盖，膜的上面再压轮胎，轮胎应该以 1.6～2.1 个 /m^2 为宜，陡坡可将轮胎用绳索连在一起。

⑥ 开窖使用。封窖后 1～2 周对青贮窖边的轮胎、沙袋等镇压物进行调整，尽量减小青贮与窖墙之间的缝隙，要经常检查窖顶，发现塑料膜有裂缝、下沉时要及时修补封严，同时注意窖四周及窖顶的排水。苜蓿青贮贮藏时间一般在 60～150 d。苜蓿青贮的开窖取用和管理对生产至关重要，取料方法不当容易引起二次发酵。青贮料每天的取用厚度为 20～25 cm，可避免表面青贮饲料二次发酵。在夏季由于温度较高，建议取用 30 cm 以上，而冬季取料厚度可约为 20 cm 以上。

（4）全株小麦青贮技术。

① 原料收获。一般小麦生育期进入乳熟期—蜡熟期初期收获青贮为好。采用青贮收割机收割，留茬高度控制在 10 cm 以内，小麦铡短长度 2～3 cm 为宜。

② 装窖。青贮窖从装窖到封窖尽量短时间内完成装填和压实，较小的青贮窖尽量保证 2 d 内装封完。同时要保证原料的新鲜，从收割到卸车不超过 4 h。

③ 压实。小麦秸秆是中空的，所以在制作小麦青贮时压窖非常关键，每一层的厚度要控制在 10～15 cm。保证压窖密度≥DM 200 kg/m^2。选用轮式装载机的压实效果要好于链轨式推土机。

④ 封窖。小麦青贮压窖后顶部容易腐烂，为防止顶部腐烂，需在顶部撒食盐进行防腐，每平方米撒 2～4 kg 的食盐。压实后的青贮存贮高度不能超过窖体高 20 cm，要与青贮窖侧墙面持平。青贮窖密封要封 3 层膜（2 层透明膜，1 层黑白膜），并压上轮胎，增加密封性。

三、干旱、半干旱地区草产品贮藏适用技术

草产品的合理贮藏可减少贮藏过程中营养物质的损失。因此，调制好的草产品应及时、妥善收藏保存。草产品的贮藏方法可视当地自然条件、设备设施情况以及生产需要而定。

（一）散干草的贮藏

1. 草露天堆垛

露天贮藏是华北干旱、半干旱地区最常用的干草的贮藏形式，是目前最经济、省事的

青干草贮藏方法，适用于需草量大的大型养殖场。具体的贮藏方法如下。

（1）地址的选择。露天贮藏选择地势高燥、平坦、离畜舍较近的地方，搭建高出地面的平台，台上铺 30 cm 厚的树枝、石块或作物秸秆做防潮底垫，四周挖好排水沟。

（2）水分要求。露天贮藏散干草调制的干草水分含量达 15%～18% 时方可进行堆藏。

（3）堆垛形式。堆藏方式有长方形垛和圆形垛，长方形草堆一般高 6～10 m，宽 4～5 m；圆形草堆底部直径 3～4 m，高 5～6 m。堆垛时，从外向里堆，先堆第一层，使里边的一排压住外面干草的梢部。如此逐排向内堆排，最后堆成外部稍低中间隆起的形状。堆垛时应尽量压紧，缩小干草与外界环境的接触面。

（4）封垛。封顶用绳索纵横交错系紧。垛顶用薄膜封顶，防止日晒雨淋，以减少损失。

（5）堆垛管理。为了防止草垛塌陷漏雨，干草堆垛 2～3 周内，及时严查封严。草垛四周打防火道，做好干草防水、防火的工作，特别预防干草发酵自燃引起火灾。

2. 草棚堆藏

由于雨淋、日晒、风吹导致露天贮藏散干草褪色，营养成分损失，还会造成干草霉烂变质，营养物质的损失最多达 20%～30%，胡萝卜素损失 50% 以上。因此干旱、半干旱地区条件较好的牧场应建造简易的干草棚或专用贮存仓库，避免日晒雨淋的影响。草棚堆贮与露天堆垛基本相同，要注意干草与地面、棚顶保持一定距离，便于通风散热。

（二）干草捆的贮藏

由于散干草体积大，养分损失大，不便贮运，生产中常把青干草压缩成长方形或圆形的草捆贮藏。草捆垛的大小根据贮存场地的大小来确定，一般对于露天堆放的草捆干草垛长 20 m，宽 5～5.5 m，高 18～20 层。草棚的草垛高度可根据草棚的高度而定，草捆垛顶高度要距离草棚边沿 30～40 cm，有利于通风散热。

具体操作方法为：将干草捆宽面向上，整齐铺平，上层与下层的草捆摆放方向要纵横交替。上层草捆之间的接缝应和下层草捆之间接缝错开。在每层中设置 5～10 cm 宽的通风道，在双数层开纵通风道，在单数层开横通风道，通风道的数目可根据草捆的水分含量确定。

（三）半干草的贮藏

华北干旱、半干旱地区 7～9 月是降雨集中季节，该季节饲草产量最高季节，也是干草最不易调制的季节，因此为了适时刈割牧草，加工优质干草，可在半干时进行贮藏，借助化学添加剂和微生物添加剂减少营养物质损失，能使牧草保持青绿。

1. 化学添加剂处理

（1）氨类化合物处理。氨类化合物（氨水、液氨等）可有效杀死霉菌孢子，抑制腐败菌等大部分有害细菌的繁殖，降低草捆内温度，提高干草的消化率及粗蛋白质含量。具体操作方法：牧草适时收割后，在田间经短期晾晒，当含水量降至 35%～40% 时即打捆贮存。打捆时，逐捆注入浓度为 25% 的氨水，然后将堆垛用塑料膜覆盖密封。氨水用量为青干草重量的 1%～3%，处理时间应根据温度不同而异，一般在 25℃，处理 21 d 以上。

（2）尿素处理。尿素能通过高水分干草上的脲酶的作用被快速分解产生氨，起到防腐

和提高半干草品质作用，经济适用，操作简便。苜蓿干草在含水量为25%时打捆，尿素的添加量为4%。

（3）有机酸处理。有机酸类能够抑制高水分干草贮存期内真菌、放线菌的生长繁殖，微生物的活动，但乳酸菌对其不敏感，仍有生活力，并能产生一定量的乳酸、乙酸等，可使干草得以安全保存。丙酸及其盐类是最常用的有机酸抗菌剂。含水量20%～25%的小方捆添加0.5%～1.0%有机酸；含水量为25%～30%时，用量不低于1.5%。

2. 微生物防腐剂处理

利用微生物的竞争特性，与干草捆中其他腐败微生物竞争，从而抑制其他腐败细菌的活动。在干草收获时接种微生物可以减少打捆的水分限制，加快收获速度，发酵酸又可控制有害微生物的活动，以获得高品质的干草。目前研究较多的干草接种菌主要是乳杆菌、片球菌和链球菌属的乳酸菌。从国外引进的先锋1155号微生物防腐剂是专门用于紫花苜蓿半干草的微生物防腐剂。

四、干旱、半干旱区草产品产业化生产策略

华北干旱、半干旱地区由于受气候波动、蒸发强烈、冬季严寒和水热资源的限制，在发展人工饲草料生产的同时，必须实行轮换休牧制度，设定合理的禁牧期，有利于牧草返青和正常生长，保持草原生产力的水平和生态系统健康。华北干旱、半干旱地区草地要分区规划，保障干旱、半干旱地区草地正常生长，提高草地质量，促进草地的可持续利用与畜牧业发展。

（一）草甸草原类型区草产品加工发展趋势

草甸草原类型区主要分布在林间、林缘、河滩及其湿地，多为零星片状分布，集中连片分布较少。该类地区草产品以生产天然干草为主，畜牧业的发展要以肉牛养殖为主，饲草利用要走放牧与舍饲养殖结合的道路，实施划区轮牧。

（二）典型草原类型区草产品加工发展趋势

典型草原类型区区域最大，发展短期、复种和混播型高产人工草地或饲料粮基地，补饲畜牧养殖冬春季节饲草不足，遵循自然规律，坚持“因地制宜、生态优先、先封后建、先草后灌”的治理原则，利用的方式分为刈割和放牧，平坦缓坡草地利用机械化刈割，两年刈割一次为最佳，陡坡进行放牧利用，放牧要严格控制草地载畜量和放牧季节。合理进行水资源的配置，开发适宜的土地，建设节水的人工草地与饲料地，在降水量350 mm以上的草原地区，如大兴安岭东、西两麓和阴山南、北的山前丘陵地区是建设饲草基地的主要地区，可以建立各种非灌溉及适度补灌的人工草地与饲料地。饲草产品加工以干草生产为主，青贮为辅。

（三）荒漠草原类型区草产品加工趋势

荒漠草原类型区主要分布在黄土高原北部及长城沿线一带，仅次于典型草原。以沙

地、戈壁为主，地域广阔平坦，自然条件差，不适宜于农业种植和林业建设。人工草地的发展和以小叶锦鸡儿为主的灌木放牧林基地建设潜力较大，草产品加工以灌木青贮为主。

（四）农牧交错区饲草生产以干草生产为主，青贮加工为辅

华北干旱、半干旱农牧交错区饲草种植面积较大，种植饲草品种（饲草地类型）主要有青贮玉米、青莜麦（饲用燕麦），其次为紫花苜蓿，主要草产品为干草和青贮。燕麦单产水平普遍较低，以河北省坝上地区单产最高为 100 kg/667 m^2 左右，高的可达 200 kg/667 m^2 左右以上；内蒙古自治区和山西省的平均产量在 75 kg/667 m^2 左右。

总之，建立符合华北干旱、半干旱地区天然草地自然修复、人工草地建设与作物秸秆相结合的饲草产业体系，把畜牧业放在与粮食生产同样重要的战略地位，按照轮封轮牧的方式合理利用天然草地进行放牧，同时，充分利用人工牧草和作物秸秆进行舍饲，使畜牧业养殖走放牧与舍饲结合的道路，实现生态与经济双赢的目标。

第二节　湿润（黄淮海）区草产品加工

一、湿润（黄淮海）区气候和饲草生产特点

湿润（黄淮海）区位于我国东部，北至长城、南至淮海、西至太行山和伏牛山地、东至渤海与黄海，包括北京市、天津市、河北省大部、山东省、江苏省苏北地区、安徽省淮北地区。区内有 48 000 万亩的黄淮海平原，3 000 万亩后备宜农荒地和 550 万亩沿海滩涂，还有山东中南部的山地丘陵，胶东地区的低山丘陵。区内土地资源丰富，且土层深厚，土壤肥力较高。地带性土壤为砂姜黑土、黄潮土、盐碱土和褐土，海滨、湖泊周围主要是草甸土和盐土，古河道及河流岸边多风沙土，土壤含盐量较高。黄潮土是湿润区主要的耕作土壤，再利用和改造的潜力很大。

湿润区植被以温性草原和温性草甸草原为主，主要有克氏针茅、长芒草、冰草、糙隐子草组成，主要的饲用植物有羊草、无芒雀麦、羊茅、早熟禾等。京津地区天然草地总面积约 1 395 万亩，其中 62% 是灌丛草地。人工草地主要分布在远郊县，保留面积约 6 万亩。河北省主要草地为温性草甸草原、温性草原、暖性灌草丛、暖性草丛、山地草甸草原、低地草甸、沼泽，天然草地面积 7 140 万亩。山东省天然草地 288 万亩，主要为典型草甸、盐生草甸和沼泽草甸。其他省份有平原草甸类草地、低湿地草甸类草地、山地丘陵草丛类草地、山地丘陵草丛类草地、山地丘陵灌草丛类草地、山地丘陵疏林灌草丛类草地、平原疏林草地与疏林灌草丛草地。

在草产品生产方面，湿润（黄淮海）区有独特的优势。黄淮海地区夏季酷热多雨，冬季寒冷干燥，年均温 11～15℃，无霜期 180～220 d，年降水量一般 400～800 mm，降水量适中但四季分布不均。湿润（黄海海）区光热水土资源匹配较好，有利于农林牧业综合发展，是我国农业发展最早的地区之一，也是我国农业综合开发的重点地区之一。湿润（黄淮海）区包含了我国农牧交错带的华北段。在这个区域，天然草原、人工草原与农田交错

分布，是我国草原畜牧业的主产区。但是，华北黄淮海地区牧草种植区域大多存在土地盐碱化、土壤瘠薄等问题，缺乏灌溉设备设施，北部区域冬季干旱低温问题严重。

本区域种植面积较大的饲草品种主要有紫花苜蓿、青贮玉米、黑麦，其他饲草品种有多花黑麦草、小黑麦、饲用燕麦、饲用高粱、高丹草等（表 13-1）。紫花苜蓿主要分布在盐碱地、黄河滩区、河滩地等中低产田区域，青贮玉米主要分布在奶牛养殖场周边的农田区域，黑麦主要是利用冬闲田进行种植。种草主体主要包括农户、草企业、草业合作社、奶牛场四大类。

表 13-1　黄淮海地区主要牧草特点

草种	气候适宜性	土壤适宜性	品质	干草亩产 /kg	利用方式	利用年限
燕麦	耐寒喜雨不耐热	除干燥沙土外均适应	优质	350～450	兼用	一年生
黑麦	耐寒耐旱不耐热	不耐盐碱不耐涝	优质	600～750	刈割	一年生
小黑麦	耐寒耐旱耐热耐阴	适应性强，耐贫瘠	优质	1 200～1 800	刈割	一年生
高丹草	耐寒耐旱耐热	不耐涝，沙土不适应	优质	2 500～4 000	刈割	一年生
饲用高粱	喜温耐寒不耐寒	耐贫瘠，耐盐碱	良好	1 500～2 000	刈割	一年生
青贮玉米	喜温不耐寒	不耐酸土	优质	1 000～1 200	刈割	一年生
紫花苜蓿	耐寒耐旱不耐热	耐贫瘠耐盐碱，不耐涝	优质	750～900	兼用	4～8 年

注：引自农业部畜牧业司国家牧草产业技术体系（2012）。

黄淮海地区牧草种植模式基本为以下 4 种。

1. 单作模式

以种植春播青贮玉米、饲用高粱为主。

2. 轮作模式

一是苜蓿、作物轮作模式，苜蓿连续利用 6～7 年，轮作作物种植 2 年；二是夏播青贮玉米、冬小麦轮作模式。

3. 套作模式

以棉花、春玉米、春花生套种黑麦、毛苕子、二月兰为主。

4. 间作模式

主要以各类果园、生态林间作紫花苜蓿、黑麦、二月兰为主，以及春玉米间作苜蓿模式。

二、湿润（黄淮海）区草产品加工适用技术

华北黄淮海地区畜牧业发达，而且牛奶企业较多，奶牛存栏量大，对优质饲草需求量巨大。黄淮海地区适宜种植的饲草有青贮玉米、饲用高粱、苜蓿等，每种饲草有其适合的加工技术。目前，黄淮海地区种植的优质紫花苜蓿、青贮玉米等基本上本地转化和利用，

但与需求相比，草产品供应略显不足，仍然需要进口草产品弥补缺口。

（一）紫花苜蓿加工适用技术

在黄淮海地区进行紫花苜蓿种植有明显的优势，黄淮海地区气候、水土等自然条件好，苜蓿每年能够刈割 4～5 茬，而且单产较高。华北黄淮海地区第一茬苜蓿主要用于制作干草，而第 2 茬、第 3 茬紫花苜蓿收获时期适逢降雨季节，对干草制作不利。如果能够避开降雨，仍然可以调制干草。而在连续降雨的天气条件下，紫花苜蓿很难调制成干草，即使勉强制成干草，品质也很低。目前，黄淮海地区开始在雨季进行紫花苜蓿青贮饲料的调制。

紫花苜蓿除了制成干草和青贮饲料之外，还可以进一步加工成草粉、草颗粒、草块、烘烤苜蓿等，其中烘烤苜蓿主要作为宠物粮食，具有发展潜力。商品草主要有紫花苜蓿干草捆、草颗粒、苜蓿草粉、苜蓿拉伸膜裹包青贮等。

1. 黄淮海紫花苜蓿适时收获技术

紫花苜蓿是多年生牧草，在黄淮海地区每年一般收获 4～5 茬，所以适时收获紫花苜蓿很重要，不仅关系到紫花苜蓿的年产量、品质和再生情况，还对草产品质量有很大影响。苜蓿适时收获包括收获时期、收获次数和刈割留茬高度。通常情况下，需要综合考虑紫花苜蓿的产量、茎叶比例、总可消化营养物质含量、对再生性能的影响及单位面积土地上获得的总营养物质产量。

（1）苜蓿的刈割期。苜蓿完整的生长周期包括营养期、现蕾期、初花期、盛花期和结荚期，每个时期对应的营养价值都不同（表 13-2）。

表 13-2 苜蓿不同生长时期质量指标

生育期	粗蛋白质 /%	酸性洗涤纤维 /%	中性洗涤纤维 /%
营养期	22	28	38
现蕾期	20	30	40
初花期	18	33	43
盛花期	16	41	53
结荚期	14	43	56

在苜蓿生产中，收获时要兼顾苜蓿产草量和营养价值，因为它们是重要的生产指标。刈割时期的选择影响到收获时乃至制成的草产品的产量和营养价值。适宜的刈割期需要满足 3 方面的条件：有利于苜蓿生长发育和提高产量、保持苜蓿含有较高的营养价值、有利于产量的持久性及收割后根系营养物质的积累。

随着苜蓿生育期的延长，苜蓿株高增加，在现蕾前期，苜蓿处于营养生长阶段，植株株高增加较快，现蕾前期以后为苜蓿生殖生长阶段，株高增加缓慢，在盛花期，株高达到峰值。苜蓿鲜草产量与株高呈指数相关关系，株高可反映产量情况，在盛花期收获可获得最高的单茬苜蓿的产量，但一年苜蓿总产量受到影响（表 13-3）。

表 13-3　苜蓿收割时期与总产量

刈割期	第一茬刈割日期	两茬间平均间隔时间 /d	刈割次数 / 次	平均株高 /cm	全年鲜草产量 /(kg/ 亩)	全年干草产量 /(kg/ 亩)	鲜干比
分枝期	4.20	20	8	56.5^{Ce}	3323.1^{Bd}	568.9^{De}	5.84^{Aa}
现蕾前期	5.3	25	7	72.3^{Bd}	$3\,646.8^{Aa}$	716.9^{Cd}	5.09^{Bb}
现蕾期	5.8	29	6	76.8^{ABc}	$3\,581.4^{Ab}$	846.7^{ABb}	4.23^{Cc}
初花期	5.15	35	5	78.9^{Ab}	$3\,446.1^{ABc}$	853.0^{Aa}	4.04^{CDEed}
盛花期	5.25	42	4	80.3^{Aa}	$3\,260.0^{Be}$	844.8^{ABb}	3.86^{DEde}
结荚期	6.10	56	3	79.6^{Aa}	$2\,856.6^{Cf}$	772.3^{BCc}	3.70^{Ee}

注：表中上标字母表示不同的显著性差异。

从一年总产量来看，在初花期刈割可以获得最高的干草产量。另一方面，从总营养物质产量角度来看，在初花期刈割可以获得最高的干物质产量。所以，以初花期为收获时期可以保证营养物质和干草产量实现年度最大收益。

而在最后一次刈割时，还需要考虑苜蓿越冬的问题。苜蓿越冬与根部含糖量有关，一般来说，苜蓿每年最后一茬收获时，收获时期还会影响苜蓿根部营养物质含量，在初花期 - 盛花期刈割，营养物质积累较多，有利于越冬和次年再生。

综合考虑，苜蓿适宜的刈割期为初花期（10% 植株开花），此时刈割可以获取较高的干草产量和营养物质产量，并能够使苜蓿保持较高的生产能力和持久性。

（2）苜蓿的收获次数。苜蓿的刈割次数是指在每年植株生长期内的割草次数。刈割的合理与否直接影响当年收获苜蓿的产量和质量，间接影响到后来年份生产力的维持与提高。一般来说，苜蓿刈割 3 次以上产草量最高。

黄淮海地区相对温暖湿润，全年积温适中，无霜期相对较长，如果种植土地肥沃，配合良好的栽培管理水平，苜蓿每年可以刈割 4～5 次。苜蓿为多年生豆科牧草，在最后一茬收获时，需要考虑刈割时间对翌年返青和生长状况的影响，一般来说，为了保证苜蓿根系积累足够的糖类，满足越冬和发芽的需要，最后一次刈割要在停止生长前 20～30 d 前进行。

（3）苜蓿的刈割留茬高度。苜蓿一年可收获多次，每次收获后从根茎萌发新枝条。刈割留茬高度的选择需要综合考虑后续茬次牧草生长和总草产量（表 13-4）。留茬过高，当茬苜蓿产量较低，还会造成基部茎叶损失，同时旧茬也会在一定程度上抑制再生草的生长，再生草产量会受到一定影响；留茬过低，当茬苜蓿产量较高，但是影响苜蓿再生能力和新生枝条的生活力，甚至影响再生草的成活率，再生茬次生长期延长，整年草产量反而下降，而连续低茬刈割会引起苜蓿草地的急剧衰退。

表 13-4　留茬高度与产量

茬次	留茬高度 /cm	平均株高 /cm	鲜草产量 /(kg/ 亩)	干草产量 /(kg/ 亩)	鲜干比
当茬草（第 1 茬）	3～4	81.8	946.5^{Aa}	326.4^{Aa}	2.90^{Bc}
	5～6	82.5	925.6^{Bb}	316.6^{Bb}	2.92^{ABab}
	7～8	82.6	908.2^{Cc}	309.9^{Bc}	2.93^{ABab}
	9～10	82.3	885.5^{Dd}	299.7^{Cd}	2.95^{Aa}

续表 13-4

茬次	留茬高度 /cm	平均株高 /cm	鲜草产量 /（kg/ 亩）	干草产量 /（kg/ 亩）	鲜干比
再生草（第 2 茬）	3～4	75.8	576.5^{Cc}	196.9^{Cc}	2.93^{Ab}
	5～6	77.2	593.6^{Bb}	201.5^{ABab}	2.95^{Aab}
	7～8	77.5	607.2^{Aa}	205.1^{Aa}	2.96^{Aab}
	9～10	76.7	590.5^{Bb}	198.7^{BCbc}	2.97^{Aa}
全部茬次（共 5 茬）	3～4	78.8	$2\,871.3^{Dd}$	979.9^{Bd}	2.93^{Ab}
	5～6	79.85	$2\,992.5^{Aa}$	$1\,015.5^{Aa}$	2.95^{Aab}
	7～8	80.05	$2\,967.8^{Bb}$	$1\,006.7^{Ab}$	2.95^{Aab}
	9～10	79.5	$2\,920.5^{Cc}$	985.7^{Bc}	2.96^{Aa}

注：表中上标字母表示不同的显著性差异。

留茬高度在 5～6 cm 时，一年每亩地苜蓿鲜草和干草产量最高。随着留茬高度的增加，茎叶比下降，苜蓿蛋白含量增加，纤维含量下降，鲜草产量下降。一般情况下，用割草机进行机械化刈割时，留茬高度为 8～10 cm。

苜蓿越冬情况与多种因素相关，根部营养物质丰富程度是影响因素之一，冬季根部贮存的营养物质越多苜蓿抗寒抗旱能力越强，有利于越冬返青。末次刈割的留茬高度对越冬前苜蓿根的干重、体积、CP 含量和总糖含量的影响均较大，刈割留茬高度为 7～8 cm 时较为合适，其次为 5～6 cm、9～10 cm 和 3～4 cm，其原因可能是一定的留茬高度保证留有苜蓿植株的生长点和再生点、再生速度和存活力适宜，根部干物质和营养成分的累积速度也较快，有利于苜蓿的正常越冬和来年的再生；留茬太高或太低都不利于营养物质积累。

2. 青饲

青饲是苜蓿刈割后运回、切碎、舍饲，是苜蓿的一种主要利用方式。青饲时应随割随用，不能放置太久。新鲜苜蓿蛋白质含量高，适口性好，牲畜喜食。苜蓿一般在现蕾期至初花期刈割，可以直接饲喂奶牛、肉牛、羊、兔、驴、猪、鸡、鸭、鹅等畜禽。饲喂量与动物种类和动物所处的生长时期有关，猪和禽类一般饲喂上半部纤维含量较低的部分，且需要切碎或打浆。新鲜苜蓿下半部纤维较高的部分可以饲喂大型家畜，可以单独饲喂，也可以与禾谷类秸秆、青贮玉米饲料等混合舍饲。

青饲时，苜蓿一般处于开花期前，皂苷含量较高，皂苷是一种由甾体化合物或多环三萜与寡糖组成的物质，受到振荡时产生大量而持久的泡沫。草食家畜采食过多新鲜苜蓿后，瘤胃中形成大量泡沫且不能排出，易患臌胀病，引起死亡或产乳量下降。为防止此类病症发生，可在饲喂新鲜苜蓿前饲喂干草或粗饲料；待苜蓿上面露水蒸干后饲喂；或与其他禾本科牧草搭配饲喂，且每天鲜饲量不能过大。

3. 苜蓿干草调制

苜蓿干草饲用价值高，是优质的粗饲料，可以代替部分精饲料或者制成配合饲料。苜蓿干草的制作过程包括刈割、干燥、捡拾打捆、二次高密度打捆和贮存等。苜蓿干草调制方法简单，成本低，能够长期安全贮藏，平衡全年饲草供应。

青绿饲料含水量高，苜蓿鲜草含水量为75%～80%，腐败微生物容易繁殖并使青绿饲料腐败变质，通过干燥，将含水量降到18%以下，防止霉变损失，保存营养成分，实现长期保存的目的。

在干燥的过程中，有两个变化阶段：第一阶段是在活细胞中进行的以异化作用为主导的生理过程；第二阶段是在死细胞中进行的在酶的参与下以分解为主导的生化过程。在这两个阶段，糖、蛋白质、胡萝卜素含量降低，维生素D含量增加。生理变化过程发生在苜蓿的含水量从刈割时75%～80%降低至40%左右过程中。在这个阶段，养分损失量一般为5%～10%，主要水分散失方式是游离于细胞间隙的自由水通过维管系统、细胞间隙和气孔散失出去，水分降低速度较快。生化变化过程发生在苜蓿含水量从40%下降到18%以下过程中，在这个阶段，主要水分主要散失途径是从细胞内部进入细胞间隙，通过角质层蒸发。由于角质层里含有部分蜡质，水分降低速度慢，是苜蓿干燥过程的主要耗时阶段。影响苜蓿水分散失的因素有外界气候条件，苜蓿植株内、外水分移动的阻力和苜蓿各部位的散水强度。

在干燥过程中，植物的呼吸作用、机械作业、阳光的照射和漂白作用、微生物繁殖和发热以及雨淋都会引起干草调制过程中的营养损失。干燥时间越长营养损失越多，为了最大限度保存苜蓿营养，应当尽量缩短干燥时间。

（1）晾晒。在黄淮海地区可以采用以下两种方法进行晾晒。

① 地面晾晒法。通过割草机刈割后，将牧草平摊在草趟，就地干燥。当牧草水分含量下降至40%左右，可以进行一次翻晒。为避免苜蓿叶片损失，翻晒作业可以在晚间或者早晨进行，同时将草搂成松散的草垄，或者堆成小堆，继续晾干，然后调制成干草。

② 草架晾晒法。将牧草刈割并在地面上干燥，当含水量为45%～50%时，将牧草自下而上，逐层堆放到草架上，继续晾晒。干草架子有独木架、三角架、幕式棚架、铁丝长架、活动架等。架上干燥可以将苜蓿由上至下保持一定的斜度铺在草架上，厚度小于70 cm，保持蓬松的状态以利于通风。草架晾晒法需要一定的设备投入，相对于地面干燥法，草架晾晒法需要的劳动力较多。

（2）缩短干燥时间。以下几种措施可以有效地缩短干燥时间。

① 选择合适的天气。黄淮海地区苜蓿收获时期与雨季同期，为获得全年最高的干草产量，可以适当地进行收获时期调整。一般第1茬苜蓿在5月进入收获期，为了方便后期收获，可以在5月中旬收获现蕾期苜蓿，刈割后施肥，根据土地情况，适时灌溉以促进第2茬苜蓿生长发育。在6月底收获第2茬苜蓿，并调制干草。进入7月后，降水较集中，可以避开这一段时间，8月下旬刈割第3茬苜蓿，给第4茬苜蓿留下较充足的生长时间。在降水量较集中的月份进行刈割时，根据气象信息，选择在2～3 d内无降水、天气和空气湿度适宜的条件下，可以采取小范围分批作业的方式进行干草调制。

如果天气条件不适合进行干草调制，可以将收获的苜蓿调制成青贮饲料。

② 喷洒化学干燥剂。苜蓿等豆科牧草在刈割前，最好用干燥剂处理。化学干燥剂能够改变苜蓿角质层的结构或溶解体表蜡质，促进水分的散失，有效缩短田间干燥的时间。常用的化学干燥剂有碳酸钾、碳酸钙、碳酸钠、氢氧化钠、磷酸二氢钾、碳酸钾与长链脂肪酸混合液、长链脂肪酸甲基酯乳化液与碳酸钾混合液等。

一般情况下，空气越干燥苜蓿含水量越高，使用干燥剂的效果越好。喷洒干燥剂和刈

割应该同时进行或者喷洒后迅速刈割，还要注意摊薄苜蓿，加速干燥进程。

③ 适当压扁。苜蓿植株各部位含水量不同，表面积和解剖构造也有区别，各部位在刈割后水分散失速度不同，茎秆的水分散失速度是最慢的，当叶片完全干燥时，茎秆的含水量还很高。所以，缩短茎秆干燥时间可以缩短整个干燥时间。

采用茎秆压扁的方法可以使干燥时间缩短 1/3～1/2，而且干物质损失减少 2～3 倍，碳水化合物损失减少 2～3 倍，粗蛋白质损失减少 3～5 倍。茎秆压扁后，角质层、维管束被破坏，减少水分蒸发的阻碍，加快水分散失速度，有效减少茎秆干燥时间。

不同程度的压扁对干燥的影响也不同（表 13-5）。轻压使茎秆纵向出现裂纹，但是茎秆不会裂开；重压使茎秆裂开。在苜蓿不同生长时期刈割并采取不同压扁处理的数据可以看出，轻压扁的粗蛋白质、胡萝卜素含量较高，粗纤维含量较低。

还可以将茎秆压扁后，添加浓度为 2% 的碳酸氢钠，干燥的效果也很好。

表 13-5 处理与营养物质含量关系

生育期	处理	粗蛋白质 /%	胡萝卜素 /（mg/kg）	粗纤维 /%
现蕾初期	烘干	28.11	194.00	16.20
	重压扁	21.81	170.60	19.90
	轻压扁	27.78	150.60	19.61
	未压扁	26.65	108.00	20.94
现蕾盛期	烘干	22.10	170.0	23.60
	重压扁	18.42	160.0	27.26
	轻压扁	20.54	140.0	26.81
	未压扁	19.27	80.0	29.36
初花期	烘干	20.61	166.9	33.83
	重压扁	15.99	154.8	33.13
	轻压扁	18.10	137.6	33.07
	未压扁	16.84	58.1	33.09

注：引自洪绂曾（2009）。

④ 小捆干燥。当苜蓿含水量降低至 40% 左右时可以打成小捆，可以有效减少机械作业次数，缩短干燥时间并保存大量营养成分；含水量较低时打捆叶片损失较多；含水量较高时打捆，不仅降低了苜蓿干燥速率，还有可能发生热害和霉变。

⑤ 翻晒。在苜蓿含水量降到 40% 左右时，翻晒一次可以缩短苜蓿干燥时间，营养损失也较小。翻晒次数会影响叶片的保存，苜蓿大量的营养物质在叶片中，多次翻晒导致叶片脱落。在上述几种促进苜蓿干燥的处理中，压扁程度对粗纤维、胡萝卜素的含量影响最大，翻晒次数和打捆干燥的影响次之。

⑥ 大棚干燥。在苜蓿干燥过程中，还可以在塑料大棚中进行干燥。塑料大棚内气温一般高于大棚外，而且平均湿度较低，昼夜更替和天气对塑料大棚的影响较小，可以促进苜

蓿干燥，有利于营养物质保存。

（3）刈割时防止雨淋。刈割苜蓿时，注意收听天气预报，避开雨天刈割。如遭雨淋，苜蓿色泽由绿变淡，落叶数量增多。雨淋后还会增加苜蓿含水量，拖延了干燥时间，如水分掌握不当，在保存期间易发霉变质，造成质量下降，生产受损（表 13-6）。

表 13-6　调制方式与营养物质含量　%

处理	蛋白质	糖分	淀粉	纤维
实验室	17.83	4.18	10.71	27.50
野外调制	13.77	2.25	12.40	30.51
雨天野外调制	11.33	0.75	14.14	36.49

注：引自洪绂曾（2009）。

地面晾晒一段时间后，苜蓿含水量降至 40%～50% 时，可用搂草机将苜蓿搂成草垄；当含水量降至 35%～40% 时，可以搂成小草堆。在进行搂草和集草时，一定要选择在含水量合适的时期进行作业，防止因苜蓿含水量较高造成的腐败霉变或含水量较低导致大量叶片脱落。

（4）堆垛要求。苜蓿在田间晒干后，含水量降至 15%～18%，应及时拉运上垛，堆垛作业可以用人力完成或干草堆垛机操作。草垛应选在地势较高、不易积水的地方；草垛的形状有长方形和圆形两种，原则是高大于宽（雨淋面小），宽度一般为 4～5 m，长度应根据草量的多少，一般不少于 9 m；堆垛时，垛底可以铺上不少于 25 cm 高的树枝、秸秆或砖块等。堆垛时可以根据条件采用逐层堆垛或者逐段堆垛的方式进行。堆垛时要注意将垛顶堆成弧形，利于排水，减轻雨淋损失。堆垛完成后，可以在垛顶覆盖劣质草、杂草或秸秆，高度应在 50 cm 左右，并用重物或绳索捆住，防止被风吹散。如有条件，还可在垛顶覆盖帆布或塑料布防止太阳光损害或雨淋损失。

（5）打捆。在气候潮湿、雨水较多的黄淮海地区，调制干草时应及时打捆或堆垛。用捡拾打捆机可以将苜蓿压制成草捆。草捆形状有方形和圆形两种。方草捆密度较大，每立方米 160～300 kg；圆草捆密度小一些，每立方米 110～250 kg。将草捆用固定式高密度二次打捆机进行二次打捆，可以制成每立方米 320～380 kg 的高密度草捆（表 13-7）。

表 13-7　不同规格草捆对含水量的要求

规格	含水量要求	重量 /kg
小方捆	<20%	30～35
大方捆	<16%	300～900
大圆捆	<16%	250～550
露天存放大圆捆	<20%	250～550

注：引自洪绂曾（2009）。

（6）苜蓿干草的贮藏。苜蓿干草的贮藏地点最好选择地势较高、平坦干燥的地方，底部垫起铺平。

表 13-8 草捆贮存方式与营养损失

贮存方式	营养损失/%	
	贮存 9 个月	贮存 12～18 个月
仓库	<2	2～5
简易草棚	2～5	3～10
防雨布苫盖	5～10	10～15
露天存放不苫盖	5～20	15～50

注：引自洪绂曾（2009）。

苜蓿干草在贮藏过程中，温度、颜色、重量和营养成分等指标会发生变化，它们的变化情况与干草含水量和贮藏条件有关。

在贮藏过程中，苜蓿草捆内部温度变化趋势呈现“上升—下降—上升—下降”的规律。温度变化的幅度与草捆含水量有关，含水量越高变化趋势越明显。温度的变化也与霉菌的活动相关，草捆水分和有氧环境为霉菌的繁殖提供了条件，在温度升高的同时，美拉德反应加剧，蛋白质结合成为难以消化的结合蛋白，降低了干草消化率。霉菌的活动使温度升高，而温度升高会抑制霉菌活动，温度下降，这种温度波动变化情况在含水量下降到安全水平时停止。霉菌数量在贮藏 10 d 左右到达最高值，随后数量下降。整个贮藏过程营养成分降低，含水量越高营养损失率也越大。出于安全贮藏的角度，苜蓿草捆的含水量需要控制在 20% 以下，也可以通过添加防霉剂抑制霉菌繁殖。

除干草防霉剂（主要成分为丙酸、丙三醇、甘油二酯）外，在干草中喷洒 CaO、尿素、无水氨和丙酸，也有利于干草保存。

4. 苜蓿青贮调制技术

苜蓿属于豆科牧草，蛋白质含量和缓冲能较高，收获时期含水量较高，而可溶性糖含量低，直接用来调制青贮，产生的乳酸不足以将 pH 降至 4.2 以下，而且还会产生大量的渗出液，养分流失。在新鲜苜蓿的青贮过程中，很容易产生丁酸，形成劣质的青贮饲料，甚至不能饲喂。为了调制成功的苜蓿青贮，需要选择合适的方法。

黄淮海地区在收获第 2 茬、第 3 茬苜蓿时，雨热同期，调制苜蓿干草受到影响，为避免或降低损失，可以将苜蓿调制成青贮饲料。

（1）苜蓿半干青贮技术。半干青贮也叫低水分青贮，将苜蓿进行晾晒，当含水量降至 45%～60% 进行青贮，就形成了苜蓿半干青贮。在低水分环境下，不利于丁酸菌的繁殖，即使 pH 不能下降至 4.2，也能调制成优质青贮。在调制过程中，需要一定的晾晒时间，为了控制原料的营养损失，应在 36 h 内完成晾晒或萎蔫。这个过程一般在田间进行，在晾晒的过程中需要防止苜蓿受到雨淋。当含水量降至合适程度时进行翻晒，翻晒过程中尽量避免带入泥土。含水量降至 50% 左右，可以捡拾、切碎并进行青贮。切碎长度一般在 1～1.5 cm，装填过程应迅速，装填完成后应及时密封。

（2）苜蓿添加剂青贮技术。苜蓿半干青贮有利于调制成优质的苜蓿青贮。在黄淮海地区，存在雨热同期的问题，如果收获时进行晾晒，还是有可能遇到雨水天气，造成损失。

收获时苜蓿含水量在 80% 左右，直接青贮加工，会发生排汁或腐败，很难获得优质的青贮饲料。以高水分苜蓿为的原料，直接青贮情况下，有必要采用添加剂来保证青贮饲料的品质。添加剂可以改善青贮效果，但是难以避免梭菌活动造成的营养损失。因为在高水分的条件下，较低的 pH 并不能抑制有害菌的生长，它们将可溶性碳水化合物与蛋白质降解为丁酸和氨态氮，即使 pH 下降至 4.0 左右，依然可以检测到丁酸的存在。目前经研究证明添加乳酸菌和纤维素酶、丙酸、甲酸、饲用枣粉、蔗糖和绿汁发酵液等都能有效地提高