

# 盐碱地苜蓿播量、施肥期和施肥量对其产量的影响

张东铁<sup>1</sup>,唐凤兰<sup>2</sup>,朱瑞芬<sup>2</sup>,刘凤歧<sup>2</sup>,刘杰淋<sup>2</sup>,陈积山<sup>2</sup>,韩微波<sup>2</sup>

(1. 黑龙江省农业科学院 土壤肥料与资源环境研究所,黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 黑龙江省农业科学院 草业研究所,黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘要:**为在盐碱地条件下,使牧草获得高产,并永续持久利用,以肇东苜蓿为供试材料,在黑龙江省兰西县盐碱土壤条件下进行苜蓿播量及施肥期和施肥量正交试验。结果表明:以播量  $21.05 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  处理下三茬次鲜产达到最高  $80\,899.2 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。营养期不施肥刈割后施肥为好,以施氮  $337.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、磷  $675.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  产量最大,为  $15\,1476.7 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。因此在碱地苜蓿栽培最优方案为:组合 7 处理即 A2(播量  $21.05 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) + B3(营养期不施肥刈割后施肥) + C3(施氮  $337.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 磷  $675.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) 组合下产量最高,为  $52\,926.75 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 极显著高于其它处理。三因素对产草量的贡献率为播量 > 施肥量 > 施肥期。

**关键词:**苜蓿;盐碱地;高产栽培;正交试验

**中图分类号:**S551+.7

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2011)12-0116-04

苜蓿(*Medicago sativa* L.)素有“牧草之王”的美称,是一种多年生优质豆科牧草,适应性强,营养价值高,已成为农村产业结构调整主要选择的作物品种<sup>[1-2]</sup>。同时,苜蓿具有良好的生态效益和经济效益<sup>[3-4]</sup>,可以改善土壤物理结构和肥力<sup>[5]</sup>,增加地表覆盖度,在解决家畜饲草问题的同时,也减轻畜牧业生产给环境带来的生态压力。

近年来,尽管我国畜牧业发展迅速,苜蓿栽培受到重视,但苜蓿的种植还普遍停留在传统阶段。多年来,我国苜蓿种植仍以培肥地力兼顾饲草生产为目的,主要种植在没有灌溉条件的瘠薄地、盐碱地上,基本不施肥或很少施肥<sup>[6-7]</sup>,管理粗放,产量不高,品种退化,品质降低。尤其是受传统重农轻牧思想的影响,苜蓿在黑龙江省的栽培、生产、管理及产业化开发中的关键技术缺乏系统研究。在松嫩平原风沙和盐碱地,苜蓿产草量较低是一个现实问题。近 20 年来,苜蓿的种植面积增长很快,几乎增长了 50%<sup>[8]</sup>。苜蓿的栽培技术,尤其是科学施肥的研究正越来越受到重视<sup>[9-10]</sup>,但也主要限于氮、磷、钾单一肥料或两种肥料对苜蓿的影响<sup>[11-14]</sup>。为获得高产并保持经济和持续利用,除选择适宜品种外,研究栽培利用技术十分重要,为此,就盐碱地条件下采用正交试验设计播量和施肥期选择及施

肥量 3 因素 3 水平组合进行研究,以期为生产应用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

苜蓿品种选用肇东苜蓿<sup>[15]</sup>。供试的肥料选用磷酸二铵(N 18%,  $\text{P}_2\text{O}_5$  46%)、尿素(N 46%)。

### 1.2 方法

1.2.1 试验地概况 试验于 2010 年在国家牧草产业技术体系绥化综合试验站(E  $125^{\circ}28'24''$ , N  $46^{\circ}32'17''$ )进行。试验站年降雨量 469.7 mm,年均气温  $2.9^{\circ}\text{C}$ ;年活动积温  $2\,760^{\circ}\text{C}$ ;年均日照时数 2 713 h;无霜期为 130 d,属大陆性季风气候。试验地属前茬玉米低产农田,土壤类型以黑钙土和草甸土为主,土壤全盐量为 0.157%,有机质 0.885%,土壤全氮 0.0335%。土壤速效氮  $103.50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,土壤含水量平均 22.71%,土壤 pH 8.12。试验地苜蓿为 2009 年播种。

1.2.2 试验设计 试验采用 3 因素 3 水平正交设计<sup>[16]</sup>。播量: A1- $17.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , A2- $21.05 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , A3- $24.56 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ;施肥期: B1-营养期施肥和刈割后不施肥, B2-营养期和刈割后都不施肥, B3-营养期不施肥和刈割后施肥;氮磷配比: C1-N  $112.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , P  $225.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , C2-N  $225.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , P  $450.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , C3-N  $337.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , P  $675.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。在肇东苜蓿在盐碱地条件下进行高产栽培试验,9 个正交组合,3 次重复,共 27 个小区,小区面积  $6 \text{ m}^2$ 。

收稿日期:2011-08-18

第一作者简介:张东铁(1963-),男,黑龙江省绥化市人,学士,助理研究员,从事土壤环境与土壤检测研究。E-mail: meixinkeji@163.com。

表 1 处理组合

处 理 组 合		
A2B2C3D1	A3B3C2D1	A3B1C3D2
A2B3C1D2	A1B3C3D3	A2B1C2D3
A1B1C1D1	A1B2C2D2	A3B2C1D3

1.2.3 测定项目 在种植第 2 年(2010)测定不同施肥方式苜蓿的产量。试验期间刈割 3 次,分别于 2010 年 6 月 17 日,7 月 23 日和 10 月 2 日进行苜蓿的刈割,收割面积为 1 m<sup>2</sup>,重复 2 次,留茬高度 3 cm 左右。收割后,称鲜草重。

1.2.4 统计分析 数据采用 Excel 和 SAS6.12 数据处理软件进行处理。多重比较采用 Duncan 氏新复极差法<sup>[17]</sup>。

2 结果与分析

2.1 不同处理对苜蓿株高的影响

由表 2、表 3 可知,分枝期播量 A2 水平组株高显著高于 A1、A3 水平( $P<0.05$ ),而 A1 与 A3 之间差异不显著( $P>0.05$ )。以播量为

21.05 kg·hm<sup>-2</sup>效果较好。施肥期 B3 水平组株高显著高于 B1、B2 水平( $P<0.05$ ),而 B1 与 B2 之间差异不显著( $P>0.05$ )。以营养期不施肥和刈割后施肥效果较好。施肥量对分枝期株高的影响差异显著( $P<0.05$ ),C3 株高显著高于 C1 和 C2,C2 和 C1 之间差异显著。现蕾期播种量、施肥期和施肥量对株高影响均显著( $P<0.05$ )。播量 A2 水平显著高于 A1 和 A3 水平( $P<0.05$ )。现蕾期施肥期 B1、B3 水平株高显著高于 B2( $P<0.05$ ),B1 和 B3 水平株高差异不显著( $P>0.05$ )。现蕾期株高随施肥量增大而增高,C3 株高显著高于 C2 和 C1( $P<0.05$ ),而 C1 和 C2 之间差异显著( $P<0.05$ )。初花期播量 A2 和 A3、施肥期 B1 和 B3 和施肥量 C2 和 C3 的株高均分别显著高于 A1、B2 和 C1( $P<0.05$ ),而 A2 和 A3 之间、B1 和 B3 之间、C2 和 C3 之间差异不显著( $P>0.05$ )。

表 2 不同处理各生育时期的平均株高

物候期	不同处理平均株高/cm								
	A1B1C1	A1B2C2	A1B3C3	A2B1C2	A2B2C3	A2B3C1	A3B1C3	A3B2C1	A3B3C2
分枝期	21.30	20.50	20.80	18.30	17.40	22.00	18.00	19.50	19.50
现蕾期	34.50	35.20	34.60	33.20	32.40	33.10	32.10	33.20	34.20
初花期	51.30	52.30	51.20	54.20	51.60	52.30	51.70	52.80	52.10

表 3 各处理对不同生育时期株高的影响

影响因素	不同时期株高/cm			
	水平	分枝期	现蕾期	初花期
播种量 A	1	19.23b	32.90b	51.60b
	2	20.87a	34.77a	52.70a
	3	19.00b	33.17b	52.20a
施肥期 B	1	19.20b	33.60a	52.23a
	2	19.13b	33.27b	51.87b
	3	20.77a	33.97a	52.40a
施肥量 C	1	18.73c	33.03c	51.50b
	2	19.43b	33.60b	52.13a
	3	20.93a	34.20a	52.87a

注:同列小写字母不同表示差异显著( $P<0.05$ ),大写字母不同表示差异极显著( $P<0.01$ )。下同。

2.2 各处理对不同茬次鲜草产量的影响

2.2.1 不同播量对不同茬次鲜草产量的影响

苜蓿播种量影响苜蓿产草量和植株的形态发育。结果表明,3 次刈割中,3 个播种量对苜蓿产草量的差异均显著(见表 4)。每茬苜蓿产量中,播量 A2 的产量均高于播量 A3,播量 A1 的产量均小于前两者。在盐碱地上播量 21.05 kg·hm<sup>-2</sup> 下三

茬次产草量分别达到最高,为 80 899.2 kg·hm<sup>-2</sup>。

表 4 不同播量对苜蓿各茬次产量的多重比较  
kg·hm<sup>-2</sup>

播量	茬次		
	第一茬	第二茬	第三茬
A1	29177.55c	13133.55c	5350.20c
A2	30318.45a	14185.05a	6077.25a
A3	29831.55b	13495.50b	5971.80b

2.2.2 不同施肥时期对不同茬次鲜草产量的影响 由表5可知不同施肥时期对苜蓿产草量的差异在每茬中均呈显著差异。在第一茬中,B1下苜蓿的产量显著高于B2和B3,为151 476.7 kg·hm<sup>-2</sup>。但第二、三茬之间差异不显著,由此可见在盐碱地上营养期施肥对越年苜蓿第一茬产量有显著影响。在第二茬和第三茬中,施肥期B3对苜蓿的产量显著高于施肥期B1和B2,施肥期B1对苜蓿的产量显著高于施肥期B2。表明除第一茬中施肥期B1对苜蓿的产量显著高于施肥期B2和B3外,后两茬苜蓿产草量都是在营养期不施肥和刈割后施(B3)时达到最高。

表5 不同施肥期对苜蓿各茬次产量的多重比较  
kg·hm<sup>-2</sup>

施肥期	茬次		
	第一茬	第二茬	第三茬
B1	32037.00a	13528.95b	5910.75b
B2	30084.00b	13238.45c	4695.30c
B3	30206.55b	14045.55a	6793.20a

2.2.3 不同施肥量对不同茬次鲜草产量的影响 由表6可知不同施肥量对苜蓿产草量的差异在每茬中均呈显著。在第一、二、三茬中,施肥量C3对苜蓿的产量显著高于C1和C2,后二者差异也显著,施肥量C1对苜蓿的产量影响最小。表明在盐碱地上施肥量对二年苜蓿不同茬次的产量有显著影响。三茬次产草量均是在氮、磷肥用量N337.5 kg·hm<sup>-2</sup>,P675 kg·hm<sup>-2</sup>(C3)的处理下达到最高产量。同时,产草量随着茬次的增加而减少。

表6 不同氮磷配比对苜蓿各茬次产量的多重比较  
kg·hm<sup>-2</sup>

氮磷配比	茬次		
	第一茬	第二茬	第三茬
C1	28985.55c	12925.00c	5133.75c
C2	30058.95b	13836.45b	6077.25b
C3	30283.05a	14050.50a	6188.25a

### 2.3 各处理组合与鲜草产量的关系

综合播种量、施肥期和施肥量结果,盐碱地苜蓿初花期鲜草产量以A2B3C3组合效果最好。方差分析(见表7)表明,其与其它处理间产草量差异极显著( $P<0.01$ )。其产量为52 926.75 kg·hm<sup>-2</sup>,分别比处理4、处理5、处理2、处理6、处理3、处理1、处理9、处理8增产干草5 465.85、4 044.75、2 082.15、3 747.15、2 699.7、6 147.75、4 583.1和4 948.05 kg·hm<sup>-2</sup>,分别增产10.3%、7.6%、3.9%、7.07%、5.1%、11.6%、8.6%和9.3%。因此,采用3因素3水平正交设计的总体

产量,组合7处理即A2(播量21.05 kg·hm<sup>-2</sup>) + B3(营养期不施肥刈割后施肥) + C3(施氮337.5 kg·hm<sup>-2</sup>,磷675.0 kg·hm<sup>-2</sup>)组合下产量最大,为52 926.75 kg·hm<sup>-2</sup>。

表7 不同组合产量比较(3次刈割)

编号	处理	产量/kg·hm <sup>-2</sup>	差异显著性	
			0.05	0.01
1	A1B1C1	46779.00	e	B
2	A2B2C3	50844.60	b	B
3	A3B3C2	50227.05	b	B
4	A3B1C3	47460.90	d	B
5	A1B2C2	48882.00	bc	B
6	A2B3C1	49179.60	bc	B
7	A2B3C3	52926.75	a	A
8	A1B1C2	47978.70	d	B
9	A3B2C1	48343.65	c	B

### 2.4 三因素对苜蓿鲜草量的贡献率比较

苜蓿草产量是受多个因素影响的,产草量的高低直接反映牧草单播及其混播组合的生产性能,产草量高说明其生产性能好,反之亦然<sup>[18]</sup>。通过相关性分析,苜蓿播量、施肥期、施肥量与产量相关性极显著,其中施肥期与产量的相关性在0.05水平上显著,在0.01水平不显著。

表8 播量及施肥期和施肥量相关系数

因素	播量	施肥期	施肥量	产量
播量	1.00			
施肥期	0.07	1.00		
施肥量	0.05	0.04	1.00	
产量	0.59**	0.45*	0.56**	1.00

对于多因素作用下的苜蓿产量变化,通过通径系数可以直接比较各种因素对产量作用的大小(见表8)。由表8中相关系数求逆矩阵得到 $P_{xi \rightarrow y}$ 和 $P_{xi \rightarrow xj \rightarrow y}$ ,表示自变量x对改变依变量y的相对重要性。播量、施肥期、施肥量均对苜蓿产量产生正的直接效应,其中播量对苜蓿产量的直接效应为最大1.825,施肥量对苜蓿产量的直接效应次之为1.642,施肥期对苜蓿产量的直接效应为最小,确定3个因素对苜蓿产量贡献作用大小排序为:播量>施肥量>施肥期。这与王显国等<sup>[19]</sup>人研究结果一致,播种量对苜蓿产草量均有影响,水平间差异极显著。

表9 播量施肥期和施肥量的通径系数

因素	播量	施肥期	施肥量
播量	<u>1.825</u>	0.011	0.021
施肥期	0.033	<u>1.204</u>	0.032
施肥量	0.053	0.04	<u>1.642</u>

注:下划线表示直接通径。

### 3 结论与讨论

#### 3.1 结论

苜蓿草地播种量以  $21.05 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  处理较好,比播量  $17.50 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  和  $24.56 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  处理增产  $5.8\%$  和  $2.5\%$  ( $P < 0.01$ );营养期不施肥刈割后施肥处理增产效果显著高于营养期和刈割后都不施肥和营养期施肥刈割后不施肥处理,增产  $6.7\%$  ( $P < 0.05$ ) 和  $0.8\%$ ;三茬次产草量均是在氮、磷肥用量  $N337.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$   $P675.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  (水平 3) 的处理下达到最高产量,比氮磷配比  $N112.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,  $P225.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 和  $N225 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,  $P450.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  分别增产  $6.9\%$  和  $1.1\%$ 。组合 A2B3C3 产量最大,为  $52926.75 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,与其它组合差异极显著。三因素对产草量的贡献率为播量 > 施肥量 > 施肥期。

#### 3.2 讨论

三茬产草量都是在播量为  $21.05 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  时达到最高,这与前人的研究结果认为播种量为  $15 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  左右最适合存在差异,分析可能原因是试验田过高的总盐含量造成保苗率的下降,增加播种量,可以相对增加苜蓿在盐碱地上的密度,进而增加产量。随着播种量的继续增大,产草量下降,这与 Sheaffer 认为当苜蓿播种量在  $6 \sim 18 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  时,牧草产量可随其播种量的增加而增加,播种量每增加  $1 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  时,牧草产量可提高  $40 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  的观点相符,当播种量再增加到  $24 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  时,产草量开始下降。第三茬草生长期,气温开始降低,影响了干物质的累积,且通过前两茬的刈割,苜蓿再生能力降低,也影响了产量,所以苜蓿第三茬产量一般低于第二茬。这与前人的研究结果一致。

#### 参考文献:

- [1] 杨青川,孙彦. 紫花苜蓿在北京市种植业结构调整中的作用[J]. 北京农业科学, 2000, 18(3): 38-39, 37.
- [2] 黄新善,张东鸿,刘晓霞,等. 高寒干旱地区紫花苜蓿引种试验[J]. 中国草地, 2002, 24(6): 70-72.
- [3] 郭庆魁,乌雪飞. 海拉尔区发展人工草地的途径及效益分析[J]. 草原与草坪, 2006(3): 11-13.
- [4] 许付仁. 种植苜蓿草的生态环境效益和经济效益分析[J]. 环境科学与管理, 2007, 32(1): 142-143.
- [5] 杨玉海. 种植苜蓿土壤改良效应评价[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2005.
- [6] 张玉发,王庆锁,苏加楷. 试论中国苜蓿产业化[J]. 中国草地, 2000(1): 64, 69.
- [7] 肖文一,陈德新,吴渠来. 饲用植物栽培与利用[M]. 北京: 农业出版社, 1991.
- [8] 洪绶曾. 积极稳步发展中国的首蓿产业[J]. 动物科学与动物医学, 2001(4): 1, 3.
- [9] 赵永志,贺建德,杨立国,等. 施肥对紫花苜蓿产量及效益的影响[J]. 北京农业科学, 2002, (3): 26-27.
- [10] 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.
- [11] 汪诗平,陈默君. 硫肥对苜蓿的效应[J]. 中国草地, 1992(4): 53-56.
- [12] 汪诗平,陈默君. 钾肥对苜蓿生产性能与品质的影响[J]. 中国草地, 1993(4): 71-74.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 全国牧草品种审定委员会. 中国牧草登记品种集[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1999.
- [16] 袁志发,周静芊. 试验设计与分析[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [17] 胡小平,王长发. SAS 基础及统计实例教程[M]. 西安: 西安地图出版社, 2001.
- [18] 马春晖,韩建国,李鸿祥,等. 播种比例、施氮量和刈割期对混播草地牧草产量和质量的影响[J]. 中国草地学报, 1999(4): 9-16.
- [19] 王显国,韩建国,刘嵩渊,等. 刈割对紫花苜蓿生殖育期的调控及对种子产量和质量性状的影响[J]. 草地学报, 2005, 13(4): 274-277.

## Effect of Seeding Rate, Fertilizer Stage and Fertilizer Quantity on the Yield of Alfalfa on Saline-Alkali Soil

ZHANG Dong-tie<sup>1</sup>, TANG Feng-lan<sup>2</sup>, ZHU Rui-fen<sup>2</sup>, LIU Feng-qi<sup>2</sup>,  
LIU Jie-lin<sup>2</sup>, CHEN Ji-shan<sup>2</sup>, HAN Wei-bo<sup>2</sup>

(1. Soil Fertilizer and Resource Environment Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086; 2. Pratacultural Science Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086)

**Abstract:** In order to obtain high yield of alfalfa on saline-alkali soil, the effect of seeding rate, fertilizer stage and fertilizer quantity on alfalfa yield was studied on saline-alkali soil with orthogonal design. The results showed that alfalfa yield with seeding rate of  $21.05 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  was the highest and the hay yield was  $80899.2 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ; Vegetative period don't to apply fertilizers and do it after cradle(B3) had the best effect; the effect of applying  $N337.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$   $P675 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  was the highest, it was  $151476.7 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ; So the treatment of seven reached the highest yield of  $52926.75 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , which was significantly higher than other treatments. The contributron rate of the three factors to yield was seeding rate > fertilizer amount > fertilization period.

**Key words:** alfalfa; saline-alkali soil; high yield cultivation; orthogonal experiment