

施用尿素当年对退化天然草地物种 地上生物量和重要值的影响

何丹¹, 李向林^{1*}, 万里强¹, 何峰¹, 李春荣²

(1. 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所, 北京 100193; 2. 北京林业大学, 北京 100083)

摘要: 试验采取不同施肥梯度对内蒙古太仆寺旗地区的退化天然草地进行改良, 经研究发现, 不同物种对施肥梯度的反应不同。羊草在施尿素 50 kg/hm² 时地上生物量最大, 在群落中重要值的上升也最明显; 糙苏对施肥 75 kg/hm² 反应最为敏感, 在群落中重要值基本呈直线上升; 星毛委陵菜在施肥 100 kg/hm² 时地上生物量增产最大, 在群落中的重要值下降也最慢。结果表明, 不同的施肥梯度可以在一定程度上控制群落的物种结构。

关键词: 尿素; 羊草; 星毛委陵菜; 糙苏; 地上生物量; 重要值

中图分类号: S812.4; Q945.79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-5759(2009)03-0154-05

* 人类在利用草地时(放牧及割草等), 土壤养分随草产品及畜产品的输出而被过量地带出草地, 在未得到有效补充的情况下, 草地土壤肥力逐渐下降, 甚至瘠薄, 严重影响牧草的生长, 使草地生态系统受到危害^[1]。草地施肥能迅速补充草地土壤中所缺少的牧草生长所必需的营养元素, 是改良草地并获得高产的有效措施, 速度快、效果好, 增产幅度较大^[2~6]。但关于草地施肥的研究大多集中于施肥后群落生产力和物种多样性^[7~9]、植被养分^[9, 10]、地下生物量^[11]、群落生物量^[12~14]和土壤肥力^[15]变化等方面的研究, 对于群落中物种变化与肥力之间关系的研究相对较少。物种是群落的基本组成成分, 由于物种的变化才引起种群或群落相应的一系列变化, 所以对于群落中物种的研究变得十分重要。羊草(*Legmus chinensis*)是根茎型多年生草本植物, 生态适应性广, 是我国内蒙古东部和东北西部主要的地带性植被之一, 牧草营养价值丰富, 适口性好, 产量高, 为优质牧草资源。然而由于近年来过度放牧及不合理的利用方式, 致使群落中的羊草产生“小型化”现象^[16]。星毛委陵菜(*Potentilla acaulis*)是重度退化的指示性植物, 对它的研究大多集中于放牧后对其种群的影响^[17, 18]。糙苏为多年生草本植物, 一般作为药材使用, 目前尚未发现在草原群落中对其的研究。本研究通过对内蒙古锡林郭勒盟太仆寺旗地区的退化天然草地羊草+杂类草群落进行施肥处理, 以研究群落中的这3个物种各自对不同施肥浓度的反应, 旨在为草地改良提供一定的理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验区自然概况

试验区位于内蒙古锡林郭勒盟太仆寺旗地区, 东经 114°51'~115°49', 北纬 41°35'~42°10', 海拔 1 300~1 400 m, 年均降水量 407 mm, 季节分布明显, 春季风大风多, 降水量少, 常发生春旱, 无霜期年均 115 d。土壤为淡栗钙土。植被主要为禾草+杂类草群落, 禾草以羊草为主要优势物种, 伴有冰草(*Agropyron cristatum*)、针茅(*Stipa capillata*)糙隐子草(*Cleistogenes squarrosa*)等; 杂类草主要优势物种为星毛委陵菜、伴有糙苏(*Phlomis tuberosa*)、二裂委陵菜(*P. bifurca*)、冷蒿(*Artemisia frigida*)、唐松草(*Thalictrum petaloideum*)等多种杂类草。

1.2 试验处理

试验于 2007 年 5 月 20 日开始, 9 月 30 日结束。选取土壤和植被基本一致的退化天然草地, 采用 4 个不同的尿素(N 46%)梯度于 5 月下旬对退化天然草地进行一次施肥处理: 25(N1), 50(N2), 75(N3)和 100 kg/hm²

* 收稿日期: 2008-08-13; 改回日期: 2008-09-28

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(nyhyzx07-022)和国家科技支撑计划(2006BAD16B05)资助。

作者简介: 何丹(1981-), 女, 河北武强人, 在读博士。E-mail: gdh428@yahoo.com.cn

* 通讯作者。E-mail: lxl@iascaas.net.cn

(N4), 每个小区面积 $5\text{ m} \times 2\text{ m}$, 小区之间间隔 2 m (以排除施肥小区间因养分流动对试验测定结果的影响), 随机排列, 4 次重复, 施肥后灌溉, 灌溉量为增加 50 mm 降水量, 以未处理的天然草地植被作为对照。

1.3 测定指标及方法

每月中旬对各处理小区选用 $50\text{ cm} \times 50\text{ cm}$ 的样方进行测定, 分物种进行高度和密度^[19]的计量, 地上生物量为将样方内的物种齐地面分种采割后带回室内, $80\text{ }^\circ\text{C}$ 烘干至恒重后称重。

相对高度 = 样方内某一物种高度 / 样方内所有物种高度和

相对密度 = 样方内某一物种密度 / 样方内所有物种密度和

相对生物量 = 样方内某一物种地上生物量 / 样方内所有物种地上总生物量

重要值 = (相对高度 + 相对密度 + 相对地上生物量) / 3^[20]

数据分析采用 SPSS 13.0 统计软件。

2 结果与分析

2.1 不同施肥梯度对羊草地上生物量的影响

与对照相比, 施肥均可以显著增加单位面积羊草的地上生物量 (表 1) ($P < 0.05$), 在处理初期即表现出明显效果, 且不同施肥梯度之间差异显著。其中尤以 N2 处理即施肥 $50\text{ kg}/\text{hm}^2$ 时对羊草地上生物量的增产效果最好, 在 8 月时达到最高, 为 $110.48\text{ g}/\text{m}^2$, 显著高于其他处理, 与对照相比增产 538.98% 。施肥浓度增加羊草的地上生物量并没有相应增加, N3 和 N4 处理羊草的地上生物量与 N2 处理相比表现为下降的趋势, 但仍显著高于 N1 处理。9 月时由于羊草枯黄凋落, 地上生物量有所下降。

2.2 不同施肥梯度对星毛委陵菜地上生物量的影响

在处理初期, 不同施肥处理对星毛委陵菜的地上生物量都有一定的促进作用 (表 2), 并且随着处理时间的延长促进效果逐渐显著 ($P < 0.05$)。其中以 N4 处理即施肥 $100\text{ kg}/\text{hm}^2$ 的促进效果最为显著, 在 8 月可达 $76.30\text{ g}/\text{m}^2$, 与对照相比增加了 96.90% 。但是, 星毛委陵菜的地上生物量并未随着施肥浓度的增加而增加, N1 处理对星毛委陵菜的地上生物量的增长相对多于 N2 和 N3 处理, 与对照相比分别增加了 68.28% , 57.11% 和 37.34% 。星毛委陵菜虽是重度退化的指示性植物, 但施肥在增加优势物种羊草地上生物量的同时其地上生物量也会随着肥料的使用而相应增加。

表 1 不同施肥梯度对羊草地上生物量的影响 (平均值 ± 标准差)

Table 1 Effects of urea on aboveground biomass of *L. chinensis* (Mean ± SD)

g/m^2

处理 Treatment	6 月 June	7 月 July	8 月 August	9 月 September
CK	$8.11 \pm 1.49\text{ a}$	$17.04 \pm 1.42\text{ a}$	$17.29 \pm 2.48\text{ a}$	$16.73 \pm 2.82\text{ a}$
N1	$17.48 \pm 1.39\text{ b}$	$34.73 \pm 0.81\text{ b}$	$36.01 \pm 3.05\text{ b}$	$38.57 \pm 1.98\text{ b}$
N2	$33.86 \pm 0.54\text{ e}$	$70.28 \pm 2.00\text{ e}$	$110.48 \pm 2.80\text{ e}$	$58.12 \pm 3.60\text{ d}$
N3	$23.14 \pm 4.10\text{ c}$	$44.54 \pm 1.94\text{ c}$	$59.58 \pm 2.70\text{ d}$	$50.70 \pm 2.74\text{ c}$
N4	$27.26 \pm 0.14\text{ d}$	$55.08 \pm 1.20\text{ d}$	$48.34 \pm 0.34\text{ c}$	$47.68 \pm 2.64\text{ c}$

注: 不同字母表示差异达显著 ($P < 0.05$), 下同。

Note: Different letters mean significant differences at the 0.05 level, the same below.

表 2 不同施肥梯度对星毛委陵菜地上生物量的影响 (平均值 ± 标准差)

Table 2 Effects of urea on aboveground biomass of *P. acaulis* (Mean ± SD)

g/m^2

处理 Treatment	6 月 June	7 月 July	8 月 August	9 月 September
CK	$28.28 \pm 2.56\text{ a}$	$30.99 \pm 2.97\text{ a}$	$38.75 \pm 2.99\text{ a}$	$33.85 \pm 2.41\text{ a}$
N1	$35.13 \pm 3.38\text{ a}$	$59.54 \pm 2.85\text{ bc}$	$65.21 \pm 3.17\text{ c}$	$32.13 \pm 2.78\text{ a}$
N2	$33.94 \pm 2.58\text{ a}$	$53.70 \pm 4.71\text{ b}$	$60.88 \pm 3.64\text{ c}$	$31.88 \pm 3.48\text{ a}$
N3	$35.44 \pm 2.76\text{ a}$	$59.82 \pm 1.66\text{ bc}$	$53.22 \pm 2.74\text{ b}$	$36.38 \pm 4.30\text{ a}$
N4	$58.78 \pm 3.77\text{ b}$	$66.52 \pm 2.40\text{ c}$	$76.30 \pm 0.66\text{ d}$	$37.54 \pm 3.14\text{ a}$

2.3 不同施肥梯度对糙苏地上生物量的影响

施肥处理之前,糙苏在群落中占有率极低,属于零星分布的物种(表 3),对照中糙苏单位面积的地上生物量极低,仅为 0.33 g/m^2 ,但施肥处理后各小区糙苏的地上生物量均有极显著的增加($P < 0.01$),其中尤以 N3 处理即施肥 75 kg/hm^2 对糙苏地上生物量的增产最大,极显著高于其他处理,在 8 月时可达到 46.78 g/m^2 ,而对照仅为 1.13 g/m^2 。其他施肥处理对糙苏的地上生物量也有极显著的促进作用,但 N1 处理的增长作用相对高于 N2 和 N4 处理。

表 3 不同施肥梯度对糙苏地上生物量的影响 (平均值±标准差)

Table 3 Effects of urea on aboveground biomass of *P. tuberosa* (Mean±SD)

g/m^2

处理 Treatment	6 月 June	7 月 July	8 月 August	9 月 September
CK	$0.33 \pm 0.05 \text{ a}$	$0.53 \pm 0.04 \text{ a}$	$1.13 \pm 0.08 \text{ a}$	$6.65 \pm 1.54 \text{ a}$
N1	$4.80 \pm 0.88 \text{ b}$	$14.24 \pm 1.39 \text{ c}$	$22.49 \pm 1.58 \text{ c}$	$14.28 \pm 3.26 \text{ a}$
N2	$3.82 \pm 0.45 \text{ b}$	$5.32 \pm 1.07 \text{ b}$	$8.06 \pm 0.19 \text{ b}$	$14.42 \pm 2.74 \text{ a}$
N3	$7.60 \pm 0.67 \text{ c}$	$25.82 \pm 0.08 \text{ d}$	$46.78 \pm 2.34 \text{ d}$	$32.56 \pm 3.67 \text{ b}$
N4	$4.68 \pm 0.96 \text{ b}$	$8.62 \pm 1.49 \text{ b}$	$9.30 \pm 0.42 \text{ b}$	$15.24 \pm 1.07 \text{ a}$

2.4 不同施肥梯度对羊草、星毛委陵菜和糙苏当年地上总生物量的影响

3 个草种年度的地上总生物量在不同施肥浓度下表现出极大的差异(表 4),而且不同草种间也表现出极大的差异。在未施肥的退化天然草地对照中,羊草的地上总生物量仅为 59.17 g/m^2 ,显著低于星毛委陵菜。施肥处理后,羊草的地上生物量显著上升,其中尤以 N2 处理对羊草的增产效果最为显著,与对照相比增产了 360.94%,而且也显著高于同处理的星毛委陵菜的产量,极大地增加了在群落中的占有率;星毛委陵菜虽然是重度退化的指示植物,但施肥对其生长也有一定的促进作用,尤以 N4 处理对其增产效果最为显著,与对照相比增产了 81.35%,显著高于同处理的羊草;而糙苏在施肥处理后,地上总生物量从最初的 2.16 g/m^2 上升到最高为 N3 处理下的 112.76 g/m^2 ,极显著的增加了在群落中的占有率。

2.5 不同施肥梯度对羊草、星毛委陵菜和糙苏重要值的影响

N2 处理不仅提高了羊草的地上生物量,也极大地提高了其在群落中的重要值(图 1),而且在处理初期即表现出明显的效果,N2 处理羊草在群落中的重要值一直高于其他施肥处理,在 8 月羊草的重要值由对照的 0.19 上升到了 0.36,明显优于其他处理。由于 N1 处理对羊草的促进效果最差,却对星毛委陵菜和糙苏的地上生物量都有极大的增加,所以 N1 处理中羊草在群落中的重要值呈下降的趋势。

虽然各施肥处理均在一定程度上提高了星毛委陵菜的地上生物量,但结果显示(图 2),与对照相比,其在群落中的重要值并没有随之升高,而是呈下降的趋势。其中 N4 和 N1 处理对星毛委陵菜地上生物量的提高较为显著,其在群落中的重要值下降也相对较慢。这主要是因为星毛委陵菜植株低矮,虽然施肥处理对其增长有一定的促进作用,但与其他植物相比,增长空间相对有限。随着生长季节的延长,各种植物逐渐生长发育,所以对照中星毛委陵菜的重要值也呈逐渐下降的趋势。

表 4 不同施肥梯度对 3 个草种地上总生物量的影响 (平均值±标准差)

Table 4 Effects of urea on aboveground biomass of three species (Mean±SD)

g/m^2

处理 Treatment	羊草 <i>L. chinensis</i>	星毛委陵菜 <i>P. acaulis</i>	糙苏 <i>P. tuberosa</i>
CK	$59.17 \pm 1.25 \text{ Ab}$	$131.87 \pm 5.52 \text{ Ac}$	$2.16 \pm 0.39 \text{ Aa}$
N1	$126.80 \pm 6.62 \text{ Bb}$	$172.17 \pm 5.21 \text{ Bc}$	$54.81 \pm 3.89 \text{ Ca}$
N2	$272.74 \pm 4.61 \text{ Dc}$	$180.40 \pm 8.44 \text{ BCb}$	$31.62 \pm 3.56 \text{ Ba}$
N3	$177.96 \pm 8.49 \text{ Cb}$	$184.86 \pm 2.66 \text{ Cb}$	$112.76 \pm 5.43 \text{ Da}$
N4	$178.36 \pm 1.92 \text{ Cb}$	$239.14 \pm 0.48 \text{ Dc}$	$37.84 \pm 1.81 \text{ Ba}$

注:不同小写字母表示横向差异达显著($P < 0.05$),大些字母表示纵向差异显著($P < 0.05$)。

Note: Different small letters mean significant differences at the 0.05 level in row; different capitals mean significant differences at the 0.05 level on line.

糙苏在各处理中呈逐渐上升的趋势(图3),尤其是 N3 处理,基本呈直线上升的趋势,在生长季结束时,糙苏在群落中的重要值有极大的增加,由处理前的 0.070 增加到了 0.209。其他施肥处理糙苏在群落中的重要值也都有相应的增加,但增加相对较为缓慢。

3 讨论

施肥作为一种干扰手段,通过改变土壤中的有效资源,影响植物地下及地上部分的生长,从而引起植物种群的变化,由于不同植物对肥料的利用率不同,进而使得群落结构发生不同的变化。程积民等^[21]研究表明施肥因改善了土壤的营养状况,使百里香(*Thymus mongolicus*)群落中的建群种百里香和长芒草(*Stipa bungeana*)种间竞争更为剧烈,从施肥后的第 2 年开始建群种发生变化,百里香被长芒草代替。本试验中,N1 处理即施肥 25 kg/hm²时,对羊草的增产效果最差,但对星毛委陵菜和糙苏的增产效果均较好,在群落中的重要值也有相应增加;而在施肥 50 kg/hm²时,羊草的地上生物量达到最大,在群落中的重要值也直线上升;而此时星毛委陵菜和糙苏虽有增产,但增产效果与其他施肥处理相比处于最低;在施肥 75 kg/hm²时,羊草表现出肥料递减效应,这与他人对禾草施用氮肥的规律相一致^[22~24],而此时糙苏的增产达到最高,重要值也随之上升;施肥 100 kg/hm²时,羊草和糙苏均表现出肥料递减效应,对星毛委陵菜的增产却达到最大,但其在群落中的重要值依然呈下降趋势。从以上结果可以看出,群落中的不同植物对不同的施肥浓度表现不同,虽都表现为一定的促进植物地上生物量增加的趋势,但种群在群落中的优势度有所变化。尹力初和蔡祖聪^[25]研究表明施用不同的肥料对田间杂草种群的变化也不相同,不施磷肥可显著引起杂草种群组成的变化,不施用氮肥也有一定的影响,但不施用钾肥却无显著影响。侯红乾等^[26]研究也表明不同的施肥量对田间杂草生物量的增加也。这就说明不同的植物对不同的肥料及浓度都有各自的敏感区间,从而相应引起植物种群的变化。但这一结果是否与年际间气候及降水变化、植物根系在土壤中分布特性及吸收特性、植物根系对水分的提升能力、不同植物适宜的水肥配比等有关还有待于更长期深入的研究。

由以上结果分析可知,由于施肥梯度的不同,从而引起羊草、星毛委陵菜和糙苏 3 种植物在群落中的地位也产生相应变化,但总体来说,在改良退化草地时,适当施肥可以促进优势物种羊草的生长,同时也应当控制肥料的使用,以避免肥料浪费和控制星毛委陵菜等不利于草地恢复植物的生长;实际生产中应当根据需要进行适当地补充肥料,以控制群落的物种结构组成。

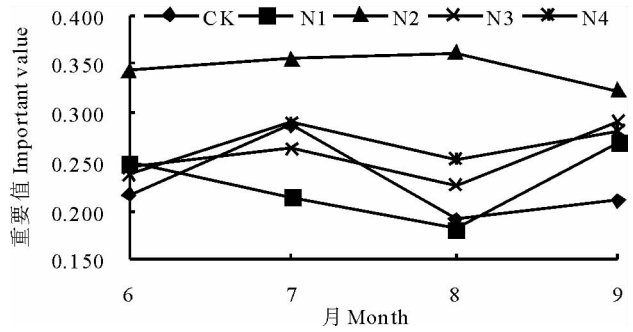


图 1 不同施肥梯度羊草重要值的变化
Fig. 1 Important value of *L. chinensis* in different urea concentration

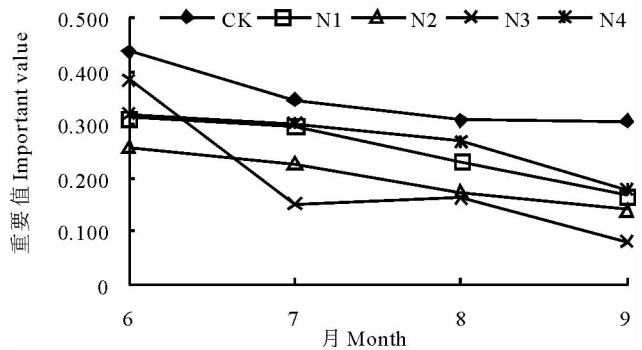


图 2 不同施肥梯度星毛委陵菜的重要值变化
Fig. 2 Important value of *P. acaulis* in different urea concentration

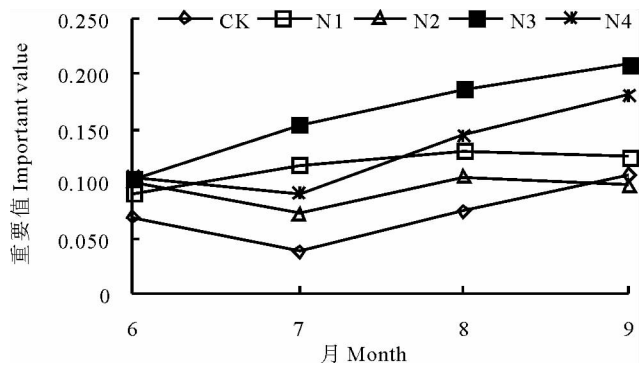


图 3 不同施肥梯度糙苏重要值的变化
Fig. 3 Important value of *P. tuberosa* in different urea concentration

参考文献:

- [1] 闫玉春,唐海萍. 草地退化相关概念辨析[J]. 草业学报, 2008, 17(1):93-99.
- [2] 张维云,公保才让,周有信,等. 老龄人工草地施肥改良试验[J]. 青海畜牧兽医杂志, 1988, (6):4-8.
- [3] Maltsev. Yield of *Psathyrostachys juncea* in relation increasing rates of nitrogen fertilizer[J]. *Herbage Abstract*, 1984, 54(9): 314.
- [4] 谢敖云,刘书杰,薛白. 不同施氮量对高山草甸草地牧草产量及营养成分的影响[J]. 青海畜牧兽医杂志, 1996, 26(2):5-7.
- [5] 马青山,王世俊,黄立铭. 河南天然草地施肥灌溉试验报告[J]. 青海草业, 2002, (4):7-9.
- [6] Rebotnov T A. The influence of fertilizers on the plant communities of mesophytic grassland[A]. In: Krause W. Application of Vegetation Science to Grassland Husbandry (Handbook of Vegetation Science)[M]. Junk The Hague, 1977. 461-497.
- [7] 邱波,罗燕江. 不同施肥梯度对甘南退化高寒草甸生产力和物种多样性的影响[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2004, 40(3):56-59.
- [8] 张彦东,沈有信,刘文耀. 金沙江干旱河谷退化草地群落对氮磷施肥的反应[J]. 植物研究, 2004, 24(1):59-64.
- [9] 刘美玲,宝音陶格涛,杨持. 施用磷酸二胺对典型草原区割草地植物群落组成及草场质量的影响[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(1):350-355.
- [10] 刘大勇,陈平,范志平,等. 氮、磷添加对半干旱沙质草地植被养分动态的影响[J]. 生态学杂志, 2006, 25(6):612-616.
- [11] 亦如瀚,盐见正卫,高桥繁男,等. 日本那须地区人工草地牧草生物量随时间变化的解析——Ⅱ地下生物量[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 2004, 5(6):654-657.
- [12] 程积民,贾恒义,彭祥林. 施肥草地群落生物量结构的研究[J]. 草业学报, 1997, 6(2): 22-27.
- [13] 施建军,马玉寿,董全民,等. “黑土型”退化草地人工植被施肥试验研究[J]. 草业学报, 2007, 16(2):25-31.
- [14] 张铜会,赵哈林,李玉霖,等. 科尔沁沙地灌溉与施肥对退化草地生产力的影响[J]. 草业学报, 2008, 17(1):36-42.
- [15] 李本银,汪金舫,赵世杰,等. 施肥对退化草地土壤肥力、牧草群落结构及生物量的影响[J]. 中国草地, 2004, 26(1):14-18.
- [16] 王炜,梁存柱,刘钟龄,等. 羊草+大针茅草原群落退化演替机理的研究[J]. 植物生态学报, 2000, 24(4):468-472.
- [17] 李金花,李镇清. 放牧对星毛委陵菜(*Potentilla acaulis*)种群生殖对策的影响[J]. 草业学报, 2002, 11(3):92-96.
- [18] 汪诗平,李永宏. 内蒙古典型草原退化机理的研究[J]. 应用生态学报, 1999, 10(4):437-441.
- [19] 王炜,刘钟龄,郝敦元,等. 内蒙古草原退化群落恢复演替的研究Ⅱ:恢复演替时间进程的分析[J]. 植物生态学报, 1996, 20(5):460-471.
- [20] 任继周. 草业科学研究方法[M]. 北京,中国农业出版社, 1998.
- [21] 程积民,贾恒义,彭祥林. 施肥草地植被群落结构和演替的研究[J]. 水土保持研究, 1996, 3(4):124-128.
- [22] 车敦仁. 高寒禾草施氮效应浅析[J]. 青海畜牧兽医杂志, 1994, 24(5):1-6.
- [23] 戎郁萍,韩建国,王培. 施氮与株丛切割对退化新麦草草地的改良效果[J]. 草地学报, 1999, 7(2):157-164.
- [24] 车敦仁,梅贤春. 高寒地区施氮量对糙毛鹅观草产量和营养成分含量的影响[J]. 中国草地, 1990, 12(4):6-9.
- [25] 尹力初,蔡祖聪. 长期不同施肥对玉米田间杂草种群组成的影响[J]. 土壤, 2005, 37(1):56-60.
- [26] 侯红乾,李世清,南维鸽. 冬小麦播种密度和施肥方式对麦田杂草群落组成及生长的影响[J]. 西北植物学报, 2007, 27(9):1849-1854.

Influence of urea application on aboveground biomass and important value of the species in the degraded grassland

HE Dan¹, LI Xiang-lin¹, WAN Li-qiang¹, HE Feng¹, LI Chun-rong²

(1. Institute of Animal Science, CAAS, Beijing 100094, China; 2. Beijing Forestry University, Beijing 100094, China)

Abstract: When different amounts of urea were applied to improve the degraded grassland, different species responded differently to the different concentrations. Fifty kg/ha of urea was the best concentration for increasing productivity and importance of *Leymus chinensis* in the grassland community, while 75 kg/ha was optimum for *Phlomis tuberosa* and 100 kg/ha for *Potentilla acaulis*. This shows that different concentrations of urea may be used to give some limited control of the structure of the degraded grassland plant community.

Key words: urea; *Leymus chinensis*; *Phlomis tuberosa*; *Potentilla acaulis*; aboveground biomass; the important value