

冀西北高原磷钾肥对苜蓿生产力的影响

左启华, 石景荪, 杨福存, 杜雄, 张立峰, 边秀举

(河北农业大学, 保定, 071001)

摘要: 在冀西北高原雨养砂质栗钙土条件下, 不同磷钾水平对苜蓿生长与产量影响研究表明, 施用磷肥和钾肥能显著提高苜蓿干物质产量, 磷素处理3年平均增产49.8%, 钾素处理平均增产20.5%。施肥效应方程: $y=146.37+7.00K_2O+33.90P_2O_5-3.03P_2O_5^2$ 。研究结果还表明: 施用磷钾肥料可以明显提高苜蓿植株的生长高度, 提高氮素产投比。

紫花苜蓿是我国栽培面积最大的牧草之一, 广泛分布于西北、华北、东北地区^[1]。苜蓿不但具有良好的适口性、极高的营养价值和良好的生态适应性, 被认为是家畜的优质饲料, 而且还常作退耕还草、防风固沙、生态恢复与重建不可缺少的主要牧草种类^[2]。在我国, 苜蓿主要种植在旱薄地、盐碱地上, 基本不施肥或很少施肥, 种植4~5年后, 由于土壤养分失衡以及其它原因而衰退^[3], 使生产潜力未得到充分发挥。

近年来, 为了发展草畜生产力, 苜蓿草地施肥日益受到关注, 特别是磷钾肥的施用。研究表明, 施肥不仅使苜蓿生产力提高^[4], 而且是维持土-草-畜系统可持续发展的物质基础。由于苜蓿对磷钾肥较敏感^[4], 磷钾不足会导致早衰^[5]而限制叶片的光合作用^[6]。在苜蓿生产中, 磷钾肥促进根系的发育与纵向生长, 增加主根直径、根重、有效节瘤、根瘤数目和根瘤鲜质量, 进而促进固氮活性; 磷钾肥能够影响到产量构成因素、吸肥能力、产量和品质^[7]。

目前, 我国在苜蓿施肥的养分利用效果方面研究还比较少, 并局限于施肥对苜蓿产量影响的当年试验, 本文从提高和延续苜蓿生产力出发, 研究了多年施用磷钾肥的苜蓿产量效果及其肥料利用效应, 以期对苜蓿合理施肥提供科学依据。

1. 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2004-2006年在河北省张北县河北农业大学张北实验站3年生苜蓿草地实施。该地海拔1410米, 年均降水量395毫米, 无霜期105天左右。供试土壤为砂质栗钙土, pH为7.6, 有机质0.68%, 有效磷(ASI-P)为14.6毫克/升、有效钾(ASI-K)为31.8毫克/升。

1.2 试验设计

试验设3个不同磷肥水平(0, 2.7, 5.3公斤/亩)和3个不同钾肥水平(0, 4, 8公斤/亩)构成9个处理(见表1), 试验小区面积144平方米。 P_2O_5 由磷酸二铵, K_2O 由氯化钾提供。氮肥施用量于2004-2005年为2.2公斤/亩, 2006年为3.2公斤/亩。2004、2005年所有肥料于返青前一次性沟施, 2006年氮钾肥2/3于返青前施用, 1/3于第一茬收获后追施。

1.3 测定内容与计算方法

2004年于8月下旬做一次性收获, 2005-2006年均于7月中旬和8月下旬收获两茬。植株全氮采

用凯氏定氮法测定，试验数据采用 SAS8.1 和 EXCEL2003 软件分析。

表 1 磷钾施肥方案

处理	P ₂ O ₅ (公斤/亩)	K ₂ O (公斤/亩)
CK	0	0
K1	0	4
K2	0	8
P1	2.7	0
P1K1	2.7	4
P1K2	2.7	8
P2	5.3	0
P2K1	5.3	4
P2K2	5.3	8

2. 结果与分析

2.1 不同磷钾水平的苜蓿产量效果

不同磷钾水平的苜蓿草产量见图 1，与对照(CK)比较表明，各施肥处理均有不同程度的增产作用，其中 P2K2 处理增产率最高，2004~2006 年产量分别比当年 CK 增产 119.3%、60%、100.2%，三年平均增产 88.2%。除 2006 年第一茬外，所有磷肥处理对各茬次苜蓿均能增产 25% 以上，3 年平均增产 49.8%，而含钾肥处理平均增产 20.5%。可见在冀西北高原栗钙土苜蓿田磷肥效果高于钾肥。

苜蓿第一、二茬干物质累积速率具有明显差异：2005 年第一、第二茬分别为 1.97 公斤/亩/天和 2.41 公斤/亩/天、2006 年第一、第二茬分别为 1.75 公斤/亩/天和 3.43 公斤/亩/天。两年平均，第二茬干物质累积速率较第一茬快 57.2%。观测结果表明，重视 7、8 月的夏秋光温降水丰沛季节苜蓿田施肥管理，对开发苜蓿生产潜力具有重要意义。

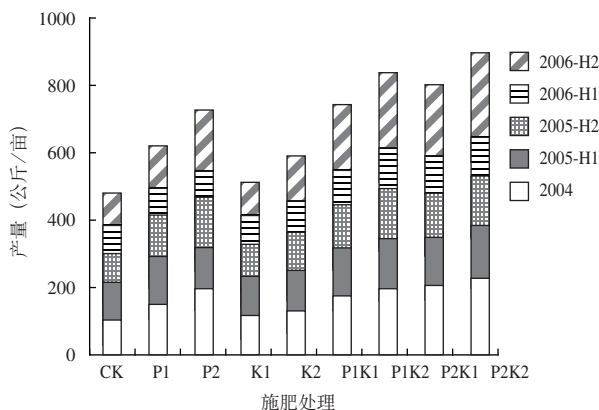


图 1 施肥对苜蓿干草产量的影响

注：2005-H1、2005-H2、2006-H1 和 2006-H2 分别表示 2005~2006 年第一茬和第二茬的产量



图 2 紫花苜蓿田间生长状况



图 3 不同磷钾用量对紫花苜蓿株高的影响

模拟 2004~2006 年施肥对苜蓿平均产量的关系，得出如下效应方程：

$$y=146.37+7.00K_2O+33.90P_2O_5-3.03 P_2O_5^2, R^2 = 0.9792^{**}$$

分析方程可以得出磷钾对产量都呈正效应，且磷肥独立效应的影响力要明显高于钾肥。通过降维求解法得：磷肥独立效应的最优值为 5.53 公斤 / 亩，而增施钾肥会持续提高苜蓿产量。

2.2 不同磷钾水平对苜蓿株高的影响

表 2 2006 年施肥对苜蓿株高的影响

处理	2006-H1 (厘米)	2006-H2 (厘米)
CK	38.4 ^{dD}	49.2 ^{fF}
K1	46.2 ^{cC}	54.6 ^{efEF}
K2	56.8 ^{bB}	67.2 ^{cCD}
P1	47.3 ^{cC}	60.4 ^{deED}
P1K1	48.2 ^{cC}	74.8 ^{bBC}
P1K2	55.2 ^{bB}	79.0 ^{bB}
P2	55.3 ^{bB}	65.6 ^{dcD}
P2K1	63.8 ^{aA}	80.0 ^{bB}
P2K2	67.3 ^{aA}	89.8 ^{aA}

注：2006-H1、2006-H2 分别表示 2006 第一茬和第二茬的调查数据，表中同列数字不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)，不同大写字母表示处理间差异极显著(P<0.01)

由表 2 可见，各施肥处理均不同程度地促进苜蓿植株的生长高度。本试验中所有磷素的试验处理均能极显著增加苜蓿株高（见图 3）。与对照比较，各处理增高幅度达 31%~83%，增幅最大的处理为 P2K2。

2.3 不同磷钾水平对苜蓿氮素产投比的影响

由表 3 氮素营养产投比可以看出，种植豆科苜蓿可以收获到 1.35~4.31 倍于氮肥的产出氮。在贫瘠的土壤上施用磷钾肥能够明显提高氮肥利用效果。

2005年氮素产投比远高于2004年；由于2006年增加了氮肥的投入，氮素产投比表现出下降趋势。通过施用磷钾肥可以明显提高氮素产投比，最多可提高117%。磷肥独立效应要明显高于钾肥，配施磷肥氮素产投比平均提高61.9%，而配施钾肥氮素产投比平均提高12.4%。

表3 不同磷钾水平下氮素产投比

处理	2004年	2005年	2006年	平均
CK	1.35	2.49	1.62	1.82
K1	1.38	2.65	1.61	1.88
K2	1.51	2.72	2.08	2.10
P1	2.01	3.49	2.19	2.56
P1K1	2.23	3.57	2.95	2.92
P1K2	2.34	3.95	3.04	3.11
P2	2.68	3.90	2.75	3.11
P2K1	2.66	3.84	3.26	3.25
P2K2	2.92	4.31	3.06	3.43
平均	2.12	3.44	2.51	2.69

3. 结论

冀西北高原栗钙土条件下，施用磷钾肥可以显著提高植株高度，并能使苜蓿干物质增产60%~119.3%，苜蓿产量效应方程为：

$$y=146.37+7.00K_2O+33.90P_2O_5-3.03 P_2O_5^2$$

由方程可见磷肥独立效应的影响力明显高于钾肥。

通过施用磷钾肥可以明显提高苜蓿田氮素产投比，同时磷肥对氮素产投比的效果高于钾肥。

4. 讨论

一般研究认为苜蓿草产量第一茬最高，3、4年为生长高峰，盛产期最多不超过5、6年^[6]，此后苜蓿生产能力开始衰退。本研究中2006年磷钾肥单施处理产量较2005年有所下降，而在适当的磷钾配施条件下，连续种植第五年仍保持增产趋势。因此保证合理的肥料投入、采用中耕等措施能够保证苜蓿持续稳定的较高的生产力水平。

苜蓿具有很强的再生能力，在气候适宜的地区可以收获四茬^[7]。本研究由于地处高寒干旱地区，一年仅能收获两茬。春季低温长时间影响着苜蓿的生长，7、8月份雨热同季，适合作物生长。虽然第二茬生长时间短，但是生长速度明显高于第一茬。因此通过适宜的措施，如收获第一茬后及时追肥，充分开发第二茬生产潜力。这样可提高肥料利用率，减少肥料损失，获得更高的经济生态效益。

施磷肥不仅能增加苜蓿的产量、而且在促进生态系统的良性循环过程中都起到了积极的作用^[9]。安立龙研究认为，施磷肥可增加苜蓿生产效益、水土保持效益系统综合经济效益以及奶山羊生产效益^[10]。有报道，播种当年，苜蓿的固氮量达到3.32~11.8公斤/亩，占总需氮量的43%~62%，同时土壤有机质提高0.1%~0.3%^[11]。在此基础上，通过适当的磷钾肥投入可以收获1.35~4.31倍于投入氮肥的氮素营养。冀西北高原土壤粗骨贫瘠，在这样的地区种植苜蓿以培肥地力兼顾饲草生产，使土-草-畜

有效结合起来具有更为重要的意义。

参考文献:

- [1] 陈默君, 张文淑, 周禾. 牧草与粗饲料[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1999: 48.
- [2] 刘树庆, 霍习良, 林思勇, 等. 坝上高寒半干旱区栗钙土有机无机培肥作用机理与培肥途径研究[J]. 河北农业大学学报, 1995, 18(S1): 78~80.
- [3] 张春霞, 郝明德, 王旭刚, 等. 黄土高原地区紫花苜蓿生长过程中土壤养分的变化规律[J]. 西北植物学报, 2004, (6): 1107~1111.
- [4] 温洋, 金继运, 黄绍文, 左余宝, 李志杰. 不同磷水平对紫花苜蓿产量和品质的影响[J]. 土壤肥料, 2005, (2): 21~24.
- [5] 于振文, 张炜, 岳寿松, 等. 钾营养对冬小麦光合作用和衰老的影响[J]. 作物学报, 1996, (3) 305~312.
- [6] 杨晴, 韩金玲, 李雁鸣, 等. 不同施磷量对小麦旗叶光合性能和产量性状的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, (6): 816~821.
- [7] W. K. Berg, S. M. Cunningham, S. M. Brouder et. al. Influence of Phosphorus and Potassium on Alfalfa Yield and Yield Components[J]. Crop Sci. 2005 45(1): 297~304 .
- [8] 郝明德, 张春霞, 魏孝荣, 等. 黄土高原地区施肥对苜蓿生产力的影响[J]. 草地学报, 2004, (3).
- [9] 张积祥, 李松. 紫花苜蓿 NP 肥配施研究[J]. 草业科学, 1990, (4): 70~72.
- [10] 安立龙. 磷对紫花苜蓿和奶山羊生态系统生产力的影响[J]. 家畜生态, 1995, (2): 17~21.
- [12] 恩和吉日嘎拉, 王贵印. 大力发展苜蓿型畜牧业 推进农村经济结构的战略性调整. 乌拉特中旗年鉴, 2003.

上接 10 页。

表 3 番茄移栽后不同时期茎粗测定结果 (厘米)

处理	4月3日 (移栽后 10 天)	4月10日 (移栽后 17 天)	4月17日 (移栽后 24 天)	4月30日 (移栽后 38 天)	5月8日 (移栽后 45 天)
I	0.613	0.733	0.873	1.099	1.153
II	0.594	0.730	0.917	1.135	1.199
III	0.604	0.757	0.948	1.145	1.206
IV	0.610	0.730	0.902	1.094	1.147
V	0.606	0.730	0.980	1.087	1.094
VI	0.584	0.720	0.970	1.157	1.219
VII	0.559	0.708	0.926	1.135	1.165
VIII	0.581	0.717	0.908	1.132	1.136
IX	0.595	0.738	0.946	1.142	1.198
X	0.588	0.737	1.004	1.194	1.257