

金沙江干热河谷地区引种印度木豆对土壤肥力的影响

李如丹¹, 郭华春¹, 董志渊¹, 谭文星², 傅志成², 陆晓屏²

(1. 云南农业大学 薯类作物研究所, 昆明 650201; 2. 世界宣明会 永胜县项目办公室, 云南 永胜 674200)

摘 要:在云南省永胜县金沙江干热河谷地区种植木豆, 研究了种植木豆对土壤肥力的影响, 结果表明: 木豆耐旱、耐瘠, 出苗后在较干旱情况下也可以正常生长, 而且对土壤酸碱度有较广的适应性, 作为先锋植物可在金沙江干热河谷生态恢复中发挥重要作用; 种植木豆后的土壤全氮、碱解氮都有较大增加, 表明种植木豆可以起到固氮、培肥地力的作用; 同时使土壤中全磷含量降低, 而有效磷含量增加, 说明木豆根释放的有机酸可分解土壤中的固态磷为速效磷, 提高磷的利用效率。

关键词:金沙江干热河谷; 木豆; 土壤养分

中图分类号: S158

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)05-0356-03

Effect of Introducing *Cajanus cajan* (L.) Millsp. on Soil Fertility in Arid Hot Valley of Jinsha River

LI Ru-dan¹, GUO Hua-chun¹, DONG Zhi-yuan¹, TAN Wen-xing², FU Zhi-cheng², LU Xiao-ping²

(1. Root & Tuber Crop Research Institute, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

2. Yongsheng Program Office of China, World Vision, Yongsheng, Yunnan 674200, China)

Abstract: In this research, the effects of cultivating pigeonpea on restoration of ecology and soil nutrient were investigated in arid hot valley of Jinsha River, Yongsheng county of Yunnan province. The results showed that pigeonpea could tolerate arid intimation and acclimated various alkalinity and acidities soil after seeding in arid areas, pigeonpea therefore was considered an important pioneer species of restoring ecology. Total nitrogen and available nitrogen content increased with pigeonpea growing in the soil, which indicate that pigeonpea can fixate nitrogen and enhance soil fertility. Total phosphorus content decreased after seeded, but available phosphorus content increased, the reason is that the roots exuded organ acid, which can decompose solid phosphorus into available phosphorus.

Key words: Jinsha River arid hot valley; pigeonpea; soil nutrient

1 引言

木豆(*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) 是豆科, 木豆属植物^[1]。因其营养价值高, 广泛分布在 S30°~N30°热带和亚热带地区, 在埃及、印度、马来西亚、南美洲及澳洲等地被作为粮食和饲料作物普遍栽培。木豆引入中国后, 由于其耐旱、耐高温、耐贫瘠特性, 成为南方地区保持水土, 植树造林的优良先锋树种。

云南省永胜县的金沙江流域干热河谷地区, 气温高, 降雨量小, 常年雨量只有 600 mm, 而蒸发量大, 是降雨量的 3~4 倍, 导致土壤膨胀系数大, 植被破坏后很难恢复, 土壤石漠化严重^[2]。从 2002 年 6 月开始, 云南农业大学与世界宣明会永胜项目办合作引进了印度木豆, 在永胜干热河谷试验示范, 用种植木豆恢复生态, 收到良好效果, 发展了 200 余公顷, 受到当地普遍欢迎。20 世纪 70 年代, 作为紫胶虫寄主永胜也曾引种过木豆, 现在也还可零星看到当年种植的木

豆依然生长良好, 但也有人认为, 木豆只能种植 3~5 a, 为了解木豆在恢复植被中的可持续性, 研究了引种印度木豆对土壤肥力的影响。

2 材料与方法

2.1 研究区概况

永胜县地处云南省西北部的丽江市, 地跨东经 100°23'~101°12', 北纬 25°59'~27°05' 之间, 在其低海拔的金沙江干热河谷地区, 全年日照时数 2 763 h, 光热资源充足, 是全国知名的高产区, 但年均降雨量小, 蒸发量大, 植被破坏严重。试验点设在永胜六德乡和涛源乡, 六德乡海拔 1 500 m, 年均气温 16.2℃; 涛源乡海拔 1 170 m, 年平均气温 21.1℃^[3]。

2.2 植株样品和土壤样品采集

2002 年开始, 每年在永胜县六德乡和涛源乡的荒漠山地按 1.2 m×1.2 m 株行距, 不施肥直接点播木豆, 2005 年 12 月对各树龄木豆的株高、冠幅、地径、鲜重、根长、根重、根

收稿日期: 2006-10-30

基金项目: 云南省农业厅科技项目“木豆的新品种引进与示范”资助

作者简介: 李如丹(1982—), 男, 硕士研究生, 主要从事作物抗逆机理研究。通讯作者: 郭华春(1963—), 教授, 博导。

粗、根冠比和枯叶厚等指标进行调查;并采集木豆植株和生长地土样进行养分分析,每种树龄每点各采 5 株植株和土样,所采的土壤在距离地表 30 cm 的平面上,距离植株主干 30 cm 内和距离植株 30~60 cm 之间两个点,同时在两乡的试验点未种木豆地各采土样 5 个样作为对照。

2.3 研究方法

对所采集的植株进行 N,P,K 含量测定。对土壤进行全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾含量和 pH 测定。pH 采用 pH 测定仪测定;全氮采用 $K_2SO_4-CuSO_4-Se$ 蒸馏法;全磷采用 NaOH 熔融-钼锑抗比色法;全钾采用 NaOH 熔融-火焰光度法;碱解氮采用碱解扩散法;速效磷采用 0.5 mol/L $NaHCO_3$ 浸提,分光光度法;速效钾采用火

焰光度法^[4]。

3 结果与分析

3.1 木豆的植株生长情况调查

从表 1 看出,随着木豆树龄的增加,其株高、冠幅、植株鲜重、根重、地径、根粗都大幅度增加,植株生长迅速,说明木豆适应金沙江干热河谷的环境。地表枯叶厚随树龄增加而加厚,这有利于土壤有机质含量的增加,还可防止雨水对地面的直接冲刷,减小地表径流量,防止水土流失。从表中可看出桃源点植株生长快于六德点,这主要是桃源乡海拔低,温度高的缘故,但同时表明在 1 500 m 海拔的六德乡木豆依然能生长良好,金沙江干热河谷大部分地区都适宜发展木豆。

表 1 木豆生长情况调查结果

树龄/a	地点	株高/cm	冠幅/m ²	地径/cm	鲜重/kg	根长/cm	根重/g	根粗/cm	根冠比	枯叶厚/cm
1	桃源	111.16±11.58	0.16±0.16	1.02±0.29	0.08±0.04	24.80±3.77	14.40±6.23	0.82±0.58	0.24±0.17	2.64±1.15
2	桃源	257.40±20.08	1.76±0.66	4.82±2.16	3.09±0.62	74.80±12.38	51.00±124.50	3.34±0.40	0.20±0.02	3.76±1.25
1	六德	91.00±20.58	0.04±0.03	0.07±0.02	0.06±0.02	24.40±4.56	18.00±12.55	0.72±0.55	0.99±1.68	0.03±0.21
2	六德	104.20±9.09	0.43±0.19	2.72±0.32	0.90±0.40	59.20±5.40	286.00±346.96	1.90±0.29	0.54±0.90	0.80±0.67
3	六德	258.02±55.17	1.93±0.45	3.44±0.95	4.40±3.31	116.60±12.76	374.00±298.96	3.02±0.70	0.10±0.06	3.10±0.55

注:各形态指标用 5 个数的平均值±标准差表示。

3.2 各树龄木豆植株 N,P,K 含量比较

从表 2 看出在永胜县桃源点 2 a 树龄的木豆 N 含量比 1 a 树龄的木豆增长了 16.1 倍;六德点 2 a 树龄的木豆 N 含量比 1 a 树龄的木豆增长了 31.3 倍,3 a 树龄的木豆 N 含量比 2 a 树龄的木豆增长了 3.5 倍。桃源点 2 a 树龄的木豆 P 含量比 1 a 树龄的木豆增长了 40 倍;六德点 2 a 树龄的木豆 P 含量比 1 a 树龄的木豆增长了 8.6 倍,3 a 树龄的木豆 P 含量比 2 a 树龄的木豆增长了 6.3 倍;桃源点 2 a 树龄的木豆 K 含量比 1 a 树龄的木豆增长了 31.8 倍;六德点 2 a 树龄的木豆 K 含量比 1 a 树龄的木豆增长了 12.7 倍,3 a 树龄的木豆 K 含量比 2 a 树龄的木豆增长了 5.6 倍。植株 N,P,K 含量随年份增加而大幅度地增加,表明木豆吸收和利用养分的能力较强。

表 2 不同株龄木豆单株 N,P,K 含量测定结果

		g/株		
树龄/a	地点	植株 N 含量	植株 P 含量	植株 K 含量
1	六德乡	6.00±2.06	0.15±0.07	0.19±0.11
2	六德乡	96.39±50.76	1.31±0.60	2.39±0.97
3	六德乡	341.48±133.11	8.38±6.14	13.46±9.49
1	桃源乡	8.40±4.66	0.15±0.09	0.35±0.19
2	桃源乡	262.75±68.72	6.17±0.38	10.82±2.12

注:植株氮、磷、钾含量用 5 个值平均值±标准差表示。

3.3 种植木豆的土壤养分变化

3.3.1 土壤全氮和速效氮含量变化

从表 3 看出不论是六德点还是桃源点,土壤中全氮和碱

解氮含量都随种植年限增加而增加。其中在桃源和六德两试验点种植 2 a 以上木豆的 0~30 cm 土壤碱解氮含量与对照之间差异极显著,六德点 3 a 树龄的 30~60 cm 土壤碱解氮含量与对照也达极显著差异,土壤中的氮养分不但不因木豆对氮的吸收而减少,反而显著增加,表明木豆有较强的固氮能力,种植木豆有固氮、培肥地力的作用。

3.3.2 土壤全磷和速效磷含量变化

不论是六德点还是桃源点土壤中全磷含量随木豆种植年限的增加而呈下降趋势,而速效磷是先增加后减少。在六德点速效磷含量 2 a 株龄>3 a 株龄>1 a 株龄>对照,桃源点 2 a 株龄>1 a 株龄>对照。桃源点和六德点种植 2 a 以上木豆的土壤速效磷含量比对照都显著提高,只是六德点种植 3 a 后由于植物的吸收比种植 2 a 的有所下降。这表明木豆能够把土壤固态磷变为速效磷,增加磷的有效性,这也许是木豆能够耐瘠薄成为先锋植物的重要原因。

3.3.3 土壤全钾和速效钾含量变化

六德点和桃源点的土壤中全钾含量随木豆株龄的增加而下降,但种植木豆的土壤全钾含量与对照无显著差异。种植木豆后速效钾含量有所增加,但增加不明显,土壤基本能满足木豆对钾的需求,不需补施钾肥。

3.3.4 土壤 pH 值的变化

六德点为石灰岩地区,土壤偏碱,桃源点为红壤,土壤偏酸,但木豆都生长良好,说明木豆有较广泛的适应性,种植木豆后土壤 pH 没有太大变化,也说明种植木豆不会造成土壤酸化等破坏。

表 3 不同样地土壤养分含量

采样地点	株龄/ a	距离/ cm	全氮/ (g · kg ⁻¹)	全磷/ (g · kg ⁻¹)	全钾/ (g · kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg · kg ⁻¹)	速效磷/ (mg · kg ⁻¹)	速效钾/ (mg · kg ⁻¹)	pH 值
六德乡	CK	0~30	1.39±0.28	1.75±0.41	27.40±2.24	15.89±3.52	10.86±1.71	139.49±16.49	7.90±0.21
六德乡	1	0~30	1.40±0.27	1.73±0.78	26.83±3.12	17.52±17.25	11.02±3.19	190.10±44.26	7.80±0.47
六德乡	2	0~30	1.44±0.40	1.70±0.27	26.39±0.84	21.05±10.48	14.11±0.72	140.85±8.15	8.00±0.13
六德乡	3	0~30	1.73±0.16	1.42±0.26	24.92±1.89	21.73±7.38	12.22±0.59	180.67±53.05	7.89±0.24
六德乡	CK	30~60	1.39±0.28	1.75±0.41	27.40±2.24	15.89±3.52	10.86±1.71	139.49±16.49	7.90±0.21
六德乡	1	30~60	1.43±0.17	1.71±0.33	27.28±2.62	16.16±4.62	11.47±5.62	230.29±24.59	7.80±0.22
六德乡	2	30~60	1.46±0.32	1.73±0.20	25.92±2.35	20.10±12.35	16.43±3.69	134.52±4.08	7.85±0.25
六德乡	3	30~60	1.67±0.31	1.40±0.31	24.32±1.90	24.72±29.60	12.30±0.43	184.64±44.16	7.92±0.14
涛源乡	CK	0~30	0.98±0.25	0.52±0.06	13.30±2.68	16.02±5.63	3.51±0.91	249.64±22.71	6.70±5.20
涛源乡	1	0~30	1.04±0.26	0.46±0.23	12.49±1.57	21.19±5.65	3.76±1.89	218.38±28.23	6.74±0.15
涛源乡	2	0~30	1.30±0.56	0.49±0.05	12.44±2.72	30.01±7.54	4.05±0.50	278.42±59.01	6.84±0.16
涛源乡	CK	30~60	0.98±0.25	0.52±0.07	13.30±2.68	16.02±5.63	3.51±0.91	249.64±22.71	6.69±5.20
涛源乡	1	30~60	1.09±0.26	0.50±0.17	13.08±0.78	22.54±8.01	3.72±0.57	219.37±41.69	6.57±0.26
涛源乡	2	30~60	1.02±0.12	0.49±0.05	12.29±1.86	20.64±3.24	5.20±2.51	261.05±51.19	6.49±0.22

注:全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾含量及 pH 值用 5 个值的平均值+标准差表示。

4 结论与讨论

(1)金沙江干热河谷脆弱生态区,气温高,年均降雨量小,蒸发量大,土壤膨胀系数高,植被破坏后很难恢复,造成土壤石漠化严重^[5],经过几年的实践认为:木豆耐旱、耐瘠,只要正常出苗后在十分干旱的情况下(2003 年涛源年降雨量只有 380 mm)也可以正常生长,而且木豆对土壤酸碱度有较广的适应性,作为先锋植物在金沙江干热河谷生态恢复中可发挥重要作用。

(2)木豆作为一种豆科作物,与根瘤菌共生,具有较强的固氮能力^[6],种植木豆后土壤中全氮、碱解氮都有较大增加,表明种植木豆可以固氮、培肥地力。

(3)木豆吸收利用磷的能力与木豆在低磷条件下能分泌番石榴酸、琥珀酸、柠檬酸有关,木豆溶解 Fe-P 的分泌物主要来自根尖^[7],分泌物能把土壤中无效态 Fe-P、Al-P 释放为有效态的 P,所以木豆能很好地利用土壤中的固态磷^[8]。拜得珍、纪中华等对金沙江干热河谷 4 种间作模式进行了研究,结果表明:木豆+酸角模式,土壤速效磷含量增加^[9]。本研究的结果也证实这一点,种植木豆后土壤中全磷含量降低,而有效磷含量增加,这也许是木豆能够耐瘠薄的重要原因。速效磷在木豆生长的前两年内成上升趋势,第 3 年其含量虽然仍高于对照,但却显著降低,因此在木豆多年生栽培中应该适当补充磷肥。

(4)木豆的综合利用。养殖山羊是当地山区农民的重要经济来源,过去由于过度放牧,加剧了该地区土壤沙化和石漠化。木豆不但生物产量高,营养价值好,木豆干叶粗蛋白含量为 11.0%,籽粒蛋白质含量高达 23%^[10],而且一年常绿,可进行多次采割嫩茎叶作优良青饲料,在利用木豆恢复生态的同时,结合发展畜牧业开展木豆综合利用研究,这既

可保证生态恢复的可持续性,又可促进当地经济的发展。

参考文献:

[1] 陈默君,贾慎修. 中国饲用植物[M]. 北京:中国农业出版社,2000. 445—446.

[2] 纪中华,刘光华,段曰汤,等. 金沙江干热河谷脆弱生态系统植被恢复及可持续生态农业模式[J]. 水土保持学报,2003,17(5):19—22.

[3] 谢华安,王乌齐,杨惠杰,等. 杂交水稻超高产特性研究[J]. 福建农业学报,2003,18(4):201—204.

[4] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000.

[5] 方向京. 云南金沙江流域退耕还林还草工程的思考[J]. 水土保持研究,2001,8(4):97—99.

[6] Panikker M R. Altenalefuelarhar stalk[J]. Indian Farming, 1950,(11):496—451.

[7] Ishikawa S, Adu-Gyamfi. Genotypic variability in phosphorus solubilizing activity of exudates by pigeonpea grown in low-nutrient environments [J]. Plant and Soil, 2002,245:71—81.

[8] Noriharu A, Arihara J. Phosphorus uptake by pigeonpea and its role in cropping systems of the Indian subcontinent[J]. Science, 1990,248:477—480.

[9] 拜得珍,纪中华,杨艳鲜,等. 3 种复合种植模式对退化红壤质量恢复的初探[J]. 水土保持学报,2005,19(1):160—167.

[10] 戈尔. 热带饲料[M]. 意大利罗马:联合国粮食及农业组织,1981. 148—149.