

花岗岩侵蚀区优良水土保持绿肥的选择及评价研究

王昭艳^{1,2}, 杨 洁², 喻荣岗², 刘柏根³

(1. 中国林业科学研究院 林业研究所, 北京 100091; 2. 江西省水土保持科学研究所, 南昌 330029;

3. 江西省宁都水土保持局, 江西 宁都 342800)

摘 要: 选择 9 种绿肥在江西宁都的花岗岩侵蚀区进行 3 a 定位试验, 通过对出苗率、成活率、平均分蘖数、覆盖度、地上部分浸水容重、根系鲜重、地上部分生物鲜重、土壤有机质等指标进行观测, 并采用层次分析法和模糊数学方法对试验品种进行综合评价, 从中优选出印度豇豆、大叶猪屎豆、小叶猪屎豆、木豆和草木樨 5 种优良绿肥品种在花岗岩侵蚀区生长良好。

关键词: 水土保持; 花岗岩侵蚀区; 绿肥

中图分类号: S157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)06-0418-03

Selection and Evaluation of Soil and Water Conservation's Green Manure in Granite Erosion Area

WANG Zhao yan¹, YANG Jie², YU Rong gang², LIU Bai gen³

(1. The Research institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China; 2. Jiangxi Provincial Research Institute of Soil and Water Conservation, Nanchang 330029; 3. Soil and Water Conservation Bureau in Ningdu County, Ningdu, Jiangxi 342800, China)

Abstract: 9 kinds of green manure were selected to plant in granite erosion area, Ningdu county, Jiangxi Province. Based on three years field test and investigated some indices of test green manure including rate of seedlings emergence, survival rate, average tiller number, vegetation coverage, fresh weight of root, upland part of grass's unit weight and biomass, soil organic matter etc., the study used the method of Analytic Hierarchy Process (AHP) and Fuzzy Mathematics to evaluate these green manure. The result showed *Viagna sinensis* Savi, *Viagna sinensis* Savi, *Crotalaria linifolia* var. *stenophylla*, *Cajanuscajan* and *Melilotus albus* Desr grow well in the test area. And these green manures were suitable to plant some areas which had the similar nature condition to the test area.

Key words: soil and water conservation; granite erosion area; green manure

花岗岩广泛分布在我国南方各省市、自治区, 总面积达 23.9 万 km²[1]。花岗岩由于本身岩体特性以及高温多雨的气候条件, 其物理的机械破碎和化学风化作用十分强烈, 地表风化层疏松, 抗侵蚀能力弱, 并为径流冲刷提供了大量松散固相物质, 尤其是在地表植被遭受破坏时, 往往产生严重的土壤侵蚀, 由侵蚀细沟发育成浅沟、切沟, 甚至发育成崩岗沟。目前, 花岗岩侵蚀区是我国南方的主要土壤侵蚀区, 其土壤流失面积达 19.7 万 km², 占花岗岩分布总面积的 82.4% [1], 占红壤区侵蚀总面积的 28.58% [2]。

快速、有效地恢复植被, 改善土壤结构、提高土地肥力是治理花岗岩侵蚀区积极有效的措施。在侵蚀劣地种植绿肥, 不仅可以用较短的时间恢复植被, 覆盖地表, 而且根系深入土层可固结土粒, 聚积养分, 提高土壤地力, 有利于植物的生长; 根茬和茎叶腐烂后, 还能增加土壤有机质, 增进土壤团粒结构, 加强土壤蓄水保水能力, 提高土壤抗蚀、抗冲能力, 防治水土流失。因此, 种植绿肥是花岗岩侵蚀区治理水土流失的一条有效途径。

本研究选择 9 种绿肥进行定位试验, 运用模糊数学和层次分析法原理, 对实地观测结果建立评价模型, 开展优良水土保持绿肥的选择及评价研究, 找出花岗岩侵蚀区见效快, 效益高的绿肥, 为花岗岩侵蚀区的植被恢复以及水土流失的治理提供一定的依据。

1 试验区概况

试验区位于江西省宁都县境内, 属亚热带湿润季风气候, 气候温和湿润, 四季更迭分明。根据宁都县气象局多年统计资料, 多年平均降水量为 1604 mm, 无霜期 279 d, 多年平均气温 18.7℃, ≥10℃的活动积温 5795.4℃, 大风日数 7 d, 年均日照时数 1938.6 h, 太阳总辐射量 460 kJ/cm²。

定位试验样地布设区域均属丘陵地貌, 地形破碎。土壤为花岗岩发育而来的红壤, A 层表土已经流失殆尽, 地表裸露的多为花岗岩风化壳的粗砂土层, 砂砾含量达 55%~60%, 侵蚀类型以沟蚀为主, 侵蚀程度为中度。地带性植被为亚热带常绿阔叶林, 现存植被类型主要以稀疏灌丛为主,

*收稿日期: 2006-12-01

基金项目: 国家农业科技成果转化资金项目(02EFN213601114)

作者简介: 王昭艳(1974-), 女, 江西南丰人, 在读博士, 主要从事林业生态和水土保持研究。

通信作者: 杨洁(1958-), 女, 教授级高工, 博士, 主要从事水土保持生态环境和植物分子生物学研究。

植物种类有硬骨草、铁芒萁、芭茅、地衣等。

2 试验布设与研究方法

2.1 参试品种

根据实地调查的结果,选择乡土品种、以前引种表现良好以及新引进的品种。具体品种见表 1。

表 1 参试绿肥品种

绿肥品种	拉丁文学名
印度豇豆	<i>Viagna sinensis</i> Savi
大叶猪屎豆	<i>Crotalaria assamica</i> Benth
小叶猪屎豆	<i>Crotalaria linifolia</i> var. <i>stenophylla</i>
木豆	<i>Cajanuscajan</i>
绿豆	<i>Phaseolus radiatus</i>
草木樨	<i>Melilotus albus</i> Desr
望江南	<i>Cassiaoccidentalis</i> L.
决明	<i>Cassia tora</i> Linn.
多花木兰	<i>Magnolia multiflora</i>

2.2 试验布设

野外试验在花岗岩中度侵蚀区修建的水平地上进行,采取定位试验方法,建立固定的试验区样地。单个绿肥试验样地面积为 180 m²,每个绿肥品种设置 3 次重复。连续 3 a 在野外试验比较。2002 年春季播种,播种的株行距为 0.30 m × 0.40 m,播前进行整地,深度为 15–20 cm,播后覆薄土。生长过程中不施肥,不灌溉,只在苗期除草。

2.3 观测指标的内容与方法

- (1) 物候期观测。每小区调查 25 株。
- (2) 成活率和保存率。第二年 5 月调查保存率,连续调查 3 a。

表 2 供试绿肥试验评价指标观测值

品种	$C_1/\%$	C_2/cm	$C_3/\text{支}$	C_4/cm	C_5/mm	$C_6/(\text{t} \cdot \text{hm}^{-2})$	$C_7/(\text{t} \cdot \text{hm}^{-2})$	$C_8/(\text{g} \cdot \text{kg}^{-1})$
印度豇豆	94.50	188.00	3.50	148.00	2.34	6.74	49.50	10.50
大叶猪屎豆	95.10	103.00	6.70	58.60	0.91	4.61	42.60	11.40
小叶猪屎豆	92.60	94.30	4.70	50.80	1.33	4.95	40.40	11.10
木豆	94.00	146.80	7.30	98.10	0.83	5.96	33.50	10.70
绿豆	96.40	40.60	3.00	39.50	1.14	1.67	20.00	10.30
草木樨	88.10	95.00	4.30	65.90	1.23	1.75	29.70	10.70
望江南	64.10	62.70	3.20	53.30	1.57	3.51	4.60	10.50
决明	64.00	40.70	2.00	46.00	1.01	1.55	5.50	10.90
多花木兰	91.90	95.00	4.60	65.90	0.34	4.59	12.50	9.90

表 3 各项评价指标的分级界限值

C_j	优	较优	良	较差	差	d	差值
$C_1/\%$	96.40	88.30	80.20	72.10	64.00	8.10	32.40
C_2/cm	188.00	151.15	114.30	77.45	40.60	36.85	147.40
$C_3/\text{支}$	7.30	5.98	4.65	3.33	2.00	1.33	5.30
C_4/cm	148.00	120.88	93.75	66.63	39.50	27.13	108.50
C_5/mm	2.34	1.84	1.34	0.84	0.34	0.50	2.00
$C_6/(\text{t} \cdot \text{hm}^{-2})$	6.74	5.44	4.15	2.85	1.55	1.30	5.19
$C_7/(\text{t} \cdot \text{hm}^{-2})$	49.50	38.50	27.50	16.50	5.50	11.00	44.00
$C_8/(\text{g} \cdot \text{kg}^{-1})$	11.40	11.03	10.65	10.28	9.90	0.38	1.50

3.2 建立评判集

建立表示水土保持植物对应种植区域的适应性评价的适应程度的评判集 $V = \{V_1, V_2, V_3, V_4, V_5\}$, V_1, V_2, V_3, V_4, V_5 分别对应评语为优,较优,良,较差,差。本研究将 C_j ($j = 1, 2, 3, \dots, 8$) 分成 5 个等级,级距以 $d = (C_{j\max} - C_{j\min}) / 4$ 来确定,根据 d 来确定 C_j 的分级。

3.3 建立单因素评判矩阵

再建立单因素评判矩阵(R),即建立一个从评价指标集

(3) 生长发育调查。10 月底或 11 月初对所有品种的株高、地径、冠径、分枝(分蘖),覆盖度用线段法调查、生物量用收获法进行调查,每区按对角线法调查 5 个 1 m² 小区生物量,换算成 1 hm² 的生物量。

(4) 根系调查。利用剖割面法进行调查。

(5) 地上部分浸水容重。分别在处理区标准地内采用随机取样的方法,选定面积 1 m²,重复 2~3 次。测定风干后重量。称重后浸入水中 24 h 捞出,不滴水时称重,以湿重减去干重,除以样方面积,即为枯落物水容量。

(6) 土壤有机质分析。试验前后分别取 0–20 cm 土层混合样,采用重铬酸钾法进行分析。

2.4 数据处理

所有的数据用 DPS 软件中相关的程序处理。

3 结果分析

3.1 确定评价指标

评价指标的筛选应遵循主导因素原则、差异性原则和稳定性原则,即选择评价对象的参评因子既要与水土保持效能有较好的相关性,又要有明显的空间差异性和时间的稳定性。

本研究选择出苗率(C_1)作为适宜性指标;株高(C_2)、主茎分枝数(C_3)作为生长状况指标;冠幅(C_4)、地上部分浸水容量(C_5)、根系鲜重(C_6)作为水土保持指标;地上部分生物鲜重(C_7)为经济效益指标;土壤有机质(C_8)为改善土壤肥力,构成绿肥试验水土保持效益评价指标集 $C = \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8\}$,并对相应的绿肥试验进行逐年调查,各指标的观测平均值详见表 2。

(C)到 $F(V)$ 的模糊映射,最后构成了一个综合评判模型 $F(C, V, R)$ 。矩阵 R 中的 r_{ij} 是 R 的隶属函数, $r_{ij} \in [0, 1]$,表示第 j 个指标对评价植物种类各项指标第 i 种评价的可能程度, r_{ij} 的确定方法是如落在某一种评语上隶属度为 1,介于两评语之间则采用 0–1 插值法确定。利用这种方法可以确定任何一种绿肥的 R 。

3.4 确定指标权重

水土保持绿肥的适宜性是多种因素综合作用的结果,不

仅每一种评价指标对适宜性的影响是复杂的,而且指标之间也是相互联系相互制约,各个评价指标所占权重的大小,在一定程度上也反映单个评价指标等级能力。评价指标权重集(A)的确定方法有很多种,本次研究利用层次分析法(AHP)原理^[3],通过建立指标梯阶层次结构(详见图1),构造两两比较判断矩阵,根据计算结果确定各个指标的权重,赋予各指标的权重值。



图 1 草本试验评价指标层次结构

计算出评价指标权重集 $A = \{0.0634, 0.0133, 0.0200, 0.3271, 0.0540, 0.1317, 0.1290, 0.2615\}$, 层次总排序一致性检验 $CR = 0.0332 < 0.10$, 说明判断矩阵具有满意的一致性。

3.5 综合评价

在单因素评判矩阵(R)与评价指标权重集(A)求出之后,建立模糊综合评判矩阵模型 $y = A \circ R$:

$$y = (a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8) \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{15} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{25} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{81} & r_{82} & \dots & r_{85} \end{pmatrix}$$

根据模糊综合评判矩阵模型 $y = A \circ R$, 计算出评价结果,并对结果进行相应的归一化处理,按照模糊数学最大隶属度原则进行综合评价,评价结果详见表 4。

从评价的结果可知,试验区表现优或较优的绿肥有印度豇豆、大叶猪屎豆和小叶猪屎豆,可以在试验区进行推广;表现良好的有木豆和草木樨;表现较差有望江南和多花木兰;表现差的有绿豆和决明,主要原因是青苗保存率低,根系浅,主根长都在 30 cm 以下,须根量少,难以适应花岗岩侵蚀区缺水缺肥的土壤条件。

(上接第 417 页)

5.3 其它用地

全市水域的变化主要集中在石总场,其次是玛管处(表 4)。未利用地相对变化排在前三位的依次是市区、石总场和石河子乡(表 4)。这种变化主要与市区迅速扩张,石河子乡、石总场的开发区、建制镇的快速建设及开发整理新增耕地有很大关系。

6 结论与讨论

(1) 1992-2004 年石河子市土地利用变化中,正向变化方面:以园地的变化最为显著,其余依次是林地、交通用地、居民点工矿用地的变化。前两者的增加得益于城市特色农业和生态建设,后两者的变化则主要是城镇建设发展的驱动。而负变化方面,则是以未利用地和耕地的变化最为明显。这主要是城市建设和农业结构调整占用大量的耕地和未利用地的结果。

表 4 供试绿肥试验适宜性评价结果(y 值)

品种	优	较优	良	较差	差	评语
印度豇豆	0.7036	0.01456	0.1763	0.1052	0.0000	优
大叶猪屎豆	0.3738	0.1476	0.1011	0.2809	0.0981	优
小叶猪屎豆	0.1082	0.4285	0.1283	0.1445	0.1897	较优
木豆	0.1171	0.2675	0.5619	0.0529	0.0011	良
草木樨	0.0000	0.1225	0.3951	0.3627	0.1218	良
望江南	0.0000	0.0248	0.2533	0.4691	0.2521	较差
多花木兰	0.0282	0.0807	0.1125	0.4082	0.3718	较差
绿豆	0.0634	0.0000	0.0909	0.3798	0.4653	差
决明	0.0000	0.1743	0.0863	0.0968	0.6416	差

4 结论与建议

(1) 在花岗岩侵蚀区种植绿肥能迅速覆盖地面,避免雨水直接溅击地面,拦阻径流,降低流速,减轻冲刷,增加地面水的渗透量,对保土防冲有重大作用,可迅速控制水土流失,是一条有效的水土流失治理途径。

(2) 对供试的 9 个绿肥品种进行评价,从中筛选出适应性强,生长好,枝叶繁茂,根系发达的印度豇豆、大叶猪屎豆、小叶猪屎豆、木豆和草木樨 5 种优良品种,在无灌溉而干旱严重的情况下都能正常生长,适宜在花岗岩侵蚀区推广种植。

(3) 筛选出来的优良绿肥植物,在治理水土流失过程中,可以单独与其他绿肥混播种植;而表现良或较差则应与其他优良绿肥混播,才能达到较明显的水土保持效果;表现差的绿肥难以适应试验区缺水缺肥的立地条件,不适宜种植。各地可以根据当地的自然环境条件和社会经济状况,因地制宜地合理种植,充分发挥其综合效益。

参考文献:

- [1] 张洪江,王礼先.长江三峡花岗岩坡面土壤流失特性及其系统动力学仿真[M].北京:中国林业出版社,1997.
- [2] 陈志彪,朱鹤健,等.水土流失治理后的花岗岩侵蚀地植物群落特征[J].福建师范大学学报:自然科学版,2005,21(4):97-102.
- [3] 刘洋,等.层次分析法在应用几个问题[J].温州大学学报:自然科学版,2002(4):67-68.

(2) 石河子市土地利用类型变化较大,但前、后期引起土地利用类型转移的驱动因素有很大的不同。前期是农业结构调整,大量的耕地转化为园地、林地;后期为城市扩张,非农建设占用农用地,特别是占用耕地现象日益突出为主要特点。土地利用结构空间也发生了较大变化,且有明显的地域差异。总体变化表现出市郊土地利用空间结构的变化大于市区;乡镇大于城市的特点。

(3) 在土地利用强度上,市区、石总场、石河子乡、152 团、农科院的土地利用处于发展期,以市区最为显著,石总场次之;而农学院和玛管处则处于土地利用的调整期或衰退期。全市各土地利用地类变化同样存在明显的区域差异。

上述土地利用变化的特点,正是近些年来石河子市一方面发展经济带动城市迅速扩张,另一方面大力植树造林,增加绿地,改善城市面貌,建设生态城市,并获得联合国“人居环境改善良好范例城市”这两大特点在土地利用变化上的反映。

(下转第 423 页)