

不同施肥处理对牛角瓜幼苗生长的影响

刘 鹏, 叶 维 雁, 刘 惠 民, 王 连 春, 袁 晓 慧, 张 芮

(西南林业大学 林学院, 云南 昆明 650224)

摘 要:以牛角瓜种子为试材,采用正交实验设计 $L_9(3^4)$,通过 N、P、K 3 因素 3 水平及其不同配比的施肥试验,分析了各元素及其水平对牛角瓜苗高和地径生长的影响,确定了牛角瓜苗期生长的最佳施肥方案。结果表明:105 d 试验期间不同处理间均呈极显著差异,处理 6(N 2.50 g/株、P 2.25 g/株、K 1.0 g/株)苗高指标是最好的,是对照组的 3.7 倍;处理 3(N 1.25 g/株、P 2.25 g/株、K 1.5 g/株)的地径指标最好,是对照组的 1.95 倍,且与其它处理呈极显著差异;对牛角瓜幼苗苗高、地径生长的影响为 $N>P>K$,最佳施肥方案为 N 2.50 g/株、P 2.25 g/株、K 1.5 g/株。

关键词:牛角瓜幼苗;施肥;生长

中图分类号:S 567.1⁺9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)19-0179-04

牛角瓜(*Calotropis gigantea* L.)属萝藦科常绿植物,又名五狗卧花、断肠草,能在干热河谷、盐碱地、沿海沙滩等生态脆弱环境下生长良好。牛角瓜用途广泛,在棉纺原料、药用、能源等方面有着重要的经济价值。牛角瓜是一种新的天然纤维替代原料^[1],茎皮纤维坚韧,可制成人造棉、造纸、制绳索、织麻布和麻袋等,种毛可作丝绒原料及填充物;茎、叶的乳汁有毒,含牛角瓜甙等多种强心甙和牛角瓜碱,供药用,可治皮肤癣、痢疾、风湿等^[2-4]。迄今为止,对牛角瓜栽培过程中营养和施肥方面的研究较少,尚鲜见有关牛角瓜幼苗施肥试验方面的报道,该试验旨在研究不同施肥量、施肥比例对牛角瓜幼苗生长指标的影响,从而构建牛角瓜幼苗施肥模型,为施肥分区和肥料配方提供依据,同时为牛角瓜幼苗的进一步研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试牛角瓜种子来源于云南元江县,育苗基质是红壤,育苗容器为 13 cm×21 cm 的黑色营养袋。所用的氮肥为尿素(含氮量 46.4%),磷肥为过磷酸钙(含 P_2O_5 12%),钾肥为硫酸钾(含 K_2O 50%)。

1.2 试验方法

牛角瓜幼苗育苗期不同氮、磷、钾配比施肥试验在西南林业大学格林温室内进行,2013 年 3 月 24 日用牛角瓜种子进行托盘育苗,2013 年 5 月 24 日将生长一致的牛角瓜幼苗移至营养袋,每袋 1 株,作牛角瓜容器苗培育,继而进行不同氮磷钾配比的施肥试验。采用正交实验设计,以 N、P、K 3 因素 3 水平按正交表 $L_9(3^4)$ ^[5] 进行设计,以不施肥为对照(CK),共 10 个处理,每处理 10 株,重复 3 次,详见表 1、2。各处理以水肥的方式进行施肥,每月施肥 2 次,共分 7 次施入,肥液不接触叶片,第 1 次施肥日期为 6 月 15 日,每隔 15 d 施肥 1 次,每次施肥前观测苗高和地径,直至 9 月 28 日。

表 1 施肥试验的因素水平(总施肥量)

Table 1 Fertilization levels of nutrients(the total amount of fertilizer)

水平 Level	因素 Factor		
	A(N)/(g·株 ⁻¹)	B(P)/(g·株 ⁻¹)	C(K)/(g·株 ⁻¹)
1	1.25	0.75	0.5
2	2.50	1.50	1.0
3	3.75	2.25	1.5

表 2 正交实验设计

Table 2 Orthogonal experimental design

处理号	因素 Factor			试验设计
Treatment No.	A	B	C	Experiment design
CK	0	0	0	A ₀ B ₀ C ₀
1	A ₁	B ₁	C ₁	A ₁ B ₁ C ₁
2	A ₁	B ₂	C ₂	A ₁ B ₂ C ₂
3	A ₁	B ₃	C ₃	A ₁ B ₃ C ₃
4	A ₂	B ₁	C ₃	A ₂ B ₁ C ₃
5	A ₂	B ₂	C ₁	A ₂ B ₂ C ₁
6	A ₂	B ₃	C ₂	A ₂ B ₃ C ₂
7	A ₃	B ₁	C ₂	A ₃ B ₁ C ₂
8	A ₃	B ₂	C ₃	A ₃ B ₂ C ₃
9	A ₃	B ₃	C ₁	A ₃ B ₃ C ₁

1.3 数据分析

采用 SAS 统计软件进行方差分析和多重比较^[6]。

第一作者简介:刘鹏(1989-),男,河南商城人,硕士研究生,研究方向为森林培育。E-mail:931033188@qq.com.

责任作者:刘惠民(1957-),男,湖南武冈人,博士,教授,现主要从事森林培育等教学与科研工作。E-mail:hmliu@swfu.edu.cn.

基金项目:西南林业大学科技创新基金资助项目(1306);林业公益性行业科研专项资助项目(201304810);西南林业大学云南省重点学科资助项目(xkz200906)。

收稿日期:2014-05-22

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对牛角瓜苗木生长的影响

对牛角瓜苗期施肥试验 105 d 的苗高与地径生长进行了方差分析,由表 3 可以看出,在未施肥时,9 个施肥处理苗高与地径差异不显著,而在不同施肥时期苗高和

地径生长差异极显著。苗高生长方差分析 F 值表明,施肥对牛角瓜苗高的影响先逐渐增大,到 8 月 29 日时施肥效果达到最大,之后逐渐减少趋于稳定。施肥对地径生长的影响与苗高生长基本上一致,在 7 月 30 日施肥效果达到最大。

表 3 不同施肥处理间苗高与地径生长的方差分析

Table 3 Variance analysis of seedling height and ground diameter among treatments

测量日期 Determined date/月-日	变异来源 Source of variation	自由度 Degree of freedom	平方和 Sum of squares	均方 Mean square	F 值 F value	$Pr>F$	平方和 Sum of squares	均方 Mean square	F 值 F value	$Pr>F$
			苗高 Seedling height				地径 Ground diameter			
06-15	重复	2	0.0110	0.0053	3.8379		0.0000	0.0001	0.6963	
	处理	9	0.0120	0.0013	1.1900ns	<0.0001	0.0010	0.0001	0.3806ns	0.9308
07-01	重复	2	1.1390	0.5694	0.0956		0.0240	0.0118	0.1815	
	处理	9	155.1790	17.2422	51.1763**	<0.0001	1.6630	0.1848	33.0627**	<0.0001
07-15	重复	2	2.9890	1.4943	0.0599		0.0120	0.0061	0.0195	
	处理	9	663.4290	73.7144	112.4100**	<0.0001	8.3590	0.9288	255.1670**	<0.0001
07-30	重复	2	3.2450	1.6226	0.0355		0.0510	0.0257	0.0340	
	处理	9	1214.8020	134.9780	118.0201**	<0.0001	20.0850	2.2316	120.2611**	<0.0001
08-14	重复	2	4.8650	2.4325	0.0379		0.2480	0.1239	0.0849	
	处理	9	1697.9110	188.6568	91.3622**	<0.0001	38.7150	4.3017	95.5152**	<0.0001
08-29	重复	2	7.8450	3.9223	0.0500		0.2890	0.1444	0.0872	
	处理	9	2085.1870	231.6874	108.2223**	<0.0001	43.8740	4.8749	87.6457**	<0.0001
09-13	重复	2	15.4160	7.7079	0.0792		0.2890	0.1446	0.0821	
	处理	9	2570.3680	285.5964	78.1810**	<0.0001	46.4270	5.1585	71.8225**	<0.0002
09-28	重复	2	17.9630	8.9813	0.0852		0.4310	0.2156	0.0976	
	处理	9	2778.2720	308.6969	72.6219**	<0.0001	58.2630	6.4736	72.7155**	<0.0001

注:表中 ns 表示差异不显著,* 表示在 0.01 水平上差异显著,** 表示在 0.01 水平上差异极显著,下同。

Note:ns show no significant difference,* show significant difference at 0.01 level,** show very significant difference at 0.01 level,the same below.

从表 4 可以看出,10 个处理中,处理 6、处理 5、处理 3 间的苗高生长不显著但与其它处理都呈极显著差异,处理 3 的地径生长与其它处理呈极显著差异,处理 8 的苗高生长最差,处理 7 的地径生长最差,甚至与对照呈显著差异。

表 4 施肥处理间牛角瓜生长邓肯多重比较(LSR)

Table 4 Duncan multiple comparison of seedling height and ground diameter among treatments

处理 Treatment	施肥处理 Fertilizing treatment	苗高 Seedling height/cm	0.05	0.01	处理 Treatment	施肥处理 Fertilizing treatment	地径 Ground diameter/mm	0.05	0.01
6	N ₂ P ₃ K ₂	33.26	A	A	3	N ₁ P ₃ K ₃	7.85	A	A
5	N ₂ P ₂ K ₁	30.37	A	A	6	N ₂ P ₃ K ₂	7.04	B	B
3	N ₁ P ₃ K ₃	29.63	A	A	5	N ₂ P ₂ K ₁	6.79	B	B
4	N ₂ P ₁ K ₃	24.36	B	B	4	N ₂ P ₁ K ₃	5.48	C	C
2	N ₁ P ₂ K ₂	19.98	C	BC	2	N ₁ P ₂ K ₂	4.81	CD	CD
1	N ₁ P ₁ K ₁	18.05	C	C	1	N ₁ P ₁ K ₁	4.51	DE	DE
9	N ₃ P ₃ K ₁	9.16	D	D	9	N ₃ P ₃ K ₁	4.42	DE	DE
CK	N ₀ P ₀ K ₀	9.00	D	D	8	N ₃ P ₂ K ₃	4.18	E	DEF
7	N ₃ P ₁ K ₂	7.84	D	D	CK	N ₀ P ₀ K ₀	4.03	EF	EF
8	N ₃ P ₂ K ₃	7.66	D	D	7	N ₃ P ₁ K ₂	3.53	F	F

注:不同字母表示差异显著,相同字母表示差异不显著。

Note:Different letters show significant difference,the same letters show no significant difference.

由图 1 可以看出,苗高的生长呈明显的“S”形变化趋势,即苗高生长呈“慢-快-慢”的生长过程。不同施肥处理间对苗高生长有极显著影响。前期处理 5、处理 3 及处理 4 生长较快,随后处理 6 生长最快,最终苗高最高,为 33.26 cm,是对照组的 369.6%;处理 7、处理 8 和处理 9 苗高生长缓慢,与对照组差异不显著,主要原因

处理 7、处理 8 和处理 9 苗高生长与对照无显著差异,甚至低于对照组,说明施肥效果不显著,可能原因是氮肥过量造成肥害所致。除施肥过量产生肥害的处理外,不施肥的牛角瓜幼苗生长明显低于其它施肥苗木。

可能是氮肥过量,造成肥害。

由图 2 可以看出,地径的生长基本上呈“S”形变化趋势,即地径生长呈“慢-快-慢”的生长过程。不同施肥处理对地径有极显著影响。处理 3 对地径的生长影响最大,地径为 7.85 mm,是对照组的 194.8%。处理 7、处理 8 和处理 9 可能造成氮肥肥害,地径生长缓慢,与对照

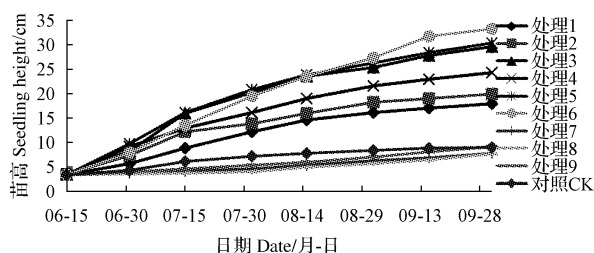


图1 不同施肥处理苗高生长曲线

Fig. 1 Growth curves of seedling height of different treatments 组差异不显著。因此,在牛角瓜苗木培育过程中,施氮、磷、钾肥的配比及用量很重要,用量及配比在合适的范围内能有效的促进苗木的生长,如果配比和用量超出一定范围,易造成苗木生长不良,甚至造成肥害,这在其它树种施肥时也出现过类似现象^[7-9]。

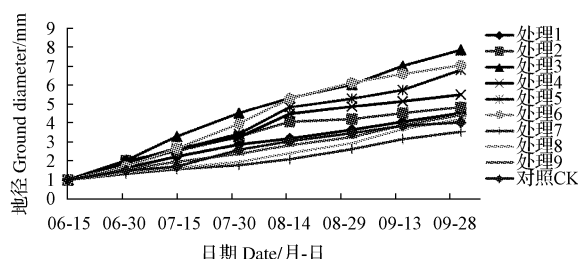


图2 不同施肥处理地径生长曲线

Fig. 2 Growth curves of ground diameter of different treatments

2.2 不同施肥水平对牛角瓜幼苗生长的影响

对不同施肥水平的苗木生长进行方差分析,由表 5

表 5 不同施肥因子对苗木生长的正交实验方差分析 F 值检验

Table 5 F-value test of seedling height and ground diameter among nutrients of orthogonal experiment variance analysis

项目 Item	因子 Factor	6月15日		7月1日		7月15日		7月30日	
		F 值 F value	F 检验 F test	F 值 F value	F 检验 F test	F 值 F value	F 检验 F test	F 值 F value	F 检验 F test
苗高 Seedling height	重复	3.2249		0.1073		0.0560		0.0364	
	N	0.2645	0.7703ns	68.1764**	<0.0001	78.3088**	<0.0001	106.0516**	<0.0001
	P	1.3346	0.2857ns	1.5075ns	0.2456	5.5992**	0.0117	8.0026**	0.0028
地径 Ground diameter	K	1.2054	0.3204ns	1.1694ns	0.3309	0.8158ns	0.4565	0.3253ns	0.7261
	重复	0.4967		0.1661		0.0170		0.0263	
	N	0.7159	0.5008ns	28.6128**	<0.0001	110.8196**	<0.0001	163.7762**	<0.0001
	P	0.1617	0.8518ns	2.4151ns	0.1149	24.3047**	<0.0001	56.2252**	<0.0001
	K	0.1617	0.8518ns	2.4631ns	0.1106	9.6230**	0.0012	6.4835**	0.0068

项目 Item	因子 Factor	8月14日		8月29日		9月13日		9月28日	
		F 值 F value	F 检验 F test	F 值 F value	F 检验 F test	F 值 F value	F 检验 F test	F 值 F value	F 检验 F test
苗高 Seedling height	重复	0.0369		0.0515		0.0842		0.0922	
	N	115.7239**	<0.0001	150.9284**	<0.0001	124.2506**	<0.0001	110.1903**	<0.0001
	P	8.5929**	0.0020	11.3594**	0.0005	14.0085**	0.0002	12.8919**	0.0003
地径 Ground diameter	K	0.4295ns	0.6567	0.5150ns	0.6052	0.6097ns	0.5533	0.5128ns	0.6065
	重复	0.0711		0.0646		0.0504		0.0660	
	N	147.6242**	<0.0001	118.1774**	<0.0001	58.3002**	<0.0001	34.4498**	<0.0001
	P	36.1381**	<0.0001	39.4864**	<0.0001	33.3561**	<0.0001	21.5591**	<0.0001
	K	4.8426**	0.0193	5.7090*	0.0109	5.6911*	0.0111	3.3594ns	0.0552

可以看出,不同水平的氮一直对牛角瓜容器苗苗高、地径生长影响极显著,对苗高的影响先逐渐变大,在 8 月 29 日对其影响达到最大,随后对其影响变小趋于稳定;对地径的影响与苗高相似,在 7 月 30 日对其影响达到最大。不同的磷水平对牛角瓜幼苗除第 1 次施肥后对其影响不显著外,其它施肥后对苗高、地径生长影响差异极显著,在 9 月 13 日对苗高生长影响达到最大,7 月 30 日对地径影响效果达到最大。不同施肥水平的钾对苗高生长的影响差异不显著,第 2 次施肥后,除对 9 月 28 日地径生长影响为差异显著外,对地径的生长都达到差异极显著水平。

由表 6 可以看出,中水平的氮对苗高、地径生长效果最好,低水平的氮次之,高水平的氮可能造成了肥害,对苗木的生长起到了负作用。高水平的磷比中低水平的磷对牛角瓜容器苗的苗高、地径生长影响要好。不同水平的钾对牛角瓜幼苗苗高影响不大,差异不显著,高水平的钾对地径生长的影响最大,中低水平影响较小。根据苗木生长的最后结果,氮和磷的不同水平在苗高地径生长上的反映基本一致,氮的不同水平间的差异极显著,磷的高水平与中低水平差异极显著,钾不同水平在苗高地径生长上反映不一致,在苗高生长上高水平最好,在地径生长上,高水平最好,与中、低水平差异显著,因此,牛角瓜幼苗最终施肥方案确定为: $N_2P_3K_3$, 处理中没有这个组合。从表 6 还可以看出,苗高的极差值分别为 21.11、7.27、1.36 cm,地径的极差值分别为 2.40、1.93、0.72 mm,各元素对牛角瓜苗高与地径生长的影响大小依次为 $N>P>K$ 。

表 6

施肥因子水平间 105 d 生长比较

Table 6

Comparison of seedling height and ground diameter of 105 days among nutrient levels

因子 Factor	水平 Level	苗高 Seedling height	0.05	0.01	极差 Range	水平 Level	地径 Ground diameter	0.05	0.01	极差 Range
N	2	29.33	a	A	21.11	2	6.44	a	a	2.40
	1	22.55	b	B		1	5.72	b	a	
	3	8.22	c	C		3	4.04	c	b	
P	3	24.02	a	A	7.27	3	6.44	a	a	1.93
	2	19.34	b	B		2	5.26	b	b	
	1	16.75	b	B		1	4.51	c	b	
K	3	20.55	a	A	1.36	3	5.84	a	a	0.72
	2	20.36	a	A		1	5.24	ab	a	
	1	19.19	a	A		2	5.12	b	a	

3 结论

各施肥水平对牛角瓜苗高和地径生长作用明显,在 105 d 试验期间,不同处理间呈极显著差异。各处理中以处理 6 对牛角瓜幼苗生长影响最大,为对照的 3.7 倍,处理 3 对牛角瓜幼苗地径生长影响最大,为对照组的 1.95 倍,说明施肥效果显著,通过合理施肥能够大大缩短牛角瓜苗木的培育周期。

各处理对牛角瓜苗高和地径生长速度基本一致。处理 3、处理 5、处理 6、处理 7 和处理 8 的苗高和地径生长速度略有不同,苗高和地径生长曲线出现交叉现象,这与营养生长空间竞争和肥害有关。

各元素对牛角瓜苗高、地径生长的影响大小排序为 $N > P > K$ 。氮元素以中等水平最好,磷和钾元素以高水平较好,因此得出在牛角瓜幼苗生长过程中最佳施肥方案为 $N_2P_3K_3$ (N 2.50 g/株、 P 2.25 g/株、 K 1.5 g/株)。

参考文献

[1] Nart T, Poonsab S, Gritsanaruck T. The environmental implications of the use of *calotropis gigantean* as textile fabric[J]. Agriculture, Ecosystem and Environment, 1984(11): 203-212.

[2] Lhinhatrackool T, Sutthivaiyakit S. 19-Nor-and-18,20-Epoxy-card-enolides from the leaves of *Calotropis gigantean* [J]. Journal of Nature Products, 2006, 69(18): 1249-1251.

[3] Kiuchi F, Fuakao Y, Obata T, et al. Cytotoxic Principles of a Bangladeshi Crude Drug, Akond Mul(Roots of *Calotropis gigantean* L)[J]. Chemical Pharmaceutical Bulletin, 1998, 46: 528-530.

[4] Quaquebeke E V, Simon G, Andre A, et al. Identification of a Novel Cardenolide(2-Oxovoruscharin) from *Calotropis* is procera and the Hemisynthesis of Novel Derivatives Displaying Potent in vitro Antitumor Activities and High in Vivo Tolerance: Structure-activity Relationship Analyses[J]. J Med Chem, 2005, 48(3): 849-856.

[5] 续九如, 黄智慧. 林业试验设计[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995: 76-80.

[6] 陈子星, 徐夕水. 生物统计 SAS 程序题解[M]. 北京: 中国农业科学院计算机中心, 1997.

[7] 梁坤南, 潘一峰, 刘文明. 柚木苗期多因素施肥试验[J]. 林业科学研究, 2005, 18(5): 535-540.

[8] 吴家胜, 曹福亮, 应叶青, 等. 银杏苗期施 P 效应研究[J]. 林业科学研究, 2003, 16(2): 171-176.

[9] 刘梅, 陈春伟, 侯艳, 等. 新播长白落叶松苗期施肥效果分析[J]. 防护林科技, 2006(2): 15-16.

Effect of Different Fertilization Treatments on Seedlings Growth of *Calotropis gigantean* L.

LIU Peng, YE Wei-yan, LIU Hui-min, WANG Lian-chun, YUAN Xiao-hui, ZHANG Rui
(College of Forestry, Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224)

Abstract: Taking *Calotropis gigantean* seeds as materials, the trial was designed by orthogonal $L_9(3^4)$ of N, P, K nutrients and three levels respectively in this study. The effect of these nutrients and their levels on growth of seedling height and ground diameter of *Calotropis gigantean* L. were studied and the best fertilization method was determined. The results showed that there were high significant differences among different fertilization treatments during the 105 days, the treatment 6 (N 2.50 g/plant, P 2.25 g/plant, K 1.0 g/plant) was the best indicator of height, was 3.7 times the control group; the treatment 3 (N 1.25 g/plant, P 2.25 g/plant, K 1.5 g/plant) in diameter best indicator was 1.95 times the control group, and highest significant among the treatments. The ordination of fertilization effect on growth of seedling height and ground diameter of *Calotropis gigantean* L. was $N > P > K$, and the treatment N 2.50 g/plant, P 2.25 g/plant, K 1.5 g/plant showed the best fertilization and the highest significant among the treatments.

Keywords: *Calotropis gigantean* seedling; fertilization; growth