

网络出版时间:2014-05-28 11:34

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.06.027

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.06.027.html

针茅草颗粒对乌珠穆沁羊采食和反刍行为的影响

孙 林¹,任秀珍²,格根图¹,刘兴波¹,贾玉山¹

(1 内蒙古农业大学 生态环境学院,内蒙古 呼和浩特 010018;2 内蒙古民族大学 农学院,内蒙古 通辽 028043)

[摘 要] 【目的】研究不同处理针茅草颗粒对乌珠穆沁羊采食和反刍行为的影响,为针茅草颗粒生产原料适宜含水量、粘合剂添加量和颗粒直径等技术参数的确定提供理论依据。【方法】用不同条件(原料含水率为 12%~14%,14%~16%和 16%~18%;颗粒直径为 3,6 和 8 mm;粘合剂添加量为 1%,3%和 5%)制备的针茅草颗粒对乌珠穆沁羊进行饲喂试验,对其采食和反刍行为进行观测。【结果】舍饲条件下,饲喂针茅草颗粒羊的平均昼夜采食时间 302.18 min,昼夜总反刍时间平均为 377.43 min,昼夜反刍周期 19.40 个、昼夜每个反刍周期持续时间 22.51 min,每个反刍周期逆呕食团 27.37 个,昼夜反刍食团咀嚼总次数为 20 672.64 次,2 个食团吞咽平均逆呕间隔时间 5.13 s,每个食团的咀嚼次数为 54.57 次,咀嚼时间为 60.23 s。【结论】针茅在粉碎粒度为 6 mm、颗粒直径为 8 mm、原料含水率为 14%~16%、粘合剂添加量为 3%条件下加工成草颗粒,乌珠穆沁羊最喜食。

[关键词] 乌珠穆沁羊;针茅草颗粒;反刍行为;采食行为

[中图分类号] S816.503.4

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2014)06-0021-06

Effect of feeding *Stipa* particles on grazing and ruminating behavior of Ujumqin sheep

SUN Lin¹, REN Xiu-zhen², GE Gen-tu¹, LIU Xing-bo¹, JIA Yu-shan¹

(1 College of Ecology and Environment Science, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot, Inner Mongolia 010018, China;

2 College of Agronomy, Inner Mongolia University for the Nationalities, Tongliao, Inner Mongolia 028043, China)

Abstract: 【Objective】 This experiment was designed to explore the effect of feeding different *Stipa* particles on feed intake and ruminating behavior of Ujumqin sheep so as to provide theoretical basis for determining reasonable raw material moisture content, adhesive adding amount and particle diameter. 【Method】 The effect of different *Stipa* particles feeding treatments (moisture content 12%—14%, 14%—16% and 16%—18%; particle diameter 3, 6 and 8 mm; and adhesive additive amount 1%, 3% and 5%) on feeding and ruminating behavior of Ujumqin sheep was observed. 【Result】 Under dry lot feeding condition, total average grazing time and total average ruminating time per day were 302.18 min and 377.43 min, respectively. Total ruminating cycle numbers were 19.40 with duration of each ruminant cycle of 22.51 min, and food pellet-inverse number in each ruminant cycle of 27.37. Total food pellet chewing times, the interval time between two food pellets swallowed, chewing number of each food pellet, and total chewing times of food pellet were 20 672.64, 5.13 second, 54.57, and 60.23 second, respectively. 【Conclusion】 The optimal conditions for production of *Stipa* particles for Ujumqin sheep were: fineness of pulverization 6 mm, particle diameter 8 mm, raw material moisture content 14%—16%, and adhesive adding amount 3%.

Key words: Ujumqin sheep; *Stipa* particles; ruminating behavior; feed intake behavior

〔收稿日期〕 2013-11-28

〔基金项目〕 国家现代牧草产业技术体系项目(CARS-35)

〔作者简介〕 孙 林(1988—),女,内蒙古清水河人,博士,主要从事饲草料加工与贮藏研究。E-mail:sunlin2013@126.com

〔通信作者〕 贾玉山(1962—),男,内蒙古赤峰人,教授,博士生导师,主要从事饲草料加工与贮藏研究。E-mail:jys_nm@sina.com

随着放牧生态研究的不断发展,家畜的牧食行为已经成为草地生态学中备受关注的领域^[1]。家畜牧食行为的研究,对于发展草地畜牧业具有重要的意义。放牧家畜的牧食行为包括行走、采食、饮水、休息、反刍、嬉戏、排尿和排粪等,其主要由采食和反刍行为构成,其他行为都取决于采食行为^[2]。近年来,国内有关反刍家畜牧食行为的研究报道越来越多^[1,3-6]。反刍行为参数受放牧时间、卧息时间及采食牧草的数量及质量等因素的影响^[4]。家畜食入饲草的数量、质量以及“磨碎”这些饲草的时间决定着反刍时间的长短^[7]。大量研究表明,日粮粒度是影响家畜饲料营养价值、采食量、采食和反刍行为的重要因素^[8]。

目前,草颗粒因其能提高牧草的饲用价值、改善适口性、节约饲料和便于贮藏运输等优点在许多国家被广泛应用于养殖业。混合草颗粒与反刍动物瘤、网胃的充盈程度及食糜流通速度和时间有关,在一定程度上影响着反刍动物的采食和反刍行为^[9]。

纵观以往的文献,大多数的研究集中在对放牧条件下家畜牧食行为的研究上^[1,3-6],而对舍饲条件下家畜牧食行为的研究甚少。为此,本试验在舍饲条件下研究了不同针茅草颗粒对乌珠穆沁羊采食和反刍行为的影响,分析造成差异的可能原因,探讨哪一种处理对试验羊采食和反刍行为会产生积极的影响,以期为针茅草颗粒生产以及科学利用针茅草颗粒饲养家畜提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地的自然条件

试验于 2012 年在内蒙古锡林浩特市毛登牧场养殖场进行。试验地地理位置为 N44°13′13.7″,

E116°13′53.5″;海拔 1 701 m,土壤为栗钙土,属温带草原区栗钙土亚区。试验地冬季寒冷干燥,夏季温暖湿润,属温带半干旱草原气候;年平均气温 -0.4℃,无霜期约 100 d;年降水量 350 mm 左右,集中于 6~9 月,占全年降水量的 80%左右,降水量的季节和年际变化非常大;年蒸发量 1 600~1 800 mm,是降水量的 4~5 倍。

1.2 试验材料的选择

于 2012-08 在毛登牧场的打草场收获天然牧草(主要以大针茅和克氏针茅为主),并在毛登牧场智圣生物科技有限责任公司加工成针茅草颗粒。在毛登牧场养殖基地选用年龄相近(5 月龄),健康状况良好的乌珠穆沁羊 36 只用于试验。

1.3 试验动物饲养管理

本试验采用对比试验设计,试验期为 15 d,其中预饲期 8 d,正式试验期 7 d。将 36 只乌珠穆沁羊随机分为 12 个处理,每个处理 3 只,在开始饲喂前称试验羊的初始体质量(平均体质量为 23.99 kg/只),经方差分析组内及组间试验羊的初始体质量差异不显著($P>0.05$),用不同编号的耳号标记试验羊以便识别和测定。制定详细饲喂方案,对照组(CK)饲喂针茅草粉;试验组(1~11 组)饲喂如表 1 所示的针茅草颗粒。试验组针茅草颗粒饲料和对照组草粉粉碎粒度均为 6 mm。

试验期间,每日清理圈舍 1 次,以保持圈舍内的清洁卫生。每日分别于 07:30、13:30、19:30 饲喂试验羊,每只羊每次准确称取草颗粒饲料(草粉)0.5 kg,精饲料 0.5 kg,混合饲喂,并准确称量草颗粒(草粉)剩余量,自由饮水。精料为养殖场常规饲料,其配方见表 2。

表 1 针茅草颗粒制备条件

Table 1 The feeding treatments with *Stipa* particles

处理 Treatment	颗粒直径/mm Particle diameter	原料含水率/% Raw material moisture content	粘合剂 添加量/% Adhesive adding amount	处理 Treatment	颗粒直径/mm Particle diameter	原料含水率/% Raw material moisture content	粘合剂 添加量/% Adhesive adding amount
1	6	14~16	3	7	3	14~16	5
2	3	14~16	3	8	6	12~14	3
3	8	14~16	3	9	6	16~18	3
4	6	14~16	1	10	3	12~14	3
5	6	14~16	5	11	3	16~18	3
6	3	14~16	1				

1.4 测定指标与方法

1.4.1 采食和反刍行为测定 在舍饲条件,采用 6 套摄像检测系统对试验羊的采食和反刍行为进行 24 h 观测^[9],将 06:00—18:00 时段定为白昼,

18:00—次日 06:00 时段定为黑夜。用手表、秒表、计数器记录每昼夜试验羊采食和反刍行为的时间和次数。

采食行为观测的主要项目包括:采食时间、饮水

时间、游走时间、休息或睡眠时间;反刍行为观测的主要项目包括:反刍次数、每次反刍时间、反刍周期、反刍周期持续时间和反刍周期内的采食食团数、反刍周期逆呕食团次数、逆呕食团时间间隔、每个食团咀嚼次数和咀嚼时间。

表 2 试验用精料配方
Table 2 Formula for tested feed

原料 Raw material	质量分数/% Mass ratio	营养成分 Nutritional ingredient	含量 Content
玉米粉 Corn grain	25.00	消化能/(MJ · kg ⁻¹) DE	15.28
豆粕 Soybean meal	15.00	可消化粗蛋白质/(g · kg ⁻¹) Digestible crude protein	235.78
胡麻饼 Flax cake	35.00	Ca/(g · kg ⁻¹)	12.53
葵花饼 Sunflower cake	20.00	P/(g · kg ⁻¹)	11.52
磷酸氢钙 Dicalcium phosphate	2.70		
食盐 Salt	1.30		
尿素 Urea	1.00		

1.4.2 适口性评价 试验参照朝鲁孟其其格^[9]的方法,以乌珠穆沁羊对针茅草颗粒的采食率为粗饲料适口性评价指标。采食率计算公式如下:

采食量=饲喂量-剩余量,

采食率=采食量/饲喂量×100%。

1.5 数据分析

采用 Excel 2003 对收集到的数据进行统计和表格制作,采食和反刍行为的时间和次数均以平均值表示。采用 SAS9.0 软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 针茅草颗粒的适口性

通常情况下,影响反刍动物采食量的因素包括饲草特性、动物自身特点、试验条件以及其他因

素^[10],对于舍饲羊来说,则主要是饲料特性和动物个体差异。本试验选用的乌珠穆沁羊个体间差异不显著,所以影响采食量的主要因素是饲料因素。由表 3 可知,针茅草颗粒的采食率显著高于对照针茅草粉 ($P<0.05$),这可能是因为加工草颗粒的过程中各工序的综合作用使针茅草颗粒具有糊香味,提高了其适口性。在不同草颗粒处理中,处理 3 的采食量最高,处理 7 的采食量最低,采食量从高到低的顺序为处理 3>1>9>8>4>5>11>2>10>6>7,从排列顺序可以发现,颗粒直径 8 mm、粘合剂含量 3%、原料含水率 14%~16%(处理 3)条件下的草颗粒适口性最好。针茅草颗粒采食率的提高增加了针茅的利用率,为缓解牧草紧张提供了一个很好的方案。

表 3 不同针茅草颗粒对乌珠穆沁羊采食量和采食率的影响

Table 3 Effect of different *Stipa* particles on feed intake and intake rate of Ujumqin sheep

处理 Treatment	采食量/(kg · d ⁻¹ · 只 ⁻¹) Feed intake	采食率/% Intake ratio	处理 Treatment	采食量/(kg · d ⁻¹ · 只 ⁻¹) Feed intake	采食率/% Intake ratio
CK	0.70	47.00 k	6	0.75	50.00 i
1	1.11	74.00 b	7	0.73	49.00 j
2	0.77	51.00 h	8	0.94	63.00 d
3	1.17	78.00 a	9	1.04	69.00 c
4	0.89	59.00 e	10	0.76	51.00 h
5	0.82	55.00 f	11	0.80	53.00 g

注:同列数据后标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。
Note: Different lowercase letters in each column indicate significant difference at $P<0.05$ level.

2.2 不同针茅草颗粒处理试验羊的采食行为

2.2.1 采食时间 由表 4 可知,不同针茅草颗粒饲料处理,24 h 内总的平均昼夜采食时间为 302.18 min,昼采食时间平均为 185.42 min,夜采食时间平均为 116.76 min。处理 3 的昼夜采食时间最长,为 343.76 min,其次是处理 1 和处理 9(昼夜采食时间分别为 334.17 和 333.83 min)。在饲喂针茅草粉的对照(CK)试验中,24 h 昼夜采食时间为 236.56

min。
2.2.2 饮水时间 不同针茅草颗粒处理 24 h 总的平均饮水时间为 6.33 min,处理 3 饮水量最多,为 8.21 min,其次是处理 9 和 2(饮水时间分别为 7.84 和 7.33 min)。饲喂针茅草粉的对照(CK)处理,饮水时间为 6.74 min。
2.2.3 游走时间 不同针茅草颗粒处理 24 h 总的平均游走时间为 84.62 min,饲喂针茅草粉的对照

(CK)处理游走时间为 84.51 min。

2.2.4 休息或睡眠时间 舍饲条件下试验羊的休息行为分为站立和卧息 2 种形式,饲喂针茅草颗粒的试验羊平均休息时间为 373.07 min,占全天时间的 51.82 %,处理 11 的休息或睡眠时间最长,为 387.14 min;饲喂针茅草粉的对照(CK)处理试验羊的休息或睡眠时间为 397.01 min。

表 4 不同针茅草颗粒处理乌珠穆沁羊的采食行为观测结果

Table 4 Effect of different <i>Stipa</i> particles on feeding behavior of Ujumqin sheep						
处理 Treatment	昼夜采食 时间/min 24 h intake time	昼采食时间/min Day intake time	夜采食时间/min Night intake time	饮水时间/min Drinking water time	游走时间/min Wandering time	休息或睡眠 时间/min Sleep and rest time
CK	236.56	134.45	102.11	6.74	84.51	397.01
1	334.17	231.23	102.94	6.92	86.28	369.13
2	291.76	173.93	117.83	7.33	87.76	377.84
3	343.76	215.88	127.88	8.21	83.37	379.27
4	305.24	205.71	99.53	6.94	82.11	364.47
5	297.91	149.42	148.49	4.52	80.49	365.89
6	272.84	144.51	128.33	7.03	85.26	361.26
7	259.99	163.65	96.34	4.77	86.71	370.39
8	314.62	176.16	138.46	5.41	89.11	386.41
9	333.83	205.98	127.85	7.84	82.66	367.76
10	275.07	168.6	106.47	5.79	81.67	374.26
11	294.78	204.56	90.22	4.83	85.37	387.14
均值 Average value	302.18	185.42	116.76	6.33	84.62	373.07

注:均值为处理 1~11 的平均值。下表同。

Note: Average value is the average of treatment 1—11. The same as below.

2.3 不同针茅草颗粒处理试验羊的反刍行为

2.3.1 反刍周期 由表 5 可知,饲喂不同针茅草颗粒处理(处理 1~11)昼夜反刍周期平均为 19.40 个,每个周期的反刍食团数平均 27.37 个,平均每个周期维持时间 22.51 min。在各处理中,处理 3 的反刍周期最多,为 20.65 个,处理 7 反刍周期最少,为 17.92 个。昼夜反刍周期从多到少的顺序为:处理 3>1>9>8>4>5>11>2>10>6>7,由排列顺序可知,颗粒直径可能是影响昼夜反刍周期的主要因素。而饲喂针茅草粉的对照处理,昼夜反刍周期平均 17.43 个,每个周期的反刍食团数平均为 27.23 个,每一反刍周期平均维持时间 20.49 min。

2.3.2 反刍时间 不同针茅草颗粒处理乌珠穆沁羊昼夜反刍时间为 377.43 min,其中白天反刍时间 122.86 min,占总反刍时间的 32.56%;夜间反刍时间 254.57 min,占总反刍时间的 67.44%。在各处理中,处理 3 的昼夜反刍时间最长,为 387.54 min,处理 7 最短,为 368.86 min。昼夜反刍时间从长到短的顺序为:处理 3>1>9>8>4>5>11>2>10>6>7,由排列顺序可知,颗粒直径大小是影响昼夜反刍时间的主要因素。各针茅草颗粒处理的昼与夜反刍时间之比为 1:2.07。而饲喂针茅草粉的对照处理乌珠穆沁羊昼夜反刍时间为 364.79 min,其

中白天反刍时间 118.70 min,占总反刍时间的 32.54%;夜间反刍时间 246.09 min,占总反刍时间的 67.46%。

2.3.3 2 个食团吞咽逆呕间隔时间 不同针茅草颗粒处理的 2 个食团吞咽逆呕间隔平均时间 5.13 s,饲喂针茅草粉的对照处理为 5.07 s。

2.3.4 单位食团咀嚼特性 不同针茅草颗粒处理,每个食团咀嚼次数为 54.57 次,咀嚼时间为 60.23 s;饲喂针茅草粉的对照处理,每个食团平均咀嚼次数为 52.56 次,咀嚼时间为 58.87 s。

3 讨 论

3.1 针茅草颗粒对采食行为和反刍行为的影响

在放牧情况下,白永飞等^[11]的研究表明,蒙古羊的昼夜采食时间为(355.77±45.94) min,昼夜总反刍时间(384.54±76.63) min,昼夜反刍周期数为(16.77±4.06)个,昼夜每个反刍周期持续时间(25.89±11.77) min,每个反刍周期吞食团数(22.47±6.83)个,昼夜反刍食团咀嚼总次数为(21 136.71±5 286.38)次。本试验在舍饲条件下饲喂针茅草颗粒时昼夜采食时间 302.18 min,总反刍时间平均为 377.43 min,昼夜反刍周期数 19.40 个,昼夜每个反刍周期持续时间 22.51 min,每个反

当周期逆呕食团数 27.37 个,昼夜反刍食团咀嚼总次数为 20 672.64 次。由以上对比分析可知,舍饲针茅草颗粒羊的采食时间、昼夜总反刍时间和每反刍周期持续时间都小于放牧情况下的各个指标,但

昼夜反刍周期数、每反刍周期逆呕次数都高于放牧情况下的指标。这种差异可能是舍饲条件下反刍行为受生存环境和条件的影响,也可能是试验间饲喂的原料不同影响了反刍动物的采食和反刍行为。

表 5 不同针茅草颗粒处理乌珠穆沁羊的反刍行为观测结果

Table 5 Effect of different <i>Stipa</i> particles on ruminating behavior of Ujumqin sheep						
处理 Treatment	昼夜反刍周期/个 24 h ruminant cycle amount	平均每反刍周期 持续时间/min ruminant cycle time	昼夜反刍 时间/min 24 h ruminating time	昼反刍 时间/min Day ruminating time	夜反刍 时间/min Night ruminating time	昼夜反刍食 团/个 24 h ruminating food pellet number
CK	17.43	20.49	364.79	118.70	246.09	375.44
1	20.07	23.12	386.79	125.67	261.12	379.31
2	19.47	22.04	371.85	120.91	250.94	376.72
3	20.65	23.87	387.54	127.38	260.16	382.89
4	19.71	22.57	379.99	123.14	256.85	375.83
5	19.69	22.45	372.74	121.79	250.95	380.64
6	18.23	22.01	369.67	120.32	249.35	374.21
7	17.92	21.79	368.86	119.93	248.93	376.09
8	19.89	22.61	385.29	124.68	260.61	379.98
9	19.96	22.94	386.56	125.46	261.10	378.75
10	18.32	22.04	370.02	120.77	249.25	375.21
11	19.54	22.17	372.44	121.43	251.01	376.82
均值 Average value	19.40	22.51	377.43	122.86	254.57	377.66

处理 Treatment	每反刍周期逆呕 食团/个 Every ruminant cycle food pellet-inverse number	2 个食团吞咽逆呕 间隔时间/s Interval time between two food pellet swallowed	每食团咀嚼 次数 Every food pellet chewing times	每食团咀嚼 时间/s Every food pellet chewing time	昼夜反刍食团 咀嚼总次数 24 h chewing times
CK	27.23	5.07	52.56	58.87	20 502
1	27.04	5.19	57.41	60.62	20 567
2	28.27	5.21	52.23	59.28	20 543
3	28.58	5.09	57.97	62.13	20 881
4	26.75	5.12	54.23	58.78	20 673
5	27.21	5.07	56.67	60.31	20 712
6	25.77	5.23	51.97	57.92	20 548
7	28.96	5.15	53.71	61.17	20 786
8	26.91	5.04	55.17	61.95	20 756
9	26.94	5.18	55.25	60.95	20 678
10	27.66	5.11	53.53	59.27	20 634
11	26.94	5.09	52.12	60.11	20 621
均值 Average value	27.37	5.13	54.57	60.23	20 672.64

反刍行为是反刍动物降解粗饲料的主要环节。一般情况下试验羊反刍次数、反刍时间与所采食饲草的粗纤维含量有很大关系,饲草粗纤维含量高则反刍时间延长,反之则缩短。家畜的反刍活动易受外界干扰的影响。乌珠穆沁羊是一种比较灵敏的动物,反刍时一旦受到外界干扰,即可中止反刍活动,所以乌珠穆沁羊一般夜间的反刍时间长于白天。本试验由于颗粒直径、制粒原料水分含量以及粘合剂添加量的不同,针茅草颗粒的特性各不相同,被采食的数量也不同,因此导致反刍行为的相关指标不尽相同。试验羊的反刍行为主要受针茅草颗粒大小、

硬度以及采食行为的影响,当试验羊采食直径较大的针茅草颗粒时需要较长的采食和反刍时间;而采食直径较小的针茅草颗粒时,所需要的采食和反刍时间相对较短。张吉鹏^[12]的研究表明,饲料结构越粗糙,动物采食、咀嚼和反刍的时间越长,产生的唾液越多,对瘤胃的缓冲能力越强,饲料保持一定的物理结构,对于维持反刍动物的反刍活动和瘤胃的正常功能有重要作用。本试验也充分验证了这一说法,证明直径为 8 mm 的针茅草颗粒能够较好地保持试验羊的反刍活动和瘤胃正常功能。

3.2 针茅草颗粒适口性分析

适口性是动物的视觉、嗅觉、味觉、触觉对饲料的综合反应,适口性是影响采食量的重要因素,且通过采食量来表现。适口性评价主要是以采食量或采食行为为基本特征来比较动物对不同饲料的反应^[13]。

本试验的针茅草颗粒饲料在粘合剂添加量、原料水分含量和颗粒直径上有一定区别,导致试验羊对草颗粒的采食量出现差异。针茅草粉调制成颗粒之后采食量显著提高,其主要原因是加工草颗粒时,由于水分、温度、压力和粘合剂的综合作用使针茅草充分熟化,产生一种浓香味,有效地改善了针茅草的适口性,增加了动物的进食量,这与朝鲁孟其其格等^[14]、刁其玉等^[15]的研究结果一致。饲喂草粉时,草粉容易被试验羊吸进鼻孔、呼吸道等器官,使采食量明显降低。在饲喂不同处理的针茅草颗粒试验中,适口性优劣顺序依次为处理 3>1>9>8>4>5>11>2>10>6>7。采食率最高的是颗粒直径为 8 mm、原料含水率为 14%~16%、粘合剂添加量为 3%的针茅草颗粒处理,最低的是颗粒直径为 3 mm、原料含水率为 14%~16%、粘合剂添加量为 5%的针茅草颗粒处理。

综上所述,针茅草经成型加工为颗粒时,最佳加工条件组合为:原料含水率 14%~16%、粘合剂添加量 3%、颗粒直径 8 mm。

4 结 论

1)针茅草在粉碎粒度为 6 mm、颗粒直径为 8 mm、原料含水率为 14%~16%、粘合剂添加量为 3%条件下加工成草颗粒,乌珠穆沁羊最喜食。

2)舍饲条件下,饲喂针茅草颗粒时平均昼夜采食时间为 302.18 min,昼夜总反刍时间 377.43 min,昼夜反刍周期数 19.40 个,每个反刍周期持续时间 22.51 min,每个反刍周期逆呕食团 27.37 个,昼夜反刍食团咀嚼总次数 20 672.64 次,2 个食团吞咽平均逆呕间隔时间 5.13 s,每个食团的咀嚼次数和咀嚼时间分别为 54.57 次和 60.23 s。

[参考文献]

[1] 郭 强,殷国梅,赵和平,等.放牧绵羊牧食行为及采食量研究[J].中国草地学报,2011(4):95-98,110.
Guo Q, Yin G M, Zhao H P, et al. Study on grazing behavior and feed intake of grazing sheep [J]. Chinese Journal of Grassland, 2011(4):95-98, 110. (in Chinese)

[2] 赵 钢,许志信,李德新.反刍家畜牧食行为综述[J].内蒙古

农业大学学报,2000,21(2):109-116.
Zhao G, Xu Z X, Li D X. A review about grazing behavior of domestic ruminants [J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University, 2000, 21(2):109-116. (in Chinese)

[3] 殷国梅,钱宏光,卫智军,等.不同放牧环境下绵羊牧食行为的比较研究[J].华北农学报,2009(4):205-208.
Yin G M, Qian H G, Wei Z J, et al. Comparison of grazing sheep foraging behavior at different environment [J]. Acta Agriculture Boreali-Sinica, 2009(4):205-208. (in Chinese)

[4] 海 兰,敖特根,王成杰,等.不同放牧强度对西门塔尔牛牧食行为的影响[J].内蒙古草业,2012(1):44-48.
Hai L, Ao T G, Wang C J, et al. Effects of different grazing intensity on grazing behavior of Simmental [J]. Inner Mongolia Prataculture, 2012(1):44-48. (in Chinese)

[5] 汪诗平.放牧绵羊行为生态学研究:Ⅱ.不同放牧率对放牧绵羊牧食行为的影响[J].草业学报,1997(1):11-18.
Wang S P. Behavior ecology of grazing sheep: Ⅱ. Influence of stocking rates on foraging behavior of wether [J]. Acta Prataculture Sinica, 1997(1):11-18. (in Chinese)

[6] 羿 静,李蕴华,钱 呈,等.放牧绵羊牧食行为与生产性能的研究[J].畜牧与饲料科学,2010(2):39-45.
Yi J, Li Y H, Qian C, et al. Study on the performances and grazing behavior in grazing sheep [J]. Animal Husbandry and Feed Science, 2010(2):39-45. (in Chinese)

[7] 许志信,赵 刚,岳东贵,等.反刍家畜反刍行为的观测研究[J].内蒙古农业大学学报:自然科学版,2000,21(2):12-15.
Xu Z X, Zhao G, Yue D G, et al. Study on the ruminating behavior of ruminant [J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University: Natural Science Edition, 2000, 21(2):12-15. (in Chinese)

[8] 孔庆斌,张晓明.苜蓿干草切割长度对荷斯坦育成母牛采食与反刍行为和营养物质消化的影响[J].动物生产,2008,44(19):47-51.
Kong Q B, Zhang X M. Effects of particle size of alfalfa hay on eating and ruminating activity, dietary nutrients digestibility of Chinese Holstein Heifer [J]. Animal Production, 2008, 44(19):47-51. (in Chinese)

[9] 朝鲁孟其其格.混合草颗粒制粒技术及饲用价值评价的研究[D].内蒙古呼和浩特:内蒙古农业大学,2010.
Chao L M Q Q G. Study on granulating technique and feeding evaluation of mixed forage particles [D]. Hohhot, Inner Mongolia: Inner Mongolia Agricultural University, 2010. (in Chinese)

[10] 田富洋,李晋阳,李法德,等.反刍动物采食量测定方法的研究进展[J].中国畜牧杂志,2006(9):62-64.
Tian F Y, Li J Y, Li F D, et al. Advances in measuring method of feeding intake of ruminant [J]. Chinese Journal of Animal Science, 2006(9):62-64. (in Chinese)

Fan C M, Liao C Y, Li P Y, et al. Effects of grazing on soil physical and chemical properties of grassland and forest floor in hilly and gully regions on the Loess Plateau [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2006, 21 (2): 1-4. (in Chinese)

[17] 王玉辉,何兴元,周广胜. 放牧强度对羊草草原的影响 [J]. 草地学报,2002,10(1):45-49.

Wang Y H, He X Y, Zhou G S. Study on the responses of *Leymus chinensis* Steppe to grazing in Songnen plain [J]. Acta Agrestia Sinica, 2002, 10(1): 45-49. (in Chinese)

[18] 张蕴薇,韩建国,李志强. 放牧强度对土壤物理性质的影响 [J]. 草地学报,2002,10(1):74-78.

Zhang Y W, Han J G, Li Z Q. A study of the effects of different grazing intensities on soil physical properties [J]. Acta Agrestia Sinica, 2002, 10(1): 74-78. (in Chinese)

[19] Greenwood K L, Macleod D A, Hutchinson K J. Long-term stocking rate effects soil physical properties [J]. Aus J Exp Agric, 1997, 37: 413-419.

[20] 万里强,陈玮玮,李向林. 放牧对草地土壤含水量与容重及地下生物量的影响 [J]. 中国农学通报,2011,27(26):25-29.

Wan L Q, Chen W W, Li X L. Effects of grazing on soil moisture, bulk and pasture underground biomass [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27(26): 25-29. (in Chinese)

[21] 张风承,史印涛,李洪影. 放牧强度对土壤物理性状和速效养分的影响 [J]. 草原与草坪,2013,33(1):5-10.

Zhang F C, Shi Y T, Li H Y. Effect of different stocking rates on soil physical properties and nutrients [J]. Grassland Turf, 2013, 33(1): 5-10. (in Chinese)

[22] 董全明,赵新全,李青云,等. 小嵩草高寒草甸的土壤养分因子及水分含量对牦牛放牧率的响应 [J]. 土壤通报,2005,36(4):493-499.

Dong Q M, Zhao X Q, Li Q Y, et al. Responses of soil nutrient contents and water to stocking rates for yaks in kobrecia parva alpine meadow change of soil nutrient contents and water on winter pasture [J]. Chinese Journal of Soil Science, 2005, 36(4): 493-499. (in Chinese)

[23] 李金花,李镇清,任继周. 放牧对草原植物的影响 [J]. 草业学报,2002,11(1):4-11.

Li J H, Li Z Q, Ren J Z. The effects of grazing on grassland plants [J]. Acta Agrestia Sinica, 2002, 11(1): 4-11. (in Chinese)

[24] 焦树英,韩国栋,李永强,等. 不同载畜率对荒漠草原群落结构和功能群生产力的影响 [J]. 西北植物学报,2006,26(3):564-571.

Jiao S Y, Han G D, Li Y Q, et al. Effects of different stocking rates on the structures and functional group productivity of the communities in desert steppe [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2006, 26(3): 564-571. (in Chinese)

[25] 裴海昆. 不同放牧强度对土壤养分及质地的影响 [J]. 青海大学学报:自然科学版,2004,22(4):29-31.

Pei H K. Effect of different grazing intensity on soil nutrient and texture [J]. Journal of Qinghai University: Nat Set Ed, 2004, 22(4): 29-31. (in Chinese)

[26] 关世英,常金宝,贾树海,等. 草原暗栗钙土退化过程中的土壤性质及其变化规律的研究 [J]. 中国草地,1997(3):39-43.

Guan S Y, Chang J B, Jia S H, et al. The properties of soil and its change regularities in the degraded succession of dark chestnut in *Leymus chinensis* Steppe [J]. Grassland of China, 1997(3): 39-43. (in Chinese)

(上接第 26 页)

[11] 白永飞,许志信,赵刚,等. 蒙古羊牧食行为的研究 [J]. 内蒙古农牧学院学报,1998(3):36-42.

Bai Y F, Xu Z X, Zhao G, et al. Study on the grazing behavior of Mongolia sheep [J]. Journal of Inner Mongolia Institute of Agriculture & Animal Husbandry, 1998(3): 36-42. (in Chinese)

[12] 张吉鹏. 反刍动物日粮纤维的研究进展 [J]. 饲料博览,2003(10):8-10.

Zhang J K. Research progress on ruminant dietary fiber [J]. Feed Review, 2003(10): 8-10. (in Chinese)

[13] 杨加豹. 动物饲料适口性与影响因素 [J]. 饲料研究,2001(1):23-26.

Yang J B. Animal feed palatability and influence factor [J]. Feed Research, 2001(1): 23-26. (in Chinese)

[14] 朝鲁孟其其格,贾玉山,格根图,等. 草颗粒加工、贮藏及利用技术研究与应用 [J]. 中国草地学报,2010(4):98-102.

Chao L M Q Q G, Jia Y S, Ge G T, et al. Research and application of processing, storage and utilization technology of mixed grass particle [J]. Chinese Journal of Grassland, 2010(4): 98-102. (in Chinese)

[15] 刁其玉,杨苗萌,陈荆芬. 草颗粒饲料在牛瘤胃内的降解与饲养价值 [J]. 草业科学,2001(6):43-47.

Diao Q Y, Yang Z M, Chen J F. Degradation in rumen and feeding value of pelletized forage and fodder for beef cattle [J]. Practcultural Science, 2001(6): 43-47. (in Chinese)