

# 不同硫水平对紫花苜蓿产量及生物学性状的影响

安丹丹<sup>1</sup>, 王慧军<sup>2</sup>, 刘忠宽<sup>3</sup>, 陶佩君<sup>1</sup>

(1. 河北农业大学 农学院, 河北 保定 071001;

2. 河北省农林科学院, 河北 石家庄 050051; 3. 河北省农林科学院资源与环境研究所, 河北 石家庄 050051)

**摘要:**河北对苜蓿充分供应氮、钾、磷等其他营养的情况下, 就不同硫营养水平对紫花苜蓿产量、生物学性状及再生速度的影响进行研究。结果表明:  $S_2$  处理在现蕾期、初花期和盛花期的株高、茎粗、产量和增产效益最佳;  $S_3$  处理的再生速度最大; 茎叶比随着硫营养水平的不断增长逐渐下降。通过对各个性状的分析, 得出在本试验条件下  $S_2$  为硫肥最佳用量。

**关键词:** 紫花苜蓿; 硫营养; 生物学性状; 再生速度

中图分类号: S68 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2007)增刊-0152-04

## The Influence of Different Sulfur Level on Alfalfa Output and Biology Characters

AN Dan dan<sup>1</sup>, WANG Hui jun<sup>2</sup>, LIU Zhong kuan<sup>3</sup>, TAO Pei jun<sup>1</sup>

(1. Agriculture University of Hebei, Baoding 071001, China;

2. Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050051;

3. Resources and Environment Institute of Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050051, China)

**Abstract:** The experiment is carried under greenhouse conditions of Resource and Environment Institute of Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences. Providing required nutrients of N, P, K and other essential nutrients this study aims to determine the effects of different levels of sulfur on the herbage yield output, biological characteristics and speed of regeneration of alfalfa. Research results show that  $S_2$  has best effects on plant height, leaf diameter, herbage yield output and it is economically efficient in increasing production from first stubble branching to first stubble flowering stages, while  $S_3$  has best effects on the regeneration speed. The plant stem leaf ratio decreases as sulfur nutrition level increases. Analysis of each biological character shows that  $S_2$  is best sulfur treatment for alfalfa in this study.

**Key words:** Alfalfa; Sulfur nutrition; Biology character; Regeneration speed

紫花苜蓿栽培历史悠久, 抗逆性强、分布广、产量高、品质好、利用方式多、适口性好、经济价值高, 具有其他豆科牧草所不能比拟的许多优点, 故有“牧草之王”的美称。我国的紫花苜蓿种植面积为 133.1 万  $\text{hm}^2$ , 在世界苜蓿生产大国中居于第 6 位。其中黄土高原紫花苜蓿的种植面积为 102.6 万  $\text{hm}^2$ , 占全国种植总面积的 77%<sup>[1]</sup>, 河北省种植面积为 15.77 万  $\text{hm}^2$ 。

紫花苜蓿施肥研究目前主要集中在 N, P, K。苜蓿是多年生豆科牧草, 对氮肥不敏感<sup>[2]</sup>。但对磷

钾肥较敏感<sup>[2]</sup>, 特别是磷钾肥可以显著提高苜蓿干草产量<sup>[3-8]</sup>。而对硫肥的研究重视程度远远不及对 N, P, K 的研究。孙启忠等的研究表明苜蓿对氮肥不敏感对磷钾肥较敏感。陈默君、汪诗平的研究表明硫的吸收以第 1 茬最多, 而第 2, 3 茬变化不大。第 1 茬 S 的吸收利用主要在 0~15 cm。施硫肥对苜蓿初花期营养状况的影响如下: 粗蛋白 CP、粗灰分 ASH、无氮浸出物增加; 粗纤维 CF 下降; 粗脂肪 EE 无明显变化。施硫肥显著提高了初花期苜蓿植株内全氮、全硫和全钾的含量, 第 2, 3 茬全磷显著降低,

收稿日期: 2007-04-27

基金项目: 河北省博士基金(05547006D-2)

作者简介: 安丹丹(1981-), 女, 河北石家庄人, 硕士, 主要从事草业科学研究工作

通讯作者: 王慧军(1957-), 男, 河北张家口人, 教授, 主要从事农业推广研究

刘忠宽(1971-), 男, 河北唐山人, 副研究员, 主要从事草业科学研究。

显著提高了第 1, 2 茬苜蓿植株内甘氨酸、半胱氨酸、精氨酸、蛋氨酸、丙氨酸、酪氨酸、苏氨酸、苯丙氨酸的含量<sup>[9]</sup>。而在姚依群、汪诗平、王艳芬<sup>[10]</sup>的研究中, 施硫提高了牧草中硫的含量, 磷、钾含量也有明显提高, 对含氮量影响不大, 但降低了牧草的 N:S。于天富、杨红霞、杨蕊梅<sup>[11]</sup>的研究表明施用硫肥可以促进小麦吸收磷素。Harward 认为, 氮硫间呈正相关, 并有促进根瘤固氮的作用。也有人认为氮硫相关性不大。本研究拟解决不同硫肥用量对苜蓿第一茬不同生育时期的影响。

本试验在河北省农林科学院资环所温室中进行, 监测第 1 茬苜蓿的生长发育过程, 通过生物学指标的测定, 综合考虑产量、再生速度及生物学性状得出硫肥最佳施用量, 以期能够为苜蓿生产提供高产、优质的栽培技术, 更好的指导苜蓿生产, 促进草食畜牧业发展。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试品种为中苜一号。供试硫肥为 K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (含 S18%)。供试土壤基本肥力如下: 全氮 720 mg/kg, 全磷 1 780 mg/kg, 全钾 24 500 mg/kg, 碱解氮 62.83 mg/kg, 有效磷 17.22 mg/kg, 有效钾 132 mg/kg, 有效硫 37.78 mg/kg, pH 值 7.88, 有机质 14 900 mg/kg。试验用盆直径 32 cm, 高 26 cm。

1.2 试验设计

本试验设 5 个处理, 详见表 2。每个处理设 12 个重复, 共 60 盆。每盆装湿土 16.5 kg, 土壤含水量为 9.86%, 按 21% 的含水量进行浇水。所有肥料作为底肥一次性施入, 施肥后浇水, 待墒情合适时进行播种(2006 年 4 月 3 日), 采用条播, 播深 1 cm, 播量

1.8 g/盆。其他管理按苜蓿常规管理进行。

表 1 试验设计  
Tab. 1 Design of experiment

处理 Treatment	尿素 /(g/盆) CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (46% N)	氯化钾 /(g/盆) KCl (60% K)	磷酸二铵 /(g/盆) (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> (46% P, 18% N)	硫酸钾 /(g/盆) K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (50% K, 18% S)
S <sub>0</sub>	0.3	2.225	0.87	—
S <sub>1</sub>	0.3	1.67	0.87	0.67
S <sub>2</sub>	0.3	1.14	0.87	1.3
S <sub>3</sub>	0.3	0.56	0.87	2
S <sub>4</sub>	0.3	—	0.87	2.67

1.3 测定指标及方法

- 1.3.1 测定时期 分枝期、现蕾期、初花期及盛花期。
- 1.3.2 测定指标 株高、茎粗、茎叶比、产量及再生速度。
- 1.3.3 测定仪器 卷尺、游标卡尺、天平。

2 结果与分析

2.1 不同硫营养水平对各时期株高的影响

除现蕾期 S<sub>4</sub>处理的株高较对照降低 4.2% 外, 其他硫肥处理的株高较对照在分枝期、现蕾期、初花期和盛花期均有所增长, 分别增长 0.5% ~ 75.8%, 0.1% ~ 3.5%, 3.6% ~ 10.7%, 0.6% ~ 13.1%, 其中分枝期 S<sub>4</sub>处理增幅最大, 其他时期 S<sub>2</sub> 处理增幅最大。分枝期 S<sub>4</sub>与 S<sub>0</sub>, S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>之间 S<sub>1</sub> 与 S<sub>0</sub>, S<sub>3</sub>之间具有极显著性差异(p<0.01); 现蕾期各施硫处理与对照间及各施硫处理间差异性不显著(p>0.05); 初花期 S<sub>2</sub> 处理与对照之间差异性达到极显著(p<0.01); 盛花期 S<sub>2</sub> 处理与 S<sub>0</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub> 之间达到极显著性差异(p<0.01), S<sub>2</sub> 处理与 S<sub>1</sub> 处理具有显著性差异(p<0.05)。

表 2 硫肥不同用量对株高的影响

Tab. 2 The influence of different sulfur level on plant height

处理 Treatent	株高/cm    Plant height										
	分枝期			现蕾期		初花期			盛花期		
	First branch stage			Full branch stage			First flower stage			Full flower stage	
	平均数 Mean	差异性 Otherness		平均数 Mean	差异性 Otherness	平均数 Mean	差异性 Otherness		平均数 Mean	差异性 Otherness	
		0.05	0.01		0.05		0.05	0.01		0.05	0.01
S <sub>0</sub>	12.067	c	C	36.01	a	37.54	b	B	44.67	b	B
S <sub>1</sub>	13.911	b	B	36.09	a	39.52	ab	AB	46.55	b	AB
S <sub>2</sub>	12.775	bc	BC	37.26	a	41.54	a	A	50.54	a	A
S <sub>3</sub>	12.125	c	C	36.06	a	39.66	ab	AB	45.55	b	B
S <sub>4</sub>	21.208	a	A	34.48	a	38.89	ab	AB	44.94	b	B

2.2 不同硫营养水平对各时期茎粗的影响

除现蕾期 S<sub>4</sub>处理的茎粗较对照降低 0.6% 外, 分枝期、现蕾期、初花期和盛花期其他施硫处理较对照均有所增长, 分别为 0.5% ~ 27.5%, 2.2% ~

4.5%, 1% ~ 8.5%, 1.9% ~ 8%; 其中分枝期 S<sub>4</sub>处理增幅最大, 与 CK, S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> 和 S<sub>3</sub>之间差异性极显著(p<0.01); 现蕾期、初花期和盛花期 S<sub>2</sub> 处理增幅最大, 但各施硫处理与对照间及各施硫处理间均无显著性

差异( $p>0.05$ )。

现蕾期  $S_4$  处理株高、茎粗小于对照,有可能是因为试验误差;也有可能是现蕾期苜蓿的生长对高

硫营养较为敏感,抑制了其生长;具体原因还有待进一步研究。

表 3 硫肥不同用量对茎粗的影响

Tab.3 The influence of different sulfur level on stem diameter

处理 Treatent	茎粗/mm    Stem diameter								
	分枝期			现蕾期		初花期		盛花期	
	First branch stage			Full branch stage		First flower stage		Full flower stage	
	平均数 Mean	差异性 Otherness		平均数 Mean	差异性 Otherness	平均数 Mean	差异性 Othemess	平均数 Mean	差异性 Othemess
		0.05							
S <sub>0</sub>	0.868	b	B	1.79	a	2.00	a	2.13	a
S <sub>1</sub>	0.872	b	B	1.85	a	2.06	a	2.26	a
S <sub>2</sub>	0.913	b	B	1.87	a	2.17	a	2.30	a
S <sub>3</sub>	0.879	b	B	1.83	a	2.15	a	2.21	a
S <sub>4</sub>	1.107	a	A	1.78	a	2.02	a	2.17	a

2.3 不同硫营养水平对各时期茎叶比的影响

茎叶比(LSR)是衡量牧草适口性及营养品质的一个重要指标。一般苜蓿叶片中的粗蛋白比茎中高一倍以上,而粗纤维含量比茎中要少 50%<sup>[12]</sup>。本试验现蕾期、初花期和盛花期各施硫处理的茎叶比随着施硫量的增长不断下降,较对照分别下降 2.7%~10.7%,0.4%~9.7%和 13.7%~25.1%;现蕾期和初花期各施硫处理与对照间及各施硫处理间差异性不显著( $p>0.05$ );盛花期  $S_3$ 、 $S_4$ 与  $S_0$ 之间具有极显著性差异( $p<0.01$ ), $S_2$ 与  $S_0$ 间具有显著性差异( $p<0.05$ ),但各施硫处理间差异不显著( $p>0.05$ )。

表 4 硫肥不同用量对茎叶比的影响

Tab.4 The influence of different sulfur level on stem leaf ratio						
处理 Treatment	现蕾期 Full branch stage		初花期 First flower stage		盛花期 Full flower stage	
	平均数 Mean	差异性 Otherness	平均数 Mean	差异性 Otherness	平均数 Mean	差异性 Otherness
	0.05	0.05	0.05	0.01		
$S_0$	1.833	a	1.684	a	2.649	A
$S_1$	1.783	a	1.677	a	2.287	AB
$S_2$	1.711	a	1.658	a	2.152	AB
$S_3$	1.681	a	1.633	a	2.035	B
$S_4$	1.636	a	1.521	a	1.983	B

2.4 不同硫营养水平对各时期产量的影响

2.4.1 产量分析 初花期和盛花期的苜蓿,施硫处理产量较对照均有所增长,分别为 7.9%~17.8%和 16.5%~44.5%,其中  $S_2$  处理增幅最大,  $S_3$  处理次之;初花期各硫肥处理与对照间及各个硫肥处理间差异性不显著( $p>0.05$ ),盛花期  $S_2$ 与  $S_0$ 之间具有极显著性差异( $p<0.01$ ), $S_3$ 与  $S_0$ 之间、 $S_2$ 与  $S_4$ 、 $S_1$ 之间具有显著性差异( $p<0.05$ )。

2.4.2 效益分析 按鲜苜蓿 0.2 元/kg、硫酸钾 2.25 元/kg、氯化钾 1.7 元/kg 计算,初花期  $S_2$  处理的增产效益最佳达到 3.46%,其中  $S_2$  和  $S_1$  处理产

生正效益,  $S_3$ 和  $S_4$ 处理产生负效益;盛花期仍然是  $S_2$  处理的增产效益最佳,比初花期增长 30.34%,另外  $S_1$  增长 8.82%, $S_3$ 处理增长 20.76%,由负效益转为正效益,  $S_4$ 处理仍为负效益。因此,本试验条件下,综合考虑产量、经济效益,盛花期刈割较好,  $S_2$  处理效果最佳,  $S_4$ 处理不可取。

表 5 硫肥不同用量对产量的影响

Tab.5 The influence of different sulfur level on output				
处理 Treatment	产量/(kg/hm <sup>2</sup> ) Output			
	初花期 First flower stage		盛花期 Full flower stage	
	平均数 Mean	差异性 Otherness	平均数 Mean	差异性 Otherness
		0.05	0.05	0.01
$S_0$	6 056.7	a	8 130.1	b
$S_1$	6 631.2	a	9 473.7	bc
$S_2$	7 132.2	a	11 744.4	a
$S_3$	6 814.0	a	10 404.9	ac
$S_4$	6 538.1	a	9 733.1	bc

表 6 硫肥不同用量对增产效益的影响

Tab.6 The influence of different sulfur level on economic efficiency of increase production			
时期 Stage	处理 Treatment	鲜重 /(kg/hm <sup>2</sup> ) Fresh weight	增产效益/% Economic efficiency of increase production
初花期 First flower stage	$S_4$	6 538.1	- 19.51
	$S_3$	6814.0	- 8.16
	$S_2$	7 132.2	3.46
	$S_1$	6 631.2	2.58
	$S_0$	6 056.7	0.0
盛花期 Full flower stage	$S_4$	9 733.1	- 0.7
	$S_3$	10 404.9	12.6
	$S_2$	11 744.4	33.8
	$S_1$	9 473.7	11.4
	$S_0$	8 130.1	0.0

2.5 不同硫营养水平对苜蓿再生性的影响

再生性的强弱直接影响苜蓿产量、品质和利用年限<sup>[13]</sup>。本试验用再生速度表示再生性的强弱,各

施硫处理的再生速度均优于对照,增幅为 6.2%~12.9%,其中 S<sub>3</sub>处理增幅最大,与 S<sub>0</sub>处理达到显著性差异( $p < 0.05$ ),其他硫肥处理之间差异性不显著( $p > 0.05$ )。

表 7 硫肥不同用量对再生速度的影响

Tab. 7 The influence of different sulfur level on regeneration speed			
处理 Treatment	再生速度/(cm/d) Regeneration speed		
	平均数 Mean	差异性 Otherness	
		0.05	0.01
S <sub>4</sub>	1.940	ab	A
S <sub>3</sub>	2.058	a	A
S <sub>2</sub>	1.995	ab	A
S <sub>1</sub>	1.936	ab	A
S <sub>0</sub>	1.823	b	A

### 3 讨论与结论

施硫明显降低了茎叶比,与周湧等<sup>[14]</sup>研究结果一致,且随着施硫量的增加茎叶比逐渐减小。茎叶比(LSR)是衡量牧草适口性及营养品质的一个重要指标。一般苜蓿叶片中的粗蛋白比茎中高一倍以上,而粗纤维含量比茎中要少 50%<sup>[12]</sup>。因此,施硫量越大,茎叶比越小,苜蓿品质越高,适口性越好。各施硫处理的株高、茎粗、产量和再生速度(现蕾期 S<sub>4</sub>除外)都大于对照,与陈默君和汪诗平<sup>[9]</sup>及周湧<sup>[14]</sup>等研究结果一致,施硫能加快苜蓿再生速度,提高产量。随着施硫量的增加,各个时期株高、茎粗、产量和再生速度成倒“U”变化(分枝期除外);株高、茎粗和产量的拐点为 S<sub>2</sub>,再生速度的拐点为 S<sub>3</sub>;与崔岩山和王庆仁<sup>[15]</sup>对盆栽苜蓿进行施硫处理(5 个硫水平)的研究结果一致,施硫使苜蓿产量增加,达到最佳硫水平后,增幅逐渐减小。但本试验条件下,现蕾期 S<sub>4</sub>处理株高、茎粗小于对照,有可能是因为试验误差;也有可能是现蕾期苜蓿的生长对高硫营养较为敏感,抑制了其生长;具体原因还有待进一步研究。分枝期株高和茎粗变化规律与其他时期不太一致: S<sub>4</sub>处理的株高和茎粗较之其他处理有较大的增长,原因可能是苜蓿在营养生长期需硫量很大,充足的硫营养能够促进植株快速生长<sup>[16]</sup>。

从株高与茎粗看,现蕾期、初花期和盛花期 S<sub>2</sub>处理效果最好。从产量和经济效益上看,无论初花

期和盛花期, S<sub>2</sub>处理均最佳。虽然从再生速度看 S<sub>3</sub>处理最好、从茎叶比看 S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub>处理都优于 S<sub>2</sub>处理,但因为 3 个处理差异性不显著( $p > 0.05$ ),且初花期 S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub>处理和盛花期 S<sub>4</sub>处理增产效益为负。因此,本试验条件下, S<sub>2</sub>处理为最佳硫水平。

### 参考文献:

[1] 陈宝书. 牧草饲料作物栽培学[M]. 中国农业出版社, 2001: 5.

[2] 孙启忠, 桂荣. 影响苜蓿草产量和品质诸因素研究进展[J]. 中国草地, 2000(1): 57- 63.

[3] 柴凤久, 许金玲, 李红, 等. 紫花苜蓿施肥试验研究[J]. 中国草地, 2004, 26(2): 80- 81.

[4] 杨恒山, 曹敏建, 李春龙, 等. 苜蓿施用磷、钾肥效应的研究[J]. 草业科学, 2003, 20(11): 19- 22.

[5] 成红, 杜峰, 赵克学, 等. 宁南山区苜蓿生产现状与产草量提高途径[J]. 草地学报, 2002, 10(3): 231- 236.

[6] Berg W K, Cunningham S M, Brouder S M. *et al.* Influence of phosphorus and potassium on alfalfa yield and yield components[J]. Crop Science, 2005, 45(1): 297- 304.

[7] Simons R G, Grant C A. Effect of fertilizer placement on yield of established alfalfa stands[J]. Can J Plant Science, 1995, 75(3): 883- 887.

[8] 刘贵河, 章杏杏, 王, 等. 氮、磷、钾肥料配施对紫花苜蓿产量的影响[J]. 河北北方学院学报(自然科学版), 2005, 21(4): 32- 35.

[9] 陈默君, 汪诗平. 硫肥对紫花苜蓿生产性能和品质的影响[J]. 四川草原, 1996(2): 23- 30.

[10] 姚依群, 汪诗平, 王艳芬. 硫肥对内蒙古典型草原牧草产量和品质及绵羊生产的影响[J]. 草地学报, 1997, 5(4): 236- 243.

[11] 于天富, 杨红霞, 杨蕊梅. 石灰性土壤施用硫肥的效果[J]. 山西农业科学, 2002, 30(3): 35- 47.

[12] 吴景海. 禾本科牧草品种引种试验报告[J]. 牧草与饲料, 1988(4): 30.

[13] 韩清芳, 贾志宽. 紫花苜蓿种质资源评价与筛选[M]. 杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2004(8): 104.

[14] 周湧, 汪诗平, 陈默君. 北京地区施硫肥对苜蓿形态和产量的影响[J]. 草业学报, 2005, 14(5): 75- 80.

[15] 崔岩山, 王庆仁. 施用硫肥对几种作物与牧草产量和硫素含量的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14(8): 1261- 1264.

[16] 蔡良. 硫肥综述[J]. 磷肥与复肥, 1998(4): 55.