

不同含水量苜蓿草捆的霉变规律 及其对草捆品质的影响

史莹华, 张伟毅, 严学兵, 王成章*
(河南农业大学牧医工程学院, 河南 郑州 450002)

摘要:通过模拟真实环境来研究不同含水量苜蓿(*Medicago sativa*)草捆的霉变规律及其对苜蓿草捆品质的影响。采用单因素试验设计, 苜蓿草捆含水量设 3 个梯度, 分别为 15%, 25% 和 35%, 每个梯度设 3 个重复, 放置在一个密闭的房间, 贮藏温度为 25℃, 贮藏时间为 16 d, 隔天(即 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 d)采样。结果表明:含水量越高, 贮藏时间越长, 苜蓿草捆中霉菌数量增加越快, 但都是在第 9 d 达到最高, 随后都急剧下降。苜蓿草捆中粗蛋白质含量随着贮藏时间的延长先上升后又略微下降($P < 0.05$); 水分含量越高粗蛋白含量越高($P < 0.05$); 苜蓿草捆中粗脂肪和可溶性糖含量随着贮藏时间的延长都有降低的趋势($P < 0.05$)。因此, 苜蓿草捆水分含量应控制在 15% 以下, 草捆霉变后粗蛋白质的含量增加, 粗脂肪和可溶性糖含量降低。

关键词:苜蓿草捆; 霉菌; 粗蛋白; 粗脂肪; 可溶性糖分

中图分类号: S541.993

文献标识码: A

文章编号: 1007-0435(2012)01-0058-05

Effects of Different Water Contents on Rotting Patterns and Quality of Alfalfa Bales

SHI Ying-hua, ZHANG Wei-yi, YAN Xue-bing, WANG Cheng-zhang*

(College of Animal Science and Veterinary Medicine, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan Province 450002, China)

Abstract: The impact of different water contents (15%, 25%, 35%) on rotting patterns and quality of alfalfa bales was studied through single-factor experimental design. The alfalfa bales were placed in a temperature controlled room (25℃) for 16 days and sampled every other day. Results showed that mildewed alfalfa bales increased as water content increased and storage time until day 9, then sharply declined. Crude protein content increased initially then decreased slightly along with storage time ($P < 0.05$). Both ether extract and soluble sugar content decreased along with storage time ($P < 0.05$). These results suggested that the water content of alfalfa bales should be maintained below 15%. Crude protein content of alfalfa bales increased while both ether extract and soluble sugar content decreased as alfalfa bales mildewed.

Key words: Alfalfa bales; Mildew; Crude protein; Ether extract; Soluble sugar

苜蓿(*Medicago sativa*)有“牧草之王”的美誉,富含粗蛋白、维生素和矿物质等,具有很高的营养价值,是世界上最主要的饲料作物之一^[1]。苜蓿种植区多雨热同季,在刈割和贮存过程中极易出现霉败现象^[2,3],严重制约了苜蓿在生产实践中的运用。干草捆加工是牧草商品化生产的主导技术,在国内外已得到广泛应用。但是在实际生产中因为人们对加工草捆的含水量、贮存温度和湿度等条件掌握不足,导致草捆在贮藏期间

霉烂损失率增加,营养价值急剧降低,影响动物生长发育及生产性能。因此掌握科学合理的干草捆调制加工和贮藏技术,尽可能降低干草在贮藏过程中的营养物质损失,是饲草生产和研究人员当前的工作重点。

本试验采用模拟夏季高温高湿现场环境的方法来研究不同含水量条件下苜蓿草捆的霉变规律以及苜蓿草捆中粗蛋白、粗脂肪、可溶性糖的变化规律,为获得高品质苜蓿干草的技术手段提供基础数据。

收稿日期: 2010-05-05; 修回日期: 2011-11-08

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划资助项目(2011BAD17B04); 农业部牧草产业技术体系建设项目资助

作者简介: 史莹华(1976-), 女, 河南新野人, 博士, 副教授, 主要从事牧草与饲料研究, E-mail: annysyh@126.com; * 通信作者 Author for correspondence, E-mail: wangchengzhang@263.net

1 材料与方法

1.1 试验材料

采用合博草业有限公司黄河滩区人工种植的紫花苜蓿,收割后晾晒,当水分含量达到 15%,25%和 35%时进行打捆,不同含水量的苜蓿草捆在 25℃的恒温环境下贮藏 16 d,同时隔天取样进行测定(即第 1,3,5,7,9,11,13,15 d 取样)。

1.2 试验设计

采用单因素试验设计,含水量设 3 个梯度,分别为 15%,25%和 35%,每组设 3 个重复,放置在一个密闭的房间里,利用自动控温电热器控制温度为 25℃。取样时戴无菌手套,用取样器在每个重复草捆内部随机取 100 g 放在密闭的自封袋内,到无菌实验室后取出 35 g 剪碎,称取剪碎的牧草 10 g,分别放到锥形瓶中,加生理盐水后在振荡器中震荡 30 min,取上清液备用。每个样品 3 个重复。剩余的样品烘干粉碎做品质鉴定试验。

1.3 测定指标与方法

水分含量的测定使用微波炉法^[4];霉菌的测定采用马丁培养基平皿涂布法^[5];粗蛋白质的测定采用凯氏定氮法^[6];粗脂肪的测定采用索氏提取法^[6];可溶性糖分的测定采用恩酮比色法^[7]。

1.4 数据分析

试验数据采用 SPSS 11.5 单因素方差分析和多重比较,结果采用“M±SD”进行表示。在差异显著的基础上用 Duncans 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同含水量苜蓿草捆中霉菌数量的变化规律

由表 1 可知,总体上不同含水量组随着贮藏天数的增加霉菌数量均呈现先上升后下降的趋势,且都在第 9 d 达到最高;每天中霉菌数量随着含水量的升高呈上升趋势。其中,15%含水量组第 1 d 与第 13 d 之间差异不显著,第 5 d 与第 11 d 之间差异不显著,其他天数之间差异均达显著($P<0.05$);25%含水量组第 1 d 与第 13 d 之间差异不显著,其他天数之间差异均显著($P<0.05$);35%含水量组各天数之间差异均显著($P<0.05$)。

从第 1 d 到第 15 d,不同含水量组之间差异均显著($P<0.05$)。

表 1 不同含水量苜蓿草捆中霉菌数量的变化

Table 1 Amounts of mildewed alfalfa bales under different water contents $\times 10^4 \cdot g^{-1}$

时间 Time	15%	25%	35%
1 d	15.67±1.16 ^{ec}	21.33±0.58 ^{fb}	26.33±0.58 ^{ga}
3 d	20.67±0.58 ^{dc}	28.00±1.00 ^{eb}	34.67±0.58 ^{ga}
5 d	24.67±0.58 ^{ec}	38.67±0.58 ^{cb}	52.33±0.58 ^{da}
7 d	32.67±1.00 ^{bc}	52.33±0.58 ^{bb}	80.67±1.53 ^{ba}
9 d	40.00±1.00 ^{ac}	73.00±2.00 ^{ab}	93.33±1.53 ^{ba}
11 d	23.33±1.53 ^{ec}	35.33±1.53 ^{db}	58.00±1.00 ^{ca}
13 d	15.00±1.00 ^{ec}	21.33±1.53 ^{fb}	36.67±1.53 ^{ca}
15 d	9.33±0.58 ^{fc}	15.67±0.58 ^{fb}	20.00±1.00 ^{ba}

注:上标小写字母不同者表示同行差异显著($P<0.05$),下标小写字母不同者表示同列差异显著($P<0.05$)。下表同

Note: Different superscript letters in the same row and different subscript letters in the same column mean significant difference ($P<0.05$). The same as below

由表 2 可知,第 1 d 和第 3 d 各含水量组都出现了 1 种黄色霉菌,第 5 d 都出现了细小的腐败菌,15%和 25%含水量组出现的腐败菌量很少;第 7 d 各含水量组都出现了长丝状霉菌和其他杂菌;第 9 d 和第 11 d 各含水量组都出现了黄色、青色、白色的 3 种霉菌,其中以黄色霉菌为主,黄色霉菌菌丝较短而细密,孢子端分布着黄色颗粒,青色霉菌呈边缘白色的突起状,菌丝整齐较短,白色霉菌有的呈绒毛状,有的呈长絮状数量居中,大小居中。出现的长丝状霉菌主要以黄色为主。

2.2 不同含水量苜蓿草捆中粗蛋白的变化规律

由表 3 可知,各含水量组苜蓿草捆中粗蛋白含量随着贮藏天数的增加均呈现先上升后略微下降的趋势,且都在第 11 d 达到最高;每天粗蛋白的含量随着含水量的升高呈上升趋势。其中,15%含水量组第 7 d 与第 15 d 之间差异不显著,第 9 d 与第 13 d 之间差异不显著,其他各天之间差异显著($P<0.05$);35%含水量组第 9 d 与第 13 d 之间差异不显著,其他各天之间差异均显著($P<0.05$);25%含水量组各天之间差异均显著($P<0.05$)。第 13 d 中 15%与 25%含水量组之间差异不显著;其他各天 3 个含水量组之间差异均显著($P<0.05$)。

2.3 不同含水量苜蓿草捆中粗脂肪的变化规律

由表 4 可知,各试验组苜蓿草捆中粗脂肪的含

量随着贮藏天数的增加均呈下降趋势;除第 1 d 和第 3 d 外,其余各天粗脂肪的含量随着含水量的升高呈下降趋势。其中,15%含水量组第 1,3,5 d 之间差异不显著,第 11 d 与第 13 d 之间差异不显著,第 11 d 与第 15 d 之间差异不显著,其他各天之间差

异均显著($P<0.05$);25%和 35%含水量组每天之间都存在显著差异($P<0.05$)。第 3 d 中 15%与 35%含水量组之间差异不显著,25%与 35%含水量组之间差异不显著;其他各天 3 个含水量组之间差异均显著($P<0.05$)。

表 2 不同含水量苜蓿草捆中菌落种类的变化

Table 2 Microbes of mildewed alfalfa bales under different water contents

时间 Time	15%	25%	35%
1 d	黄色霉菌	黄色霉菌	黄色霉菌
3 d	黄色霉菌	黄色霉菌	黄色霉菌
5 d	腐败菌、黄色霉菌	腐败菌、黄色霉菌	腐败菌、黄色霉菌
7 d	腐败菌、黄色霉菌、长丝状霉菌、其他杂菌	腐败菌、黄色霉菌、长丝状霉菌、其他杂菌	腐败菌、黄色霉菌、长丝状霉菌、其他杂菌
9 d	黄色霉菌、青色霉菌、白色霉菌、长丝状霉菌、其他杂菌	黄色霉菌、青色霉菌、白色霉菌、长丝状霉菌、其他杂菌	黄色霉菌、青色霉菌、白色霉菌、长丝状霉菌、其他杂菌
11 d	黄色霉菌、青色霉菌、白色霉菌、长丝状霉菌、其他杂菌	黄色霉菌、青色霉菌、白色霉菌、长丝状霉菌、其他杂菌	黄色霉菌、青色霉菌、白色霉菌、长丝状霉菌、其他杂菌
13 d	黄色霉菌、青色霉菌、白色霉菌	黄色霉菌、青色霉菌、白色霉菌、长丝状霉菌	黄色霉菌、青色霉菌、白色霉菌、长丝状霉菌
15 d	黄色霉菌、青色霉菌、白色霉菌	黄色霉菌、青色霉菌、白色霉菌	黄色霉菌、青色霉菌、白色霉菌、长丝状霉菌

表 3 不同含水量苜蓿草捆中粗蛋白含量的变化

Table 3 Crude protein contents of alfalfa bales with different water contents %

时间 Time	15%	25%	35%
1 d	17.45±0.03 ^{fc}	17.55±0.04 ^{hb}	18.37±0.04 ^{ga}
3 d	19.08±0.03 ^{ec}	19.57±0.06 ^{gb}	19.91±0.02 ^{fa}
5 d	20.22±0.04 ^{dc}	20.89±0.09 ^{eb}	21.05±0.04 ^{ea}
7 d	20.92±0.03 ^{cc}	21.31±0.03 ^{db}	21.89±0.03 ^{ca}
9 d	21.38±0.03 ^{bc}	21.72±0.04 ^{bb}	22.24±0.03 ^{ba}
11 d	22.01±0.06 ^{ac}	22.84±0.05 ^{ab}	22.93±0.02 ^{aa}
13 d	21.47±0.06 ^{bb}	21.48±0.04 ^{cb}	22.15±0.03 ^{ba}
15 d	20.89±0.04 ^{cc}	20.74±0.06 ^{fb}	21.21±0.02 ^{da}

表 4 不同含水量苜蓿草捆中粗脂肪含量的变化

Table 4 Ether extract contents of alfalfa bales with different water contents %

时间 Time	15%	25%	35%
1 d	1.50±0.03 ^{ac}	1.61±0.02 ^{ab}	1.67±0.02 ^a
3 d	1.49±0.04 ^{abc}	1.54±0.01 ^{ba}	1.51±0.02 ^{bab}
5 d	1.51±0.01 ^{aa}	1.43±0.01 ^{cb}	1.36±0.03 ^{cc}
7 d	1.26±0.02 ^{ba}	1.13±0.03 ^{db}	1.03±0.02 ^{dc}
9 d	1.15±0.02 ^{ca}	1.02±0.02 ^{eb}	0.97±0.02 ^{cc}
11 d	1.01±0.02 ^{dca}	0.94±0.02 ^{fb}	0.86±0.02 ^{cc}
13 d	1.03±0.02 ^{da}	0.89±0.02 ^{sb}	0.82±0.01 ^{cc}
15 d	0.99±0.02 ^{efa}	0.83±0.02 ^{hb}	0.76±0.03 ^{hc}

2.4 不同含水量苜蓿草捆中可溶性糖分的变化规律

由表 5 可知,各试验组苜蓿草捆中可溶性糖的含量随着贮藏天数的增加均呈下降趋势;每天的可

溶性糖含量随着含水量的升高呈下降趋势。其中,15%含水量组第 9 d 与第 13 d 之间差异不显著,其他各天之间差异均显著($P<0.05$);25%含水量组第 3 d 与第 5 d 之间差异不显著,其余各天之间差异均显著($P<0.05$);35%含水量组各天之间差异均显著($P<0.05$)。第 1 d 和第 3 d 中 25%与 35%含水量组之间差异不显著;其他各天 3 个含水量组之间差异均显著($P<0.05$)。

表 5 不同含水量苜蓿草捆中可溶性糖含量的变化

Table 5 Soluble sugar contents of alfalfa bales with different water contents %

时间 Time	15%	25%	35%
1 d	1.91±0.03 ^{aa}	1.75±0.02 ^{ab}	1.71±0.01 ^{ab}
3 d	1.66±0.03 ^{ba}	1.59±0.02 ^{bb}	1.57±0.02 ^{bb}
5 d	1.62±0.01 ^{ca}	1.57±0.02 ^{bb}	1.45±0.03 ^{cc}
7 d	1.44±0.02 ^{da}	1.35±0.01 ^{cb}	1.23±0.02 ^{dc}
9 d	1.27±0.01 ^{fa}	1.20±0.01 ^{db}	1.13±0.01 ^{cc}
11 d	1.31±0.02 ^{ea}	1.14±0.01 ^{eb}	1.02±0.02 ^{fc}
13 d	1.27±0.01 ^{fa}	1.06±0.02 ^{fb}	0.92±0.02 ^{gc}
15 d	1.23±0.02 ^{ga}	0.98±0.03 ^{gb}	0.85±0.03 ^{hc}

3 讨论

3.1 霉菌数量的变化规律

微生物在饲料中生长繁殖,使饲料发生一系列的生化变化,造成饲料品质下降。霉菌总数是反映饲料霉变的客观指标,在适宜的温度和水分条件下,

草捆中的霉菌在其对数生长期和稳定生长期内会大量的繁殖和生长。在这个阶段,霉菌总数可以作为评价饲料霉变程度的指标。当霉菌大量生长和繁殖时会产生大量的热量,高温造成了饲料中水分蒸发转移和霉菌孢子的死亡;另外当霉菌生长到一定阶段处于衰亡期时,饲料中的霉菌总数也会大量减少^[8,9]。本研究表明,各含水量组在第1 d霉菌数量很少,从第3 d开始快速上升到第9 d达到最高,之后开始下降到第13 d趋于稳定。不同含水量组霉菌数量在试验期各天之间存在显著差异,而每天中各个含水量组之间也存在显著差异。15%含水量组与其他组相比总体变化不大,但是霉菌数量也略微超过了国家标准范围。35%含水量组霉菌数量和菌落总数量最多,是因为相同温度条件下其含水量最适宜于霉菌生长,同时还出现了其他杂菌与霉菌的共同生长。各含水量组霉菌数量均在出现一个高峰之后下降,原因是霉菌的生长周期一般是8~9 d,霉菌生长到第9 d时会达到一个高峰,之后逐渐下降。

3.2 粗蛋白质含量的变化

粗蛋白质含量的多少是评定苜蓿质量优劣的主要指标^[10]。苜蓿含有20多种氨基酸,包括人和动物所需要的所有必需氨基酸。霉变可以使苜蓿蛋白质和脂肪发生改变,大大降低其营养价值^[11]。Garaleviciene等^[12]报道,在高湿度条件下储藏,蛋白质的含量变化不显著。齐德生等^[13]报道,霉变豆粕气味不良,蛋白质溶解度下降,霉菌总数大幅度升高,但蛋白质含量无明显改变,黄曲霉毒素B1含量升高不显著。陈喜斌等^[14]的研究表明,随着豆粕中霉菌的生长,豆粕的蛋白质溶解度逐渐降低,霉菌增长与蛋白质溶解度有较强的负相关性,霉菌生长对豆粕的蛋白质含量没有显著影响。本试验结果表明,各含水量组苜蓿草捆中粗蛋白质含量随着贮藏时间的延长均出现先上升后又略微下降的趋势,而且均是在第11 d达到最高,同时各天中粗蛋白质的含量随着含水量的升高呈上升趋势。试验中粗蛋白质含量升高,推测是由于霉菌含量比较高,大量微生物蛋白积累所致,具体原因有待通过进一步试验论证。粗蛋白质含量在达到最高值后下降,一是因为随着贮藏时间的延长,粗蛋白质等营养物质会因微生物的分解而下降,同时光化学反应的损失和牧草自身呼吸消耗的增加,导致苜蓿营养价值降低^[15~18];二是因为在牧草的凋萎阶段后,植物细胞已经死亡,植物体内发生的生理过程逐渐被酶参与的过程代替,

一般来说把这种死亡细胞内进行的物质转化过程称之为自体溶解,在这一过程会损失一部分粗蛋白质。

3.3 粗脂肪和可溶性糖含量的变化

近年来研究发现,苜蓿碳水化合物不仅能为反刍动物和一些单胃动物提供能量需求,而且可以促进动物的胃肠道发育,降低肠道pH值,提高动物消化酶活性^[19]。脂肪在家畜体内分解后和碳水化合物一样,主要供给热能,但其单位重量产生的热能相当于碳水化合物的2.25倍,家畜虽然能合成脂肪,但仍需摄入大量外源性脂肪以满足其自身需求。因此饲料中需添加一定数量和比例的脂肪,否则会降低饲料消化率,影响动物机体生长。本研究发现苜蓿草捆中粗脂肪的含量随着贮藏天数的增加呈现出下降趋势,且差异显著。Garaleviciene等^[12]报道,谷物在高湿度条件下储藏,脂肪的含量显著降低。陈喜斌等^[14]研究表明,霉菌增长与粗脂肪含量有较强的负相关性。本试验结果表明,各含水量组粗脂肪含量在试验期每天之间存在显著差异,且每天中3个含水量组之间也存在显著差异。3个含水量组的粗脂肪含量随着贮藏天数的增加整体呈下降趋势,并且霉菌数量越多,粗脂肪下降的越快。推测其原因为:一是在饥饿代谢阶段被刈割的苜蓿生理活动并未停止,同化作用仍在进行,合成大于分解。一段时间后,由于苜蓿不能从土壤和空气中得到营养物质,其正常的同化作用受到制约,分解作用大于合成作用,从而需要消耗营养物质以满足自身需要;二是苜蓿霉变后霉菌等一些微生物的生长会大量分解消耗其粗脂肪。同时,本试验结果表明,各含水量组在试验期每天之间存在显著差异,而且每天中3个含水量组之间也存在显著差异。从整体上看各试验组可溶性糖含量随着贮藏时间的延长均呈下降趋势,前9 d下降速度很快,这是由于可溶性糖是霉菌生长的底物,前9 d霉菌快速生长分解苜蓿中的可溶性糖;之后可溶性糖几乎保持不变大约维持在1%,这是由于霉菌在第9 d后达到一个稳定状态,因此,可溶性糖含量基本保持不变。

4 结论

4.1 水分是决定苜蓿草捆中霉菌能否生长的一个主要因素,当苜蓿草捆含水量>15%时可使霉菌大量生长繁殖。所以苜蓿在刈割、晾晒、打捆期间,要注意天气变化。一般刈割应选择在白天进行,打捆

前一定要晾干,使水分含量控制在 15% 以下为宜。

4.2 苜蓿草捆霉变后粗蛋白质的含量增加,推测是由于微生物蛋白积累所致。增加的蛋白对饲喂家畜是否有促进作用目前尚未知,还需进一步的研究。

4.3 苜蓿草捆霉变后粗脂肪和可溶性糖含量降低,霉菌增长与粗脂肪含量和可溶性糖含量有较强的负相关性。

参考文献

- [1] 王鑫,马永祥,李娟. 紫花苜蓿营养成分及主要生物学特性[J]. 草业科学,2003,20(10):39-40
- [2] 苑会珍. 饲料霉变的预防及脱毒[J]. 江西畜牧兽医杂志,2006(1):26-27
- [3] 牛建忠,周禾,史德宽. 苜蓿草捆含水量、密度及尿素对其质量的影响[J]. 草地学报,2006,14(1):34-38
- [4] 陈鹏飞,戎郁萍,玉柱,等. 微波炉测定紫花苜蓿含水量初步研究[J]. 中国草地学报,2006,28(3):53-55
- [5] 傅彤. 微生物接种剂对玉米青贮饲料发酵进程及其品质的影响[D]. 北京:中国农业科学院,2005
- [6] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京:中国农业大学出版社,2005
- [7] 宁开桂. 实用饲料分析手册[M]. 北京:中国农业出版社,2002
- [8] 魏金涛,齐德生. 饲料霉变品质变化及其评价指标探讨[J]. 饲料工业,2006,27(11):49-51
- [9] 贾玉山,格根图,张晓娜,等. 复合型天然防霉剂对苜蓿干草贮藏期营养价值的影响[J]. 草地学报,2011,19(1):122-126

- [10] 何云,霍文颖,张海棠,等. 紫花苜蓿的营养价值及其影响因素[J]. 安徽农业科学,2007,35(11):3243-3244
- [11] 许庆方,王保平,董宽虎,等. 淋雨对苜蓿干草品质的影响[J]. 草地学报,2010,18(6):848-853
- [12] Garaleviciene D, Pettersson H, Augonyte G, *et al.* Effects of mould and toxin contaminated barley on laying hens performance and health [J]. Archive of Animal Nutrition, 2001, 55(1):25-42
- [13] 齐德生,于炎湖,刘耘,等. 霉变豆粕的品质研究[J]. 粮食与饲料工业,1999(1):23-25
- [14] 陈喜斌. 蛋白质溶解度评价发霉豆粕品质[J]. 饲料工业,2001,22(10):38-39
- [15] Hart K J, Collins M, Vanzant E S, *et al.* Bale density and moisture effects on alfalfa round bale silage [J]. Crop Science, 2004, 44(3):914-919
- [16] Arinze E A, Schoenau G J, Sokhansanj S, *et al.* Aerodynamic separation and fractional drying of alfalfa leaves and stem [J]. Drying Technology, 2003, 21(9):1669-1698
- [17] Sheaffer C C, Martin N P, Lamb J F S, *et al.* Leaf and stem properties of alfalfa entries [J]. Agronomy Journal, 2000, 92(4):733-739
- [18] Coblenz W K, Fritz J O, Bolsen K K, *et al.* Quality changes in alfalfa hay during storage in bales [J]. Dairy Science, 1996, 79(5):873-885
- [19] 杨玉芬,卢德勋,许梓荣,等. 日粮纤维对肥育猪消化道发育和消化酶活性的影响[J]. 福建农业学报,2003,18(1):34-37

(责任编辑 李美娟)

(上接 57 页)

参考文献

- [1] 卢欣石,孟林. 中国苜蓿产业发展 20 年[C]. 第三届中国苜蓿发展大会论文集,2010
- [2] Wang Y R, Hampton J G, Sun J. Effect of topography and phosphorus on seed yield and quality of alfalfa in China [J]. Journal of Applied Seed Production, 1996, 14:53-57
- [3] 李拥军,闵继淳. 灌溉次数、播种密度对留种紫花苜蓿生长发育和种子产量的影响[J]. 草业学报,1998,7(3):29-33
- [4] 张铁军. 施磷肥、喷施生长调节剂、播种密度等措施对紫花苜蓿种子产量的影响[D]. 北京:中国农业大学,2009
- [5] Solanki R M, Patel R G. Influence of irrigation, sowing methods and phosphorus on quality of alfalfa [J]. Forage Research, 1998, 24(2):77-81
- [6] Hwang S F, Gossen B D. Seedbed preparation, timing of seeding, fertility and root pathogens affect establishment and yield of alfalfa [J]. Canadian Journal of Plant Science, 2002, 82:371-381
- [7] Solanki R M, Patel R G. Effect of irrigation, methods of sowing and levels of phosphorus on growth and yield of Lucerne [J]. Gujarat Agricultural University Research Journal, 1999, 24(2):13-18
- [8] 吴素琴. 影响苜蓿种子丰产的主要因子研究[J]. 草业科学,2004,21(1):10-14
- [9] 田新会,杜文华. 氮、磷、钾肥对紫花苜蓿种子产量及产量构成因素的影响[J]. 中国草地学报,2008,30(4):16-20
- [10] 王晓力,王静. 紫花苜蓿种子生产田间管理关键技术[J]. 内蒙

古草业,2004,16(1):25

- [11] 石凤翎,吴永敦. 不同环境条件下紫花苜蓿种子产量及质量性状的研究[J]. 中国草地,2000,21(3):34-38
- [12] 郑红梅,呼天明. 紫花苜蓿种子高产栽培技术[J]. 种子世界,2004(5):36
- [13] 陈述,李卫军,李雪峰. 密度对苜蓿生长发育及种子产量的影响[J]. 新疆农业科学,2005,42(3):189-191
- [14] 孙启忠,韩建国,桂荣. 科尔沁沙地敖汉苜蓿地上生物量及营养物质累积[J]. 草地学报,2001,9(3):165-170
- [15] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000:25-114
- [16] 史纪安,刘玉华,贾志宽. 紫花苜蓿第一茬地上部分干物质生长过程与有效积温的关系[J]. 草业科学,2009,26(8):81-86
- [17] Macleod L B. Effect of nitrogen and potassium fertilization on the yield, regrowth, and Carbohydrate content of the storage organs of alfalfa and grass [J]. Agronomy Journal, 1965, 57:345-350
- [18] Rassini J B, Freitas A R. Growth of lucerne with different potassium fertilizer rates [J]. Revista Brasileira de Zootecnia, 1998,27(3):487-490
- [19] Rumbaugh M D. Effects of population density on some components of yield of alfalfa [J]. Crop Science, 1995(3):423-424
- [20] Dovrat A D, Levanon D, Waldman M. Effect of plant spacing on carbohydrates in roots and on components of seed yield in alfalfa [J]. Crop Science, 1969(9):33-34

(责任编辑 刘云霞)