

# 高寒地区紫花苜蓿对土壤养分的影响

魏卫东 (青海大学农牧学院, 青海西宁810003)

**摘要** [目的] 探讨种植紫花苜蓿对高寒地区土壤养分的影响。[方法] 通过田间试验, 研究在高寒地区种植紫花苜蓿后其土壤中有机质、氮素、磷素、钾素等养分的变化情况。[结果] 高寒地区种植紫花苜蓿可明显提高土壤中有机质、全氮和碱解氮含量, 而土壤全磷含量的变化相对较弱。在青海高寒地区种植紫花苜蓿2年后, 土壤耕作层中有机质、全氮、碱解氮的含量分别增加17.70%、14.45%、13.53%, 而全钾、速效磷和速效钾的含量则分别下降1.63%、9.03%和12.67%。[结论] 在高寒地区种植紫花苜蓿可以改善土壤氮素水平, 在种植过程中应增施磷钾肥以充分发挥其培肥地力、改良土壤、防治水土流失的作用。

**关键词** 紫花苜蓿; 高寒地区; 土壤养分

中图分类号 S542+.4 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)07-02828-02

## Study on the Effects of Planting *Medicago sativa* L. on Soil Nutrients in High-cold Area

WEI Wei-dong (College of Agriculture and Animal Husbandry, Qinghai University, Xining, Qinghai 810003)

**Abstract** [Objective] The aim of the research was to discuss the effects of planting *Medicago sativa* L. on the soil nutrients in high-cold area. [Method] In field experiment, the changes of soil nutrients such as organic matter, nitrogen, phosphorus and potassium after planting *M. sativa* in high-cold area were studied. [Result] Planting *M. sativa* in high-cold area could obviously increase the contents of organic matter, total nitrogen and alkaline-hydrolytic nitrogen, while the changes of total phosphorus content were relatively weaker. After planting *M. sativa* for 2 years in high-cold area, the contents of organic matter, total nitrogen and hydrolyzable nitrogen in cultivated soil were increased by 17.70%, 14.45% and 13.53% resp., while the contents of total potassium, available phosphorus and available potassium were decreased by 1.63%, 9.03% and 12.67% resp. [Conclusion] Planting *M. sativa* in high-cold area could improve the nitrogen level in soil. In its planting process, phosphorus and potassium should be applied to play the functions of raising up land fertility, improving the soil and controlling the soil and water loss.

**Key words** *Medicago sativa* L.; High-cold area; Soil nutrients

紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)是我国人工种植面积较大的一种适应性强、利用方式多样、经济价值较高的优质高产豆科饲料作物<sup>[1]</sup>, 具有培肥地力、保持水土的作用。紫花苜蓿在青海高寒地区落实退牧还草措施、调整农牧业生产结构、协调发展种植业和畜牧业、改善生态环境、防治土地退化、繁荣地方经济等方面具有显著的经济、生态、社会效益。在青海高寒地区, 由于海拔较高、气候寒冷, 土壤养分矿化过程漫长、矿化程度相对较低, 加之植物在高寒地区生物学产量相应降低、回归土壤的有机质总量较少、牧业生产需求大量牧草造成自然资源的超量使用等, 共同导致高寒地区土壤质量下降、退化速度加快、养分含量较低、土壤生产力低下, 从而严重制约着地区经济的可持续发展<sup>[2]</sup>。笔者结合青海省实施的退牧还林还草措施, 探讨了青海高寒地区种植优良牧草紫花苜蓿对当地土壤养分的影响, 旨在为合理使用土地、培肥地力和促进牧业发展提供依据。

## 1 材料与方 法

**1.1 试验概况** 试验地设在青海省同仁县隆务镇, 海拔2 650 m, 年均温5.20℃, 年均降水量420.21 mm, 年蒸发量1 450.83 mm, 无霜期135 d。试验地土壤为山地栗钙土, 有机质含量为18.87 g/kg、速效氮含量为58.69 mg/kg、速效磷含量为4.21 mg/kg、速效钾含量为127.25 mg/kg、pH值为7.7。

试验于2004年4月~2005年10月在苜蓿大田生产地进行。紫花苜蓿选用抗旱、抗寒品种金皇后, 鲜草平均产量为35 100 kg/hm<sup>2</sup>。于2004年4月下旬趁墒播种, 播前不施底肥, 播种量为15 kg/hm<sup>2</sup>, 行距30 cm, 播深2.5 cm, 播后镇压保墒, 试验期间不追肥。

## 1.2 方 法

**1.2.1 土样采集时间。**于2004年4月播种前在试验地采样

1次, 作为对照(代表样地土壤原来养分状况), 以Y<sub>0k</sub>表示。于2004年、2005年9月刈割鲜草后各采样1次, 分别以Y<sub>1</sub>、Y<sub>2</sub>表示种植第1年和种植第2年样地土壤养分状况。

**1.2.2 土样采集方法。**采样时在样地(0.35 hm<sup>2</sup>)蛇行选择7个测点, 每个测点挖60 cm深土壤剖面, 分别从0~20 cm(A层)、20~40 cm(B层)、40~60 cm(C层)3层取样, 取样后剔除残留根系等按层混匀风干备用。

**1.2.3 测定项目及方法。**土壤有机质测定采用电热板加热重铬酸钾容量法; 全氮量测定采用浓硫酸过氧化氢消煮法; 碱解氮测定采用碱解扩散法; 全磷测定采用酸溶钼锑抗比色法; 速效磷测定采用碳酸氢钠浸提法; 全钾测定采用四苯硼钠提取法; 速效钾测定采用中性醋酸铵浸提火焰光度计法<sup>[3-4]</sup>。

## 2 结果与分析

**2.1 紫花苜蓿对土壤有机质的影响** 试验表明, 高寒地区种植紫花苜蓿可明显提高土壤有机质含量。由表1可以看出, 在A层, 种植紫花苜蓿1年和2年的样地土壤有机质含量分别比对照增加12.40%、17.70%。在B层和C层, 种植紫花苜蓿1年和2年的样地土壤有机质较对照也有所增加。这表明, 虽然紫花苜蓿根系庞大, 在土层中的分布范围较广, 但是根系集中分布在0~30 cm土层中, 其大量根系的存留利于根瘤菌的活动, 另外由于枯枝落叶归田腐殖化也使该土层土壤有机质增加显著。由于A层为0~20 cm的耕作层, 种植紫花苜蓿后有效增加了耕作层的有机质含量, 对高寒地区培肥地力、提高土壤有机质含量具有一定意义。由表1还可以看出, 种植1年样地B层中有机质含量的增幅超过A层, 可能是由于B层中原有有机质水平较低从而出现了较大增幅。不同土层有机质含量呈A>B>C的趋势。

**2.2 紫花苜蓿对土壤氮素的影响** 紫花苜蓿具有生物固氮作用, 可增加土壤氮素来源。由表2、3可以看出, 种植紫花

**作者简介** 魏卫东(1970-), 男, 河南舞阳人, 副教授, 从事牧草栽培、农作物栽培等方面的研究。

**收稿日期** 2007-11-10

苜蓿可以显著提高土壤中全氮和碱解氮的含量。种植紫花苜蓿1年和2年的样地A层土壤中全氮含量较对照分别增加9.25%、14.45%，B、C层全氮含量较对照也有增加，但增幅小于A层。从不同土层看，样地土壤全氮含量呈A>B>C的趋势，在种植2年后A层土壤中全氮含量分别是B、C层的3.88和4.60倍，反映出豆科紫花苜蓿的生物固氮效应对高寒地区不同土层氮素含量的提高效果不同。由于高寒地区气候寒冷、年均温较低，土壤温度自表层向下不断降低，导致土壤中根瘤菌等微生物的活动相对集中于耕作层，从而使该层氮素含量较高。另外，全氮的增加与耕作层中有机质含量相对较高也有一定相关性。

表1 紫花苜蓿对土壤有机质含量的影响

Table 1 Effects of *M. sativa* on organic matter content in soil

土层 Soil layer	Y <sub>1</sub> g/kg	Y <sub>1</sub> 较 Y <sub>ck</sub> 增加		Y <sub>2</sub> 较 Y <sub>ck</sub> 增加		Y <sub>ck</sub> g/kg
		Increase of Y <sub>1</sub> compared with Y <sub>ck</sub> %	Y <sub>2</sub> g/kg	Increase of Y <sub>2</sub> compared with Y <sub>ck</sub> %	Y <sub>ck</sub>	
A	21.21	12.40	22.21	17.70	18.87	
B	7.29	14.26	7.12	11.60	6.38	
C	5.86	4.64	6.02	7.50	5.60	

表2 紫花苜蓿对土壤全氮含量的影响

Table 2 Effects of *M. sativa* on total N content in soil

土层 Soil layer	Y <sub>1</sub> g/kg	Y <sub>1</sub> 较 Y <sub>ck</sub> 增加		Y <sub>2</sub> 较 Y <sub>ck</sub> 增加		Y <sub>ck</sub> g/kg
		Increase of Y <sub>1</sub> compared with Y <sub>ck</sub> %	Y <sub>2</sub> g/kg	Increase of Y <sub>2</sub> compared with Y <sub>ck</sub> %	Y <sub>ck</sub>	
A	1.89	9.25	1.98	14.45	1.73	
B	0.49	6.52	0.51	10.87	0.46	
C	0.42	2.44	0.43	4.88	0.41	

由表3可以看出，种植紫花苜蓿1年和2年的样地A层土壤碱解氮含量分别比对照增加7.55%、13.53%，说明种植紫花苜蓿可明显提高土壤碱解氮水平。从不同土层碱解氮含量的变化看，种植紫花苜蓿1年和2年样地土壤碱解氮含量较对照的增幅呈C>B>A的趋势。这说明紫花苜蓿生长过程中对速效氮的需求主要集中在耕作层，对较深土层速效氮的吸收量相对较少。

表3 紫花苜蓿对土壤碱解氮含量的影响

Table 3 Effects of *M. sativa* on alkali dssolved N content in soil

土层 Soil layer	Y <sub>1</sub> g/kg	Y <sub>1</sub> 较 Y <sub>ck</sub> 增加		Y <sub>2</sub> 较 Y <sub>ck</sub> 增加		Y <sub>ck</sub> g/kg
		Increase of Y <sub>1</sub> compared with Y <sub>ck</sub> %	Y <sub>2</sub> g/kg	Increase of Y <sub>2</sub> compared with Y <sub>ck</sub> %	Y <sub>ck</sub>	
A	63.12	7.55	66.63	13.53	58.69	
B	38.67	9.70	40.60	15.18	35.25	
C	27.30	9.95	28.84	16.15	24.83	

2.3 紫花苜蓿对土壤磷素的影响 由表4可以看出，种植紫花苜蓿1年样地和2年样地各土层中土壤全磷含量均有增加，但增幅都较小；种植2年样地土壤全磷含量的增幅小于种植1年样地。这说明种植紫花苜蓿对高寒地区土壤全磷含量的影响相对较弱。

表4 紫花苜蓿对土壤全磷含量的影响

Table 4 Effects of *M. sativa* on total P content in soil

土层 Soil layer	Y <sub>1</sub> g/kg	Y <sub>1</sub> 较 Y <sub>ck</sub> 增加		Y <sub>2</sub> 较 Y <sub>ck</sub> 增加		Y <sub>ck</sub> g/kg
		Increase of Y <sub>1</sub> compared with Y <sub>ck</sub> %	Y <sub>2</sub> g/kg	Increase of Y <sub>2</sub> compared with Y <sub>ck</sub> %	Y <sub>ck</sub>	
A	1.65	4.43	1.60	1.27	1.58	
B	1.37	3.79	1.36	3.03	1.32	
C	0.63	1.61	0.65	4.84	0.62	

由表5可以看出，种植紫花苜蓿1年样地A层和B层土壤中的速效磷含量分别比对照增加8.79%、8.54%，说明种植1年紫花苜蓿可以提高土壤速效磷含量。据有关文献报道，土壤中速效磷含量与土壤有机质含量呈明显正相关<sup>[5]</sup>。该试验结果表明，种植紫花苜蓿1年后A层土壤中有机质含量增加了12.40%，由此带来了速效磷的增加。种植紫花苜蓿2年样地A、B土层速效磷含量较对照分别减少9.03%、2.51%，仅C层有0.67%的微弱增加。其原因是种植1年后土壤磷素虽有所增加，但在次年的生长中由于紫花苜蓿生长速度快、植株生长对磷的需求量很大，从土壤中吸收带走的磷素较多，加之高寒地区土壤养分矿化速度较慢，导致种植2年的样地土壤磷素含量不增反降。种植1年样地不同土层中速效磷含量呈A>B>C的趋势，种植2年样地速效磷含量呈B>A>C的趋势。这进一步说明紫花苜蓿在第2年的生长中分布于A层的大量根系对磷素的吸收多于B层，从而导致A<B。

表5 紫花苜蓿对土壤速效磷含量的影响

Table 5 Effects of *M. sativa* on available P content in soil

土层 Soil layer	Y <sub>1</sub> ng/kg	Y <sub>1</sub> 较 Y <sub>ck</sub> 增加		Y <sub>2</sub> 较 Y <sub>ck</sub> 增加		Y <sub>ck</sub> ng/kg
		Increase of Y <sub>1</sub> compared with Y <sub>ck</sub> %	Y <sub>2</sub> ng/kg	Increase of Y <sub>2</sub> compared with Y <sub>ck</sub> %	Y <sub>ck</sub>	
A	4.58	8.79	3.83	-9.03	4.21	
B	4.32	8.54	3.88	-2.51	3.98	
C	3.00	0.33	3.01	0.67	2.99	

2.4 紫花苜蓿对土壤钾素的影响 由表6可以看出，种植紫花苜蓿1年样地土壤全钾含量变化不明显，增幅均不大。种植紫花苜蓿2年样地A层和B层中土壤全钾含量比对照分别下降1.63%、1.51%。

表6 紫花苜蓿对土壤全钾含量的影响

Table 6 Effects of *M. sativa* on total K content in soil

土层 Soil layer	Y <sub>1</sub> g/kg	Y <sub>1</sub> 较 Y <sub>ck</sub> 增加		Y <sub>2</sub> 较 Y <sub>ck</sub> 增加		Y <sub>ck</sub> g/kg
		Increase of Y <sub>1</sub> compared with Y <sub>ck</sub> %	Y <sub>2</sub> g/kg	Increase of Y <sub>2</sub> compared with Y <sub>ck</sub> %	Y <sub>ck</sub>	
A	22.87	0.70	22.34	-1.63	22.71	
B	23.36	0.69	22.85	-1.51	23.20	
C	23.14	0.52	23.17	0.65	23.02	

由表7可以看出，种植紫花苜蓿1年样地A、B土层速效钾含量比对照分别增加6.15%、3.76%，说明种植1年紫花苜蓿可提高土壤中速效钾含量。关于速效钾含量的增加，笔者

$$H = W \times Q \times (T \times S) \quad (1)$$

式中,  $H$  为植物对  $N$  ( $P$ ) 的去除负荷;  $T$  为时间;  $W$  为植物的生长干重;  $S$  为面积;  $Q$  为植物体中  $N$  ( $P$ ) 含量。

## 2 结果与分析

**2.1 生物量变化** 重庆地区夏季气温较高, 植物生长迅速; 冬季气温较低, 植物生长相对缓慢。特别是美人蕉在气温最低的2月, 生长量很低, 最低时只有142 g/(株·周), 而夏季时最高可达1 278 g/(株·周)。由图2可知, 植物, 生长速度顺序为美人蕉>风车草>香根草。美人蕉、风车草、香根草的平均生长量分别为880、515、295 g/(株·周), 生长干重分别为88.00、61.80、33.93 g/(株·周)。在前期, 植物生长迅速, 约50 d 后生长变得缓慢, 此时适宜收割部分植物。以后根据植物生长情况, 适时收割部分植物, 使得植株保持在快速生长期。

**2.2 植物对污染物的去除负荷** 研究表明, 风车草、香根草和美人蕉对  $N$  的去除负荷分别为6.80、3.73、10.56 g/(株·周), 对  $P$  的去除负荷分别为1.24、0.68、1.76 g/(株·周)。在实地栽种时, 栽种间距为0.5 m × 0.5 m, 每平方米栽种4株植物。据式(1), 单位面积湿地中风车草、香根草和美人蕉对  $N$  的去除负荷分别为27.19、14.93、42.24 g/(m<sup>2</sup>·周)。对  $P$  的去除负荷分别为4.94、2.71、7.04 g/(m<sup>2</sup>·周)。

## 3 结论

在重庆地区的气候特点下, 湿地系统中风车草、香根草、美人蕉保持较高的生长率, 能直接吸收、利用污水中可利用

(上接第2829页)

认为与土壤中速效钾和迟效钾含量的动态平衡有关。当土壤中速效钾被紫花苜蓿吸收后, 迟效钾即可转变为速效钾。种植紫花苜蓿2年样地中, A、B层土壤中速效钾含量较对照分别下降12.67%、8.05%, 降幅明显, 其原因同速效磷。在C层土壤中, 种植紫花苜蓿1年和2年的样地速效钾含量分别较对照有2.02%、0.48%的微小增幅, 反映出紫花苜蓿对较深土层速效钾的影响微弱。由表7还可看出, 种植紫花苜蓿样地与对照速效钾含量在不同土层中差别不明显。

表7 紫花苜蓿对土壤速效钾含量的影响

Table 7 Effects of *M. sativa* on available K content in soil

土层 Soil layer	$Y_1$ ng/kg	$Y_1$ 较 $Y_{ck}$ 增加 Increase of $Y_1$ compared with $Y_{ck}$ %		$Y_2$ ng/kg	$Y_2$ 较 $Y_{ck}$ 增加 Increase of $Y_2$ compared with $Y_{ck}$ %		$Y_{ck}$ ng/kg
			%			%	
A	135.07	6.15		111.13	-12.67		127.25
B	134.63	3.76		119.30	-8.05		129.75
C	130.76	2.02		128.78	0.48		128.17

## 3 讨论

(1) 种植紫花苜蓿2年后, 耕作层土壤有机质、全氮、碱解氮、全磷含量较对照均有不同幅度的增加。这与紫花苜蓿根系在土层中的分布、根系生理活动、根瘤菌的生命活动

的营养物质, 有效去除污水中的  $N$ 、 $P$ 。研究表明, 风车草、香根草、美人蕉是较理想的人工湿地植物, 可考虑在重庆地区人工湿地中种植。

## 参考文献

- [1] 靖元孝, 杨丹菁, 陈兆平. 风车草对生活污水的净化效果及其在人工湿地的应用[J]. 应用与环境生物学报, 2002, 8(6): 614-617.
- [2] 廖新 伟. 风车草和香根草在人工湿地中迁移养分能力的比较研究[J]. 应用生态学报, 2005, 16(1): 156-160.
- [3] 尹军, 崔玉波, 韩相奎, 等. 潜流人工湿地对污染物的降解特性[J]. 中国给水排水, 2004, 20(6): 47-49.
- [4] 张甲耀. 潜流型人工湿地污水处理系统的研究[J]. 环境科学, 1998, 19(4): 37-39.
- [5] 颜素珠. 中国水生高等植物图解[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- [6] 朱夕珍, 崔理华, 温晓霞, 等. 不同基质垂直流人工湿地对城市污水的净化效果[J]. 农业环境科学学报, 2003, 22(4): 454-457.
- [7] 孙权, 郑正, 周涛. 人工湿地污水处理工艺[J]. 污染防治技术, 2001, 14(4): 20-23.
- [8] BURGOON P S, KIRBRIDE K F, HENDERSON E M, et al. Reed beds for biosolids drying in the aid northwestern United States[J]. Wat Sci Tech, 1997, 35(5): 287-292.
- [9] WANG B Z. The status and trend of the development of appropriate wastewater treatment technologies in China[C]// Anon. Proceedings of the 1st IAWQ international conference on appropriate technologies for waste management held in Murdoch University Perth, Murdoch University, 1991: 27-28.
- [10] KANTAWANCHUL S, HLALA S, TANAPAYAWANCH W. Wastewater treatment by tropical plants in vertical flow constructed wetland[J]. Wat Sci Technol, 1999, 40(3): 173-178.
- [11] AYAZ S C, AKCAI. Treatment of wastewater by constructed wetland in small settlements[J]. Wat Sci Technol, 2000, 41(1): 69-72.
- [12] NERALLA S, WEAVER R W, VARVEL T W, et al. Phytoremediation and on-site treatment of septic effluents in subsurface flow constructed wetland[J]. Envi Ron Technol, 1999, 20(11): 1139-1146.

等有关。而速效磷、全钾、速效钾含量较对照均有不同幅度的下降, 与种植期间不施肥、高寒地区土壤供磷钾能力有限、土壤因温度较低腐殖化速度较慢、土壤微生物因地温度较低生理活动相对较弱、试验材料生长旺盛对磷钾的大量消耗等有关。

(2) 种植紫花苜蓿1年样地土壤中速效磷、速效钾含量较对照有所增加, 原因与土壤中速效磷含量与土壤有机质含量呈明显正相关及土壤中速效钾被植物吸收后迟效钾转变为速效钾有关, 深层次原因有待于结合紫花苜蓿的生育习性、高寒地区的土壤、气候条件等因素作进一步探讨。

(3) 该试验表明, 高寒地区种植紫花苜蓿可以改善土壤氮素水平, 但消耗磷、钾过多, 需要补充磷、钾以利培肥土壤和增加牧草的生产力。

(4) 该试验采用多年生紫花苜蓿, 因试验条件等原因试验仅进行2年。对于同一地块连续多年种植紫花苜蓿对土壤有机质、氮磷钾含量的影响, 有待于进一步研究。

## 参考文献

- [1] 陈宝书. 牧草饲料作物栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 207-208.
- [2] 青海省农业资源区划办公室. 青海土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 11.
- [3] 李西开. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- [4] 浙江农业大学. 农业化学实验[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1988.
- [5] 韩建国, 李鸿祥, 马春晖. 施肥对草木樨生产性能的影响[J]. 草业学报, 2000, 9(1): 15-16.