

文章编号: 1003-8701(2001)04-0036-04

# 草原土壤施肥的研究

宋健国, 李楠, 刘伟, 龚长虹

(吉林农业大学资源与环境学院, 吉林 长春 130118)

**摘要:**在吉林省西部白城地区的天然、人工草场设置了氮、磷、锌三因素五水平最优回归设计田间试验。结果表明:该区草场需要营养元素的次序是氮和磷,其次是锌,可暂不施钾肥。对7个肥料效应回归方程按频率分析法算出公顷施肥 N 90 kg、 $P_2O_5$  90 kg 和  $ZnSO_4$  30 kg, 每公斤肥料可增产干草 13 kg。还分析了各处理羊草的营养含量,施肥后干草中的磷和磷/钙比值略低于国际标准,其它养分元素均属正常含量。

**关键词:**羊草; 矿质养分; 产量; 最优回归设计

**中图分类号:**S812.4

**文献标识码:**A

试验是从 1996~1998 年在吉林省西部白城地区的前郭县、大安县天然草场和人工草场上进行的。目的在于探讨不同施肥处理对羊草的矿质养分含量和产量的影响,以及为牧草科学施肥提供依据。

## 1 试验条件和方法

供试土壤主要有盐渍化草甸土,碳酸盐黑钙土,淡黑钙土及盐碱土,多呈复区分布。土壤养分经多点采样,碱解氮 89~125  $\mu\text{g/g}$ , 平均为 107  $\mu\text{g/g}$ , 有效磷 3~5  $\mu\text{g/g}$ , 平均 4.7  $\mu\text{g/g}$ , 有效钾 115  $\mu\text{g/g}$ , 有效锌 0.36  $\mu\text{g/g}$ , 水浸 pH 8.2~8.5。

表 1 试验方案

区号	供试肥料养分含量(kg/hm <sup>2</sup> )		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O
1	93.75	75.0	75.00
2	93.75	75.0	0
3	26.25	21.0	56.25
4	161.25	21.0	56.25
5	26.25	129.0	56.25
6	161.25	129.0	56.25
7	187.50	75.0	18.75
8	0	75.0	18.75
9	93.75	150.0	18.75
10	93.75	0	18.75
11	93.75	75.0	37.50
12	0	0	0

植被以羊草群落为主,其次为碱蓬和碱茅,其它杂草占 7.8%。人工草场常年干草产

收稿日期: 2000-10-27

作者简介: 李楠(1953-),女,吉林省长春市人,吉林农业大学资源与环境学院副教授,主要从事植物营养研究。

量为 1 125~1 500 kg/hm<sup>2</sup>,天然草场常年干草产量 1 050~1 125 kg/hm<sup>2</sup>。供试肥料尿素含 N 46%,重过磷酸钙含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 46%,ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 含 Zn 20%。每年 6 月初布置试验小区,8 月初收干草计产。小区面积 10 m<sup>2</sup>,重复 2~4 次,试验采用 311-B 最优回归设计,三因素五水平,11 个处理,外加一个不施肥处理区,试验方案如表 1。以常规方法测定干草的矿质养分。

## 2 试验结果

### 2.1 施肥对羊草矿质养分的影响

表 2 1996~1998 年羊草养分含量分析

养分	区 号											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
N	2.430	2.120	2.000	2.330	1.750	2.590	2.650	1.600	2.450	2.440	2.470	1.640
P	0.156	0.166	0.139	0.131	0.164	0.179	0.160	0.144	0.194	0.135	0.135	0.096
K	1.280	1.000	1.170	1.150	1.070	1.170	1.250	1.060	1.120	1.000	1.110	1.090
Ca	0.361	0.330	0.300	0.282	0.291	0.316	0.273	0.323	0.258	0.440	0.216	0.252
Mg	0.267	0.236	0.242	0.262	0.258	0.235	0.278	0.258	0.313	0.293	0.254	0.274
K/(Ca+Mg)	1.800	2.140	2.150	2.110	1.950	2.120	2.260	1.820	1.960	1.860	2.130	2.070
Zn	31.700	24.400	38.900	54.500	35.000	26.400	28.500	31.000	27.700	30.900	24.900	22.500

从 3 年的平均分析结果看出,不施氮的 12 和 8 区、施氮较低的 3 和 5 区,羊草植株中含氮量均低,一般在 1.60%~2.00%之间;施氮中等的各区含氮量在 2.12%~2.4%;施氮较高的 6 和 7 区含氮量为 2.59%~2.65%,说明羊草的含氮量随施氮量的增加而增加。氮素增多,无疑粗蛋白含量也提高,有利于牧草品质的改善。试验表明,经济合理的施氮量范围是 75~105 kg/hm<sup>2</sup>,可产干草 2 400~4 200 kg/hm<sup>2</sup>。其含氮量为 2.12%~2.45%,比对照(不施肥)区含氮提高 29.3%~52.4%。

尿素氮的利用率第 1 年为 29.6%~32.9%,第 2 年为 18.8%~26.8%,总计为 48.4%~59.7%。

饲草中磷的含量对牧草生产发育以及对畜牧业的乳、肉生产能力、牲畜骨骼发育和繁殖等方面都有重要影响。日本、原苏联规定家畜饲草磷指标为 0.2%~0.7%,<0.2%为不足,≥0.8%为过剩。从我们的试验结果看,不施磷和施磷少的 3、4 区羊草含磷量很低,只有 0.1%~0.14%,比国外上述标准低 0.4~1 倍。而施 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 75~150 kg/hm<sup>2</sup>,羊草中磷的含量也只有 0.16%~0.2%。初步分析,羊草磷含量低的原因:一是与羊草生长在半干旱的石灰性土壤上的 pH 高,对磷的严重固定有关;二是草地施肥只是施在表层,水分条件差,对磷的吸收利用较低有关;经 3 年用差减法求得磷的利用率只有 6.2%~8.9%;三是土壤原来有效磷量小于 5 μg/g 是属于严重缺磷草地。因此,为提高吉林省西部草原牧草产量,改进品质,必须重视磷肥的施用,从复因子试验结果得到该区草地施 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 量为 105~120 kg/hm<sup>2</sup> 为宜。

牧草含钾水平对牲畜生育有重要影响。根据 3 年试验分析看出,由于试验土壤有效钾较丰富,多数在 110 μg/g 以上,所以尽管各处理没有施钾肥,多数牧草中的钾含量均在 1% 以上,达到国际规定的标准。在近期,不施钾肥也不会引起缺钾。Ca、Mg 的含量均属于正常范围。

锌的不足也会影响牧草的生育和牲畜健康、繁殖等。从 3 年试验结果看,不施锌的 12 和 2 区,羊草中含锌量在 22~24 μg/g,基本上属于缺少或潜在缺少锌。日本有关资料指出:

禾本科牧草含锌量在  $100\sim 30\ \mu\text{g/g}$ , 豆科牧草在  $80\sim 20\ \mu\text{g/g}$ , 家畜需要的适量范围为  $55\sim 60\ \mu\text{g/g}$ 。本试验每公顷施锌肥  $18.75\sim 75.0\ \text{kg}$ , 羊草含锌量也只有  $30\sim 54\ \mu\text{g/g}$ , 锌肥的利用率很低, 3年测定结果不超过  $7\%$ , 而固定率高达  $93.2\%\sim 96.5\%$ , 适宜的硫酸锌用量为  $22.5\sim 45.0\ \text{kg/hm}^2$ 。

国际上牧草中  $\text{K}/(\text{Ca}+\text{Mg})$  比值规定小于 2.2, 如果比值大于 2.2, 意味钾多, 钙加镁就少, 牲畜易患抽搐病。本试验结果  $\text{K}/(\text{Ca}+\text{Mg})$  为 1.97, 符合要求。原苏联对牧草矿质养分含量要求磷为  $0.21\%$ 、钾  $1.1\%$ 、钙  $0.63\%$ 、镁  $0.15\%$  和锌  $20\ \mu\text{g/g}$ ,  $\text{K}/(\text{Ca}+\text{Mg})$  为 1.41。我们 3 年试验的平均结果磷为  $0.155\%$ 、钾  $1.11\%$ 、钙  $0.30\%$ 、镁  $0.263\%$  和锌  $33\ \mu\text{g/g}$ 。通过比较看到, 磷、钙含量比原苏联的低。因此, 为促进羊草生育和提高产量, 改进品质, 在吉林省西部半干旱草原区, 应提倡氮、磷、锌肥配合施用。

## 2.2 施肥对羊草产量的影响

1996~1998 年设置了 11 个试验。现将 8 月 5 日正常牧草的产量进行直观分析, 从 3 年平均结果看出, 施肥各处理与不施肥的对照组比较均有明显的增产效果, 增产最高为 6、9、2 处理, 公顷增干草  $2\ 355\sim 3\ 438\ \text{kg}$ , 增产幅度为  $154.4\%\sim 222.7\%$ 。增产次之的为 7、11、1 处理, 公顷增干草  $1\ 842\sim 2\ 030\ \text{kg}$ , 增产幅度为  $125.9\%\sim 205\%$ 。增产较差的为 5、4、3、8、10 处理, 公顷增产干草  $666\sim 1\ 278\ \text{kg}$ , 增产幅度为  $41.1\%\sim 85.2\%$ 。从以上的分析看, 干草产量最高的是 6、9 处理, 但此 2 个处理的产出投入比值低, 并出现经济上的亏损, 故不能采用该处理的施肥组合。经对投入产出盈亏和每公斤混配肥所增干草数量分析, 只有处理 2 和处理 3 得到施肥的纯收益, 分别为 1.942 元和 0.97 元。其余各处理虽然表现增产, 但不增收, 且有亏损。

经济效益分析是以干草单价  $0.1\ \text{元/kg}$ , 乘上干草产量作为产出值, 每公斤 N 和  $\text{P}_2\text{O}_5$  的单价均为 1.2 元, 每公斤  $\text{ZnSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$  为 0.6 元, 乘上各处理的施肥量作为投入值, 未计入施肥的人工费。较为经济合理的施肥组合和用量是 2 处理, 即 N 为  $93.75\ \text{kg/hm}^2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  为  $75\ \text{kg/hm}^2$ , 没有锌。但从土壤和草质分析仍属缺锌。为保护草原地力, 提高牧草产量, 改进品质, 仍需施用少量的锌肥, 这在下面的频率分析中得到证实。

用 1996~1998 年试验所得的干草产量和相应的施肥处理, 以固定的计算程序输入 APPLE-II 微机得到 7 个三元二次肥料效应方程式。

1996 年试验:

$$y_4 = 340.526 - 14.825x_1 - 16.41x_2 - 17.704x_3 + 1.073x_4 + 0.672x_5 + 2.194x_6 + 1.672x_7 + 1.848x_8 + 0.067x_9 \quad (1)$$

$$y_6 = -152.529 + 39.715x_1 + 72.615x_2 + 104.935x_3 - 2.121x_4 - 4.262x_5 - 14.275x_6 + 0.1699x_7 - 0.0488x_8 - 7.916x_9 \quad (2)$$

$$y_7 = 91.927 + 21.391x_1 + 12.264x_2 + 1.727x_3 - 1.196x_4 - 1.242x_5 + 2.923x_6 + 2.757x_7 - 1.426x_8 - 2.149x_9 \quad (3)$$

1997 年试验:

$$y_1 = 67.833 + 3.926x_1 + 21.722x_2 + 41.68x_3 - 0.114x_4 - 1.368x_5 - 7.142x_6 + 0.871x_7 + 0.397x_8 - 1.118x_9 \quad (4)$$

$$y_2 = -50.097 + 20.619x_1 + 50.891x_2 + 40.426x_3 - 0.276x_4 - 2.759x_5 - 3.901x_6 - 0.311x_7 - 1.573x_8 - 2.708x_9 \quad (5)$$

1998 年试验:

$$y_{10} = 130.271 + 5.956x_1 + 21.504x_2 + 1.411x_3 - 0.198x_4 - 2.174x_5 + 0.469x_6 + 1.273x_7 + 0.055x_8 - 0.662x_9 \quad (6)$$

$$y_{11} = 130.984 + 10.219x_1 + 8.315x_2 + 12.459x_3 - 0.608x_4 - 1.446x_5 - 2.886x_6 + 2.012x_7 - 0.266x_8 + 1.887x_9 \quad (7)$$

以上各式中, 试验处理数除第(6)方程  $n=12$  外, 其余均为  $n=11$  式中,  $x_1, x_2, x_3$  分别代表  $N, P_2O_5, ZnSO_4$

$x_4, x_5, x_6$  分别代表  $x_1^2, x_2^2, x_3^2$

$x_7, x_8, x_9$  分别代表  $x_1x_2, x_1x_5, x_2x_5$

对上述各方程经  $R$  和  $x^2$  检验, 除第(1)和(7)两个方程拟合的较差外, 其余均拟合较好。但各方面的极值没有落在试验的给定范围内, 有的出现负值, 所以不能用偏导分析求解最高产量施肥量和最佳经济施肥量, 而用频率分析方法求出在限定产量范围内的合理施肥区间及组合。频率分析结果表明, 在吉林省西部半干旱草原区, 常年羊草干重公顷产量为 1 515 kg 左右, 欲获得 3 349.5~4 429.5 kg 的干草, 公顷施纯 N 88.5~121.5 kg,  $P_2O_5$  89.25~135.00 kg,  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  34.5~66.0 kg。频率分析结果与前面直观分析结果除硫酸锌较高外, 其它基本一致。经试验可以确定, 为提高草地土壤肥力, 增加牧草产量, 改善品质, 必须对草地进行科学施肥, 要改变那种认为草地施肥不合算的旧观念。

### 3 结 论

在吉林省西部半干旱草原土壤上, 对照区干草产量 1 650 kg/hm<sup>2</sup> 左右, 欲达到 3 345~4 425 kg 的干草产量时, 公顷施 N 90~120 kg, 施  $P_2O_5$  90~135 kg, 施  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  45~66 kg。

从当前施肥水平和经济效益出发, 公顷施 N 90 kg,  $P_2O_5$  90 kg, 施  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  30 kg, N:  $P_2O_5$ :Zn 为 1:1:0.3 为宜, 每公斤混肥可增干草 13 kg 以上, 投入和产出比为 1:1.94 元。

限制半干旱草原生产力的营养元素, 第一位是氮和磷, 其次是锌和钾, 从土壤和植株分析得知, 近期不施钾肥也不会缺乏钾素。

公顷施 N、 $P_2O_5$  各 90~105 kg, 施  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  22.5~30 kg, 干草中 N 含量为 2.12%~2.5%, P 含量 0.155%, K 含量 1.11%, Ca 含量 0.3%, Mg 含量 0.263%, P/Ca 为 0.4~0.6,  $K/(Ca+Mg)=1.97$ , Zn 含量为 33  $\mu g/g$ ; 其中 P 和 P/Ca 比略低于国际标准, 其他养分均属正常含量范围。

### 参考文献:

- [1] 郭继勋. 羊草草原枯枝落叶中元素的动态分析[J]. 草业学报, 1997, (1): 72.
- [2] 邓 蓉. 草坪型黑麦草氮肥品种及氮磷钾配施肥效试验[J]. 草业学报, 1998, (2): 67.
- [3] 王明玖. 低量施肥对高燕麦草草地植被及绵羊择食行为的影响[J]. 草业学报, 1997, (4): 24.
- [4] 程祝民. 施肥草地群落生物量结构的研究[J]. 草业学报, 1997, (2): 22.