

内蒙古典型草原羊粪和牛粪的分解特征*

刘新民** 陈海燕 峥嵘 乌云 阿仁高娃 王润润

(内蒙古师范大学生命科学与技术学院 呼和浩特 010022)

摘 要 为了解畜粪的分解特征及对半干旱典型草原养分循环的影响,于2008年6月~2009年10月采用人为控制的野外实验,研究了羊粪和牛粪对内蒙古典型草原草地的输入量,分解过程中的重量损失、有机物和氮(N)、磷(P)浓度变化。结果表明,羊粪和牛粪的年输入量分别约为 $(17.8 \pm 13.8) \text{ kg hm}^{-2}$ 和 $(365.6 \pm 495.9) \text{ kg hm}^{-2}$ 。分解450 d后,残留粪样中有机物浓度较鲜粪减少约14.46%(羊粪)和48.78%(牛粪),即羊粪的分解速率较牛粪显著缓慢,2种粪的残留粪块在草地中堆置时间至少可达2个生长季以上。两种粪中,N素以有机态为主,矿化和释放速度均较慢;P素以无机态为主,释放速度较快;春季冻融变化可以显著促进两种粪中N和P的矿化速率;实验结束时,残留粪样中的全N浓度较鲜粪分别降低了25.89%(羊粪)和16.07%(牛粪),全P分别降低了30.73%和27.21%。埋入地下处理,可以消除风蚀对羊粪块失重的影响,使残留粪样保持较高湿度,促进有机质分解,并改变淋溶作用对粪块中养分含量的影响;但对牛粪分解无明显影响。从研究结果可以看出,家畜粪在半干旱草地环境中分解较慢,堆积过程中对草地的养分循环有重要影响。图4 表2 参31

关键词 内蒙古典型草原;羊粪;牛粪;畜粪分解;养分释放

CLC S812.4

Decomposition of Sheep and Cattle Dung in a Steppe in Inner Mongolia, China*

LIU Xinmin**, CHEN Haiyan, Zhengrong, Wuyun, Arengaowa & WANG Runrun

(College of Life Science and Technology, Inner Mongolia Normal University, Huhhot, 010022, China)

Abstract The inputs and decomposition of sheep and cattle dung at two grazed grasslands in Inner Mongolia steppe were monitored to understand effect of livestock dung decomposition on the nutrient cycling of semiarid grassland ecosystem. The inputs of sheep and cattle dung were about (17.8 ± 13.8) and $(365.6 \pm 495.9) \text{ kg hm}^{-2} \text{ a}^{-1}$, respectively. After 450 days decaying, the concentration of organic matter in residual dung decreased by 14.46% (sheep dung) and 48.78% (cattle dung), respectively compared to the fresh dung, suggesting that the decomposing rate of sheep dung was slower than that of cattle dung, and the dungs could last at least two growing seasons on the grassland floor. Most of the nitrogen was organic with relatively lower mineralization rate, while phosphorus was mostly inorganic and released faster. Freezing-thawing cycle in spring could remarkably promote the rates of N, P mineralization. Compared to fresh dung, the concentration of total N in residual dung decreased by 25.89% (sheep dung) and 16.07% (cattle dung), respectively, and the concentration of total P decreased by 30.73% and 27.21%, respectively at the end of the experiment. Dung was buried in 10 cm soil layer and had relatively higher water content because of excluding the effect of wind-erosion on mass loss of residual sheep dung, which resulted in a quicker decaying rate of organic matter, and altered the impacts of eluviations on the nutrient content in the residual dung, but such effects were not significant on cattle dung. The results suggested that water environment affect the decaying rate of livestock dung in semiarid grassland, and their deposition seriously influence the nutrient cycling of the grassland ecosystem. Fig 4, Tab 2, Ref 31

Keywords Inner Mongolia steppe; sheep dung; cattle dung; livestock dung decomposition; nutrient release

CLC S812.4

家畜粪是草地生态系统养分的重要储库,含有大量碳(C)、氮(N)和磷(P)等营养元素^[1],对系统的养分循环有重要作用,是调节草地生态系统养分平衡^[2]的重要因素。家畜粪类型^[3]、环境特征^[4]和分解者生物活动^[5]等因素对其分解有重要影响;其中,降水量和温度是决定粪分解速率的关键因素,由于不同地区之间水热条件的差别,粪分解速率有较大差别^[6]。在分解过程中,有机质损失会使残留粪块中养分浓度明显提高^[7-8],同时,养分的释放将导致粪斑区和邻近

土壤化学成分发生明显变化^[9-11],并对草地养分再分配^[12-13]、牧草生长^[14-15]形成明显影响。

以放牧管理为主的内蒙古典型草原生态系统,羊和牛是主要放牧牲畜,由于特殊的半干旱气候条件,气温和降雨量均较低,牲畜粪分解速率较慢,并可能导致在草地中长时间堆积,使营养物质束缚在粪块中,引起N素丧失和营养物质周转率降低^[16],从而形成对系统物质循环的显著影响。本研究以内蒙古锡林郭勒盟白音锡勒牧场两块分别放牧羊和牛的草场为实验地点,测定分析了羊粪和牛粪在人工地表堆置和埋入地下两种处理下的分解速度,以及分解过程中残留粪块N和P浓度的变化,结果可以揭示温带典型草原环境下羊粪和牛粪的基本分解特征,为进一步深入研究羊粪和牛粪

收稿日期: 2010-12-08 接受日期: 2011-03-11

*国家自然科学基金项目(No. 40761016)资助 Supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 40761016)

**通讯作者 Corresponding author (E-mail: liuxm6596671@163.com)

分解对半干旱典型草原养分循环的影响奠定基础,并为放牧草地的保护和利用提供相关依据。

1 材料与方法

1.1 研究地区概况

研究地区位于内蒙古自治区锡林郭勒盟中部,海拔1 000~1 500 m,地势从东南向西北逐渐降低。地貌类型多样化,有丘陵、塔拉、风成沙地、熔岩台地和河谷低地等基本类型。属大陆性半干旱中温带气候,年平均温度-1.1~0.2℃,最热月均温18.5℃,无霜期90~110 d,年降雨量280~345 mm,多集中在6~8月。植被为以大针茅(*Stipa grandis*)、羊草(*Leymus chinensis*)为建群种的典型草原群落为主,群落优势植物还包括冰草(*Agropyron cristatum*)、糙隐子草(*Cleistogenes squarrosa*)和葱类(*Allium* spp.)等。地带性土壤以暗栗钙土和典型栗钙土为主。

1.2 研究方法

选择内蒙古锡林郭勒盟白音锡勒牧场2块草场(分别放牧草原黄牛和绵羊)为实验地点,地理坐标为116°36′E和43°44′N,每块草场面积均为约47 hm²,分别自由放牧100头草原黄牛和400只绵羊,牛圈和牛饮水处设在距放牧牛草场北约1 km处的牧民定居点,羊圈和羊饮水处设置于放牧羊草场中心。

1.2.1 粪输入量测定 于2008年6月30日在2块草场内分别随机设置5个样方,样方大小分别为5 m × 5 m(放牧羊草场)和10 m × 10 m(放牧牛草场),清除样方内全部羊粪和牛粪,以1个月为间隔,收集进入样方内的羊粪和牛粪,风干后称重,计为相应的粪月输入量。

1.2.2 粪分解实验 于2008年6月29日在选定的草场内收集鲜羊粪和鲜牛粪(便出时间<24 h),分别适当混匀,制备实验粪样(每个粪样重约500 g)。于2008年6月30日采用人工堆置于地表和埋入地下约10 cm(模拟粪甲虫的埋藏行为对粪分解的影响)两种处理,分5组、每组20个在草地中设置羊粪和埋入地下牛粪样品,各组排成1行或2行,同1行内样品之间间隔2 m,如为2行,行间间隔2 m,堆置于地表羊粪样品以30目尼龙网片覆盖,防止风蚀对实验粪样的影响;每种粪样每种处理各设置100个样品;在放牧牛草场中,以手持式GPS在草场内定位标记鲜牛粪堆(便出时间<24 h),记录粪堆体积。于样品设置d 0、d 30、d 60、d 90、d 330、d 390、d 450采集样品,

每种处理每次采集5个重复。于2009年5月30日在草场内收集鲜羊粪和鲜牛粪(便出时间<24 h),以重约200 g为1个实验样品,采用同上两种处理,每种处理各制备25个样品,以与上基本相同的方法并列设置于草地中,于d 0、d 30、d 60、d 90、d 120采集样品,每种处理每次5个重复。2009年5~9月每月底,在无放牧牲畜粪覆盖处,采集0~5 cm和5~10 cm深度土壤,每次5个重复。在实验室内测定相关指标的变化。

1.2.3 样品的分析测试 去除样品中杂质(包括进入样品的植物枯死体、草根和土块等),称鲜重,在室内自然风干,称风干重量,粉碎,过60目筛。灼烧法^[17]测定有机物总量,开氏法^[17]测定全N浓度,采用鲁如坤介绍的方法^[17]测定铵态N浓度,双波长分光光度法^[18]测定硝态N浓度;硫酸与氢氧化钠浸提法^[17]测定全P、有机P和无机P浓度。土壤相关指标的季节变化见表1。

1.2.4 数据处理 以各时间采集样品鲜重和风干重的差值占鲜重的百分比表示样品的含水率(%)。以样品设置时的含水率折算样品的初始风干重量,并以样品的初始风干重量和某采样时间的风干重量的差值占初始风干重量的百分比表示样品经相应时间分解后的重量损失率(%)。以SPSS 11.5对数据进行统计处理,计算数据的平均值和标准差,采用Duncan法进行相关数据均值之间的差异显著性检验。有机物、N和P浓度数据以烘干(105℃)样计,其余数据以风干样计,图和表以Excel 2003绘制。

2 结果

2.1 粪输入量

在草地自由放牧羊和牛的情况下,测定了2008年7~9月和2009年5~9月羊粪和牛粪的输入量(表2)。在本研究选定的两块草场中,放牧了不同数量的羊和牛,但2008年7月羊粪和牛粪输入量基本相等,8月和9月则牛粪输入量明显高于羊粪。牛粪月输入量之间的变化明显较羊粪大,这反映了牛粪在草地中输入的显著时间异质性特征。比较两年的测定结果,牛粪输入量均为9月较高,但不同月输入量之间无显著差异($P>0.05$)。羊粪平均月输入量约为 (5.9 ± 4.6) kg hm⁻²,牛粪为 (91.5 ± 123.9) kg hm⁻²;羊粪年输入量约为 (17.8 ± 13.8) kg hm⁻²,牛粪约为 (365.6 ± 495.9) kg hm⁻²。

依据鲜粪中全N和全P浓度数据(图3,图4)估算,牛粪排泄平均每月分别向草地中输入约 (1.48 ± 2.01) kg hm⁻² N和

表1 土壤养分含量的季节变化

Table 1 Seasonal dynamics of soil nutrient contents

土层 Soil layer (l/cm)	时间 Time (Year-month)	有机物总量 Total organic matter (w/%)	全氮 Total N (w/g kg ⁻¹)	铵态氮 NH ₄ -N (w/g kg ⁻¹)	硝态氮 NO ₃ -N (w/g kg ⁻¹)	全磷 Total P (w/g kg ⁻¹)	有机磷 Organic P (w/g kg ⁻¹)	无机磷 Inorganic P (w/g kg ⁻¹)
0~5	2009-05	6.99	2.809	0.010	0.010	0.365	0.172	0.190
	2009-06	6.03	3.018	0.012	0.009	0.385	0.196	0.190
	2009-07	7.63	3.128	0.013	0.012	0.391	0.177	0.220
	2009-08	7.60	3.306	0.010	0.010	0.644	0.329	0.238
	2009-09	7.48	3.327	0.027	0.013	0.492	0.237	0.258
5~10	2009-05	5.45	2.579	0.005	0.006	0.330	0.170	0.161
	2009-06	6.08	2.518	0.012	0.005	0.290	0.161	0.137
	2009-07	4.94	1.869	0.011	0.004	0.276	0.157	0.121
	2009-08	5.85	2.355	0.007	0.009	0.336	0.165	0.173
	2009-09	5.92	2.501	0.007	0.012	0.418	0.254	0.175

表2 粪输入量
Table 2 Input of livestock dung

时间 Time (Year-month)	羊粪 ($\rho/\text{kg hm}^{-2}$) Sheep dung	牛粪($\rho/\text{kg hm}^{-2}$) Cattle dung
2008.07	6.8 ± 8.6	6.8 ± 8.6
2008.08	7.0 ± 4.0	122.0 ± 179.2
2008.09	4.0 ± 1.2	184.0 ± 259.9
2008.10~2009.05	—	12.4 ± 11.8
2009.06	—	65.0 ± 71.2
2009.07	—	82.5 ± 72.5
2009.08	—	11.0 ± 24.6
2009.09	—	248.0 ± 363.9

“—”: 未测定 “—”: Undetermined

(0.22 ± 0.30) kg hm^{-2} P, 羊粪排泄平均每月分别向草地中输入约(0.12 ± 0.09) kg hm^{-2} N和(0.02 ± 0.01) kg hm^{-2} P; 2009年生长季合计牛粪排泄向草地中输入约(6.78 ± 8.81) g hm^{-2} N和(1.01 ± 1.31) kg hm^{-2} P.

2.2 分解速率

图1为两种粪分解过程中含水量和重量损失变化的测定结果; 其中, 0~120 d为2009年设置样品的测定数据, 450 d为2008年设置样品的测定结果, 由于牛粪堆置于地表处理没有测定初始重量, 因此缺d 450时的失重数据. 从图可以看出, 鲜牛粪含水量显著高于鲜羊粪 ($P < 0.01$), 这完全取决于两种牲畜消化特征的差别和采样时牲畜取食牧草的特征. 样品布置后, 含水量的变化与采样当月的降水状况有关, 牛粪堆置于地表处理, 失水极快, d 30时, 残留粪样的含水量几乎为0%, 90~120 d期间, 含水量较高, 该采样时间段为2009年8月底至9月底, 为研究地区降水的高峰期, 埋入地下处理, 失水速度明显较慢. 鲜羊粪含水量较低, 在分解过程中表现为含水量增加, 且含水量状况也取决于采样时的降水状况.

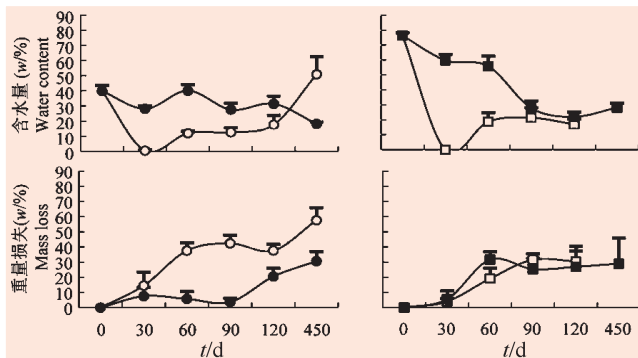


图1 牛粪和羊粪含水量和重量损失变化

Fig. 1 Changes in water contents and mass losses of dung

○: 羊粪堆置于地表; ●: 羊粪埋入地下; □: 牛粪堆置于地表; ■: 牛粪埋入地下. 误差线表示均值的标准差 ($N=5$). 下同
○: Sheep dung pats deposited on ground; ●: Sheep dung pats buried in 10 cm soil layer; □: Cattle dung pats deposited on ground; ■: Cattle dung pats buried in 10 cm soil layer. The error bars represent the standard deviations of the means ($N=5$). The same below

对2009年5月底布置分解样品重量损失的测定结果 (图1) 表明, 两种处理牛粪重量损失在实验初期均有增加趋势 ($P > 0.05$), 分别在d 60 (埋入地下处理) 和d 90 (堆置于地表处理) 时达到最高, 之后损失率变化均较小 ($P > 0.05$), 2008年布置埋入地下牛粪d 450时的重量损失也不明显增加. 羊粪堆置于地表处理, 与牛粪的重量损失基本一致, 初期损

失率增加, 至d 90时达到最高, 且d 60、d 90和d 120时的重量损失率之间没有显著差异 ($P > 0.05$); 羊粪埋入地下处理, 重量损失率的变化明显不同, 实验前期 (0~90 d), 重量损失率较低, 且变化不明显 ($P > 0.05$), 只在d 120时, 重量损失明显增加 ($P < 0.05$); 两种处理下, 2008年布置羊粪样品d 450时的重量损失均有较显著增加 ($P < 0.05$). 可以认为, 在分解过程中, 羊粪重量损失的速率高于牛粪, 且埋入地下处理明显减缓了羊粪的重量损失, 但对牛粪无显著影响. 2010年5月底 (分解约690 d后) 采样时发现, 2008年设置的堆置于地表的两种粪样基本没有残留.

鲜羊粪有机物总量较鲜牛粪高 ($P < 0.05$), 分别为(70.56 ± 1.72)%和(62.32 ± 1.22)% (图2). 分解过程中, 残留粪样中的有机物总量呈减少趋势, 但有较小幅度的波动, 不同处理羊粪和牛粪各自的波动特征基本一致. 实验结束时, 堆置于地表处理残留羊粪中有机物总量降至约60.36%, 较鲜羊粪减少了约14.46%, 埋入地下处理降至43.38%, 减少了约38.52% ($P < 0.05$); 两种处理残留牛粪中有机物总量则分别降至31.92%和28.00%, 分别减少了48.78%和55.07% ($P < 0.05$). 两种粪比较, 羊粪中有机质的分解速率较为缓慢, 埋入地下处理, 明显加快了羊粪中有机质的分解速率, 但对牛粪中有机质分解的影响不很明显.

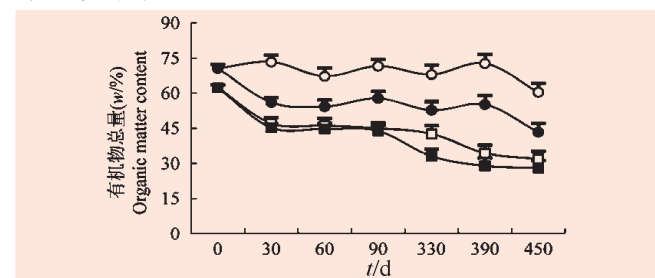


图2 牛粪和羊粪有机物总量变化

Fig. 2 Changes in organic matter contents of dung

2.3 氮、磷浓度的变化

鲜羊粪全N浓度高于鲜牛粪 ($P < 0.05$), 分别为(21.59 ± 0.92)、(17.30 ± 0.91) g kg^{-1} (图3), 分解过程中, 两种残留粪样全N浓度均表现出一定幅度的波动, 但无明显规律. 实验结束时, 堆置于地表处理残留粪样全N浓度分别降低至16.00 g kg^{-1} (羊粪) 和14.93 g kg^{-1} (牛粪), 较鲜粪样分别降低了25.89%、16.07% ($P < 0.05$); 埋入地下处理时, 残留粪样全N浓度降低极不明显 ($P > 0.05$).

鲜羊粪和鲜牛粪中硝态N和铵态N浓度均较低 (图3), 合计分别约为0.70、0.30 g kg^{-1} , 占全氮的比例仅分别约为0.31%和0.57%. 相对而言, 硝态N浓度在鲜牛粪中较高 ($P < 0.05$), 铵态N浓度则鲜羊粪中较高 ($P < 0.05$). 分解过程中, 残留羊粪和牛粪中两种形态有效N浓度的变化基本相同, 且在处理之间也无明显差别. 残留粪样中硝态N浓度的基本变化趋势是, 0~90 d (2008年生长季) 期间, 呈小幅上升, 90~330 d (冬季终止采样期间) 显著升高, 并在330~450 d (2009年生长季) 显著下降. 铵态N浓度则在实验开始即显著下降, 并在分解过程中基本维持在较低水平, 与土壤铵态N浓度基本接近 (表1和图3).

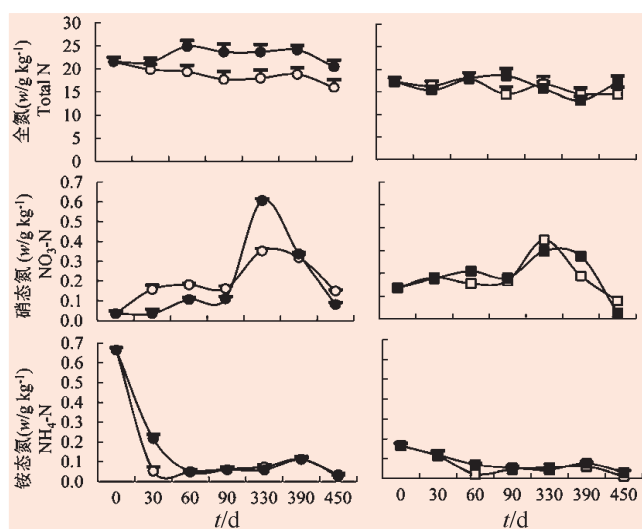


图3 牛粪和羊粪全氮、硝态氮和铵态氮浓度变化

Fig. 3 Changes in total N, $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NH}_4\text{-N}$ concentrations of dung

鲜羊粪全P浓度高于鲜牛粪 ($P < 0.05$) (图4), 分别为 (3.35 ± 0.16) 、 $(2.56 \pm 0.16) \text{ g kg}^{-1}$ 。分解过程中, 浓度发生明显波动, 两种粪样的全P浓度波动形式显著不同, 且羊粪不同处理之间也有明显差别。实验结束时, 残留粪样中全磷浓度羊粪、牛粪分别降至 (2.32 ± 0.35) 、 $(0.87 \pm 0.34) \text{ g kg}^{-1}$, 较鲜粪分别减少了30.73%和27.21%。堆置于地表处理残留羊粪中全P浓度呈近似“阶梯式”下降, 并在0~30和90~330 d下降较明显, 埋入地下处理残留羊粪中全P浓度的下降发生在实验30~90 d (2008年生长季)内, 并在330~390 d显著升高, 390~450 d期间维持较高水平, 实验结束时, 堆置于地表处理残留羊粪中全P浓度显著低于埋入地下处理 ($P < 0.05$)。两种处理残留牛粪中全P浓度的波动形式则基本相似, 较显著的下降低发生在90~330 d期间, 除d 90时堆置于地表处理残留牛粪全P浓度显著高于埋入地下处理外, 其他采样时间两种处理残留牛粪中全P浓度均相对较为接近。

两种鲜粪中有机P浓度较为接近, 羊粪、牛粪分别为

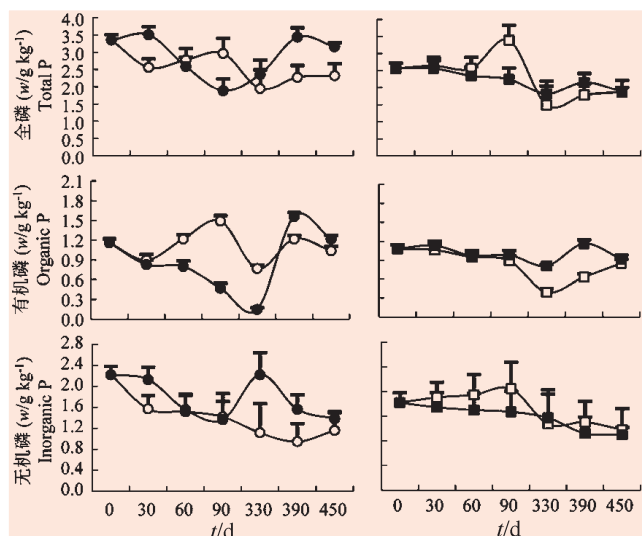


图4 牛粪和羊粪全磷、有机磷和无机磷浓度变化

Fig. 4 Changes in total P, organic P and inorganic P concentrations of dung

(1.16 ± 0.06) 、 $(1.08 \pm 0.06) \text{ g kg}^{-1}$, 占全P的比例为37.36%和45.00%。在450 d的分解实验中, 堆置于地表的残留羊粪有机磷浓度大致呈一峰型变化, 浓度高峰出现在实验d 90和d 390, 并且高峰时的有机磷浓度值显著高于鲜羊粪, 30~90 d表现为浓度升高, 90~330 d则为浓度降低; 埋入地下处理残留羊粪中的有机磷浓度仅在d 390有一明显的浓度高峰, 0~330 d呈显著下降, 并且各采样时间残留羊粪中有机磷浓度均低于堆置于地表处理; 390~450 d, 两种处理残留羊粪中有机磷浓度的变化趋势基本相同。两种处理残留牛粪中有机磷浓度在分解中的变化基本一致, 0~90 d变化较小, 90~330 d浓度降低稍明显, 之后有升高趋势; 此外, 在大多数采样时间, 堆置于地表处理残留牛粪中有机磷浓度低于埋入地下处理。实验结束时, 残留粪样中有机磷浓度与鲜粪样比较变化并不明显 ($P > 0.05$)。

鲜羊粪无机P浓度显然较鲜牛粪高 ($P < 0.05$), 分别为 (2.22 ± 0.16) 、 $(1.42 \pm 0.15) \text{ g kg}^{-1}$, 占全P的比例为66.34%和55.42%。在分解过程中, 残留粪样中无机磷浓度有一定幅度的波动, 但总体呈下降趋势是较为明显的。

3 讨论

由于体型和消化特征的差别, 羊和牛在日排便量、粪块大小和养分组成^[3, 19]等方面有明显差别, 这是造成两种牲畜粪在草地中输入量、时空分布差别的主要原因。显然, 在本研究选择的两块分别放牧羊和牛的草地中, 羊粪的输入量要低于牛粪, 且羊粪在草地中的空间分布也相对均匀, 这主要应归因于羊粪的小球状形态和羊不同于牛的排便习性, 因而就粪排泄对草地养分空间分布的异质性影响而言, 牛粪的影响将更加显著。粪输入量的时间变化, 更主要的取决于放牧羊和牛的方式, 对此尽管本研究未作详细调查, 但从粪输入量采样数据大致可以看出, 羊粪输入的时间变化也相对较小。有研究表明地形多变的林地环境中, 大量牛粪将被排泄在裸地和小溪旁等处, 使形成较大的N储存库, 从而对林地植物的养分利用形成限制^[20], 本研究中, 牛圈设置在放牧草场外使大量牛粪脱离草场, 导致草场养分的损失是不言而喻的, 而且, 设置在草场中的羊圈也将有大量羊粪积累, 并使所含养分在草场局部形成较大的储存库。因此, 尽管排泄于草场中的羊粪在时空分布上明显较牛粪均匀, 但羊粪在草场局部的积累导致放牧草地养分的流失和加剧养分分布的空间异质性方面与牛粪也是一致的。

家畜粪中养分向土壤的归还取决于分解速率。从生长季重量损失和残留粪样中有机物总量变化的测定可以看出, 温带典型草原环境下羊粪和牛粪分解的速率显著低于降雨量较高的一些地区^[21-22], 甚至远低于气温较低、但降雨量较高的高寒草甸^[23], 这与研究地区干旱和降雨量低有直接关系, 同时也说明, 水分是影响粪分解的关键因素^[24]。研究结果清楚地表明, 除羊粪埋入地下处理外, 两种粪重量损失均主要发生在分解初期, 即大约60~90 d, 这与MacDlarmid和Watkin的研究结果^[1]基本一致; 相对而言, 堆置于地表羊粪较牛粪显然有较快的重量损失速率; 粪样埋入地下处理, 由于消除了风蚀对粪块的破碎作用, 使残留粪样重量损失率较低在

研究结果中是很显然的,特别是埋入地下处理的残留羊粪,d 120时才明显增加,这同时与春季采集的供试羊粪成小球状、紧实和含水量低有极大关系。需要说明的是,本研究导致粪分解过程中重量损失的因素除了分解之外,还包括风和降水的作用。

有研究^[23]指出,由于环境温度波动导致的粪样冻融变化对粪块的破碎和分解有明显影响,内蒙古典型草原区春季气温的变化可以导致粪样类似的冻融变化,但从研究结果看,90~330 d期间除牛粪埋入地下处理有机物浓度降低幅度较大外,两种处理残留羊粪和堆置于地表处理残留牛粪中有机物浓度并无较明显降低;因而,春季的冻融变化似乎对羊粪和牛粪(特别是堆置于地表处理)有机质分解的促进作用不很显著。有研究^[6,9]表明,在夏季高温和降水充沛的情况下,粪分解的速率是较高的,本研究中供试粪样经历了2个生长季,从残留粪样的重量损失和有机物浓度在2个生长季的变化可以看出,夏季的较高温度并没有引起粪样重量损失的加剧或残留粪样中有机物浓度的较快降低,这应该是研究地区降水量低、较高温度下粪样基本保持干燥状态的结果。即在干旱地区,控制家畜粪中养分向土壤释放的关键因素是适当的水分含量和环境温度。

有研究^[7,8,25]认为,家畜粪分解过程中,残留粪样中易分解有机N的矿化将导致其中全N浓度的降低,并随有机质损失会使残留粪样中全N浓度提高;但从本研究结果看,两种粪中的全N浓度在分解过程中并不表现为分解前期降低和后期提高,且不同处理残留粪样中全N浓度的降低除羊粪堆置于地表处理外均不显著($P > 0.05$)。鲜羊粪和牛粪中的N以有机态为主,无机N浓度较低。按照一般的理解,残留粪样中的有效N浓度将取决于有机N矿化率、有效N损失率以及生物对有效N利用率之间的相对大小,在分解90~330 d期间残留粪样中硝态N浓度的显著增加可以说明,春季粪样的冻融变化导致了较高的有机N矿化率,但在植物生长季时残留粪样中硝态N浓度又迅速降低,与生物对有效N利用率的提高有关。与N素不同,两种鲜粪中的P素以无机态(有效态)为主^[10],且随分解进行,残留粪样中的全P与有效P浓度基本均呈下降趋势,体现了较快的残留粪样中P向土壤的归还速率,这与已有的研究结果^[8,19,26]基本类似。可以认为,两种粪中N素向土壤的归还速率总体均较慢,在草地中堆积、不破碎的情况下,将会使大量N素束缚在残留粪块中,对草地N素循环形成影响;相比较,羊粪块由于体积小,相对有较快的N释放速率,而体积较大的牛粪块对草地N素循环的影响将更加显著。

在草原环境中,家畜粪块中养分向环境的释放途径应该包括分解中养分以气态形式挥发进入大气^[27~29],转化为溶解态经淋溶渗漏入土壤^[10~11]和粪块碎裂后经水蚀和风蚀作用被转移到粪块以外。本研究中,羊粪分解的重量损失在不同处理之间有明显差别,基本为堆积于地表处理较埋入地下处理粪样的重量损失大,但牛粪在不同处理之间无明显差别,这显然与堆置于地表的牛粪块不易破碎、水蚀和风蚀作用对其重量损失的影响较弱有关。自然情况下,牛粪块干燥及分解到一定程度后,才能在牲畜践踏、大风和降雨等因素

的作用下发生碎裂;而体积较小、紧实度较高的羊粪块(特别是春、秋季排出的含水量较低的粪块),以上因素较难对其起到破碎作用。本研究中埋入地下处理的意义在于,试图模拟粪金龟子中具有埋藏习性种类^[30~31]的埋藏行为对粪分解的影响,从研究结果可以看出,羊粪埋入土壤中,消除了风蚀对粪样的影响,使残留粪样可以保持较高的湿度,加快了有机质的分解速率,改变了淋溶作用对粪中养分含量的影响;但以上作用对牛粪并不明显。

References

- MacDiarmid BN, Watkin BR. The cattle dung patch. 2. Effect of a dung patch on the chemical status of the soil, and ammonia nitrogen losses from the patch. *J Brit Grass Soc*, 1972, **27**: 43~47
- Haynes RJ, Williams PH. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Adv Agron*, 1993, **49**: 119~199
- Williams PH, Haynes RJ. Effect of sheep, deer and cattle dung on herbage production and soil nutrient content. *Grass & Forage Sci*, 1995, **50**: 263~271
- Xu GP, Chao ZG, Wang SP, Hu YG, Zhang ZH, Duan JC, Chang XF, Su AL, Luo CY, Li YN, Du MY. Temperature sensitivity of nutrient release from dung along elevation gradient on the Qinghai-Tibetan plateau. *Nutr Cycl Agroeco*, 2010, **87**: 49~57
- Castle ME, MacDaid E. The decomposition of cattle dung and its effect on pasture. *J Brit Grass Soc*, 1972, **27**: 133~137
- He YX (何奕忻), Sun G (孙庚), Luo P (罗鹏), Wu N (吴宁). Effects of dung deposition on grassland ecosystem. *Chin J Ecol* (生态学杂志), 2009, **28** (2): 322~328
- During C, Weeda WC. Some effects of cattle dung on soil properties, pasture production, and nutrient uptake. I. Dung as a source of phosphorous. *N Z J Agric Res*, 1973, **16**: 423~430
- MacDiarmid BN, Watkin BR. The cattle dung patch: Distribution and rate of decay of dung patches and their influence on grazing behaviour. *J Brit Grass Soc*, 1972, **27**: 48~54
- Underhay VHS, Dickinson CH. Water, mineral and energy fluctuations in decomposing cattle dung pats. *J Brit Grass Soc*, 1978, **33**: 189~196
- Aarous SR, O'Connor CR, Gourley CJP. Dung decomposition in temperate dairy pastures I: Changes in soil properties. *Austr J Soil Res*, 2004, **24**: 107~114
- Aarous SR, Hosseini HM, Dorling L, Gourley CJP. Dung decomposition in temperate dairy pastures II: Contribution to plant-available soil phosphorus. *Austr J Soil Res*, 2004, **24**: 115~123
- Gillet F, Kohler F, Vandenberghe C. Effect of dung deposition on small-scale patch structure and seasonal vegetation dynamics in mountain pastures. *Agric Ecos Environ*, 2010, **135**: 34~41
- Moe SR, Wegge P. Effects of deposition of deer dung on nutrient redistribution and on soil and plant nutrients on intensively grazed grasslands in lowland Nepal. *Ecol Res*, 2008, **23**: 227~234
- Wang DL (王德利), Teng X (滕星), Wang YX (王涌鑫), Cheng ZR (程志茹). Variations in the plant heights on the artificial grassland with cow grazing. *J Northeast Norm Univ* (东北师范大学学报), 2003, **35** (1): 102~109

- 15 Aarons SR, O'Connor CR, Hossseini HM, Gourley CJP. **Dung pads** increase pasture production, soil nutrients and microbial biomass carbon in grazed dairy systems. *Nutr Cycl Agroeco*, 2009, **84**: 81~92
- 16 Jiang SC (姜世成), Zhou DW (周道玮). The impact of cattle dung deposition on grasslands in the Songnen grassland. *Acta Pratacult Sin* (草业学报), 2006, **15** (4): 1~3
- 17 Lu RK (鲁如坤). Analysis Methods of Soil Agricultural Chemistry. Beijing, China: China Agricultural Science and Technology Press, 1999. 146~185
- 18 Huang YF (黄玉芳), Ye YL (叶优良), Yang SQ (杨素勤). Feasibility of $\text{NO}_3\text{-N}$ determination by dual wavelength spectrophotometric method. *Chin Agric Sci Bull* (中国农学通报), 2009, **25** (2): 43~45
- 19 MacDiarmid BN, Watkin BR. The cattle dung patch: Distribution and rate of decay of dung patches and their influence on grazing behavior. *J Brit Grass Soc*, 1972, **27**: 48
- 20 Hirata M, Hasegawa N, Nomura M, Ito H, Nogami K, Sonoda T. Deposition and decomposition of cattle dung in forest grazing in southern Kyushu, Japan. *Ecol Res*, 2009, **24**: 119~125
- 21 Weeda WC. The effect of cattle dung patches on pasture growth, botanical composition, and pasture utilization. *N Z J Agric Res*, 1967, **10**: 150~159
- 22 Nakamura Y. Decomposition of organic materials and soil fauna in pasture II. Disappearance of cow dung. *Pedobiologia*, 1975, **15**: 129~132
- 23 He YX (何奕忻), Sun G (孙庚), Liu L (刘琳), Luo P (罗鹏), Wu N (吴宁), Luo GR (罗光荣). Effect of yak dung on high-frigid meadow soil nutrition in Northwestern Sichuan, China. *Chin J Appl Environ Biol* (应用与环境生物学报), 2009, **15** (5): 666~671
- 24 Marsh R, Campling RC. Fouling of pastures by dung. *Herb Abstr*, 1970, **40**: 123~130
- 25 Yokoyama K, Kai H, Koga T, Aibe T. Nitrogen mineralization and microbial populations in cow dung, dung balls and underlying soil affected by paracoprid dung beetles. *Soil Biol Biochem*, 1991, **23**(7): 649~653
- 26 Carran RA, Theobald PW. Effects of excreta return on properties of a grazed pasture soil. *Nutr Cycl Agroeco*, 2000, **56**: 79~85
- 27 Gillard P. Coprophagous beetles in pasture ecosystems. *J Aust Inst Agric Sci*, 1967, **33**: 30~34
- 28 Ma XZ, Wang SP, Wang YF, Jang GM, Paul N. Short-term effects of sheep excrement on carbon dioxide, nitrous oxide and methane fluxes in typical grassland of Inner Mongolia. *N Z J Agric Res*, 2006, **49**: 285~297
- 29 Ma XZ, Wang SP, Jiang GM, Silvia H, Ewald S, Paul N. Short-term effect of targeted placements of sheep excrement on grassland in Inner Mongolia on soil and plant parameters. *Commun Soil Sci Plant Anal*, 2007, **38** (11~12): 1589~1604
- 30 Horgan FG. Dung beetle assemblages in forests and pastures of El Salvador: A functional comparison. *Biodiver Conser*, 2008, **17**: 2961~2978
- 31 Bai M (白明), Yang XK (杨星科). Nesting behavior and adaptive evolution of dung beetle. *Chin Bull Entomol* (昆虫知识), 2008, **45** (3): 499~505