

应用灰色分析选择坡耕地水土保持牧草草种的研究

字淑慧<sup>1</sup>, 段青松<sup>2</sup>, 吴伯志<sup>1</sup>, 黄必志<sup>3</sup>

( 1. 云南农业大学农学与生物技术学院;  
2. 云南农业大学水利水电学院, 昆明 650201; 3. 云南省肉牛和牧草研究中心, 昆明 650212)

摘 要: 应用灰色系统中的关联分析法对 9 种牧草的总盖度、草层高度、根系入土深度、青绿期、越冬率、抗病性、分蘖数、根长、根数、根重、茎叶干重、适口性等 12 项主要性状进行了综合评估, 并讨论了灰色分析法在选择坡耕地水土保持牧草草种综合评估中的应用。结果表明, 在参试的 9 个品种中, 以翠碧高羊茅的综合性状最佳, 第二为迈洛克高羊茅, 第三为雷得昆红三叶, 草地早熟禾的优异和新哥来德最差, 其它品种居中。

关键词: 坡耕地; 水土保持; 灰色分析; 草种

中图分类号: S 157. 433 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409( 2006) 02-0061-03

Applying Gray System to the Selection of Grass Species of Soil and Water Conservation

ZI Shu-hui<sup>1</sup>, DU AN Qing-song<sup>2</sup>, WU Bo-zhi<sup>1</sup>, HUANG Bi-zhi<sup>3</sup>

( 1. Faculty of Agronomy and Biotechnology, YAU;  
2. Faculty of Water Resource, Hydranlic and Architecture, YAU, Kunming 650201;  
3. Yunnan Beef Cattle and Herbage Research Center, YAU, Kunming 650212, China)

**Abstract:** Applying the relevant analysis approach of gray system, the authors analyze and assess the average of 9 pasture species on the 12 indexes, including the total covering rate, the hight of grass, green period, reviving period, resisting disease, tiller, length and amount of root, weight of root, weight of leaf and stem, tasty impression, and study the application of gray analysis in the comprehensive assessment. The results showed that Tall fescue Traple is the best, Tall fescues Melike is the second, Red clove Redquin is the third, Award of Kentucky bluegrass the worst and the others in the middle in introduced 9 species, according to soil and water conservation and forage grass.

**Key words:** sloping field; soil and water conservation; relevant analysis approach of gray system; grass species

随着坡耕地可持续农业的发展和农业产业结构的调整, 种植牧草越来越得到人们的重视和利用。它不但可以防治坡地水土流失、提高坡耕地持续利用年限, 而且是农牧结合的纽带; 我国许多学者对牧草在坡耕地上的应用也做了大量的研究。如我国的卢宗凡( 1989) <sup>[1]</sup>、廖绵浚( 1990) <sup>[2]</sup>、雷元静( 1991) <sup>[3]</sup>、储国良( 1998) <sup>[4]</sup>、董闻达( 1999) <sup>[5]</sup>、许锋( 2000) <sup>[6]</sup>等介绍了不同牧草在丘陵坡地上的水土保持效果及利用。通过以上大量研究表明, 牧草能否有效的保持水土并加以利用, 与草种的选择密切相关; 如何综合评价不同草种已成为坡地水土保持草种选择的重要环节。迄今, 对坡耕地水土保持牧草的评价多限于对其盖度、密度、产草量等可测数值进行量化来评定草的优劣。实际上, 坡耕地水土保持牧草的优劣是由诸多因素决定的, 并非完全决定于上述可测值, 如适应性、抗逆性、耐瘠薄能力、分蘖能力、生长速度、根系生长状况、青绿期等也是衡量水土保持牧草优劣的重要条件<sup>[7~11]</sup>。因此, 水土保持

草种评定应客观地综合诸多因素才有现实意义。而一般常用的定量分析方法都是数理统计或多元分析法, 往往要求有大量样本和典型的概率分布, 在现实中对多个牧草进行水土保持定理分析较难实现; 用灰色系统关联分析法可以克服上述方法之不足, 提供在贫信息情况下解决系统问题的新途径。灰色系统是指既含有已知的又含有未知的或不确定因素的信息系统。灰色系统关联分析法是控制论与运筹学相结合的一种数学方法, 它能够较好地处理贫信息系统的问題<sup>[12, 13]</sup>。为此, 我们选用云南广泛种植的 9 种牧草, 通过田间试验和盆栽试验相结合, 应用灰色关联分析法研究了牧草的水土保持性能, 为类似地区选择水土保持草种提供理论依据。

1 材料与方法

1. 1 供试品种

禾本科的弯叶画眉草[ *Eragrostis curvula*( Shrad. ) ]; 高

<sup>1</sup> 收稿日期: 2005-05-17  
基金项目: 教育部骨干教师项目资助, 教技司[ 2000] 65  
作者简介: 字淑慧( 1971- ), 女, 农学硕士, 讲师, 主要从事水土保持方面的研究; 通讯作者: 吴伯志( 1960- ), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事作物栽培与耕作和水土保持方面的研究

© 1994-2013, China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

羊茅(*Festuca arundinacea*)的迈洛克、翠碧;多年生黑麦草(*Lolium perenne*)的多福、光脚丫早熟禾(*Poa Pratensis*)的新哥来德、优异。豆科的三叶草(*Trifdium*)雷得昆、IVORY。以上品种均由云南省肉牛和牧草研究中心提供。

1.2 试验设计

试验设为田间试验和盆栽试验两部分。

1.2.1 田间试验

设在云南农业大学教学科研农场内的坡耕地上(N25°18',E102°45',海拔1 930 m),土壤为沙质红壤,肥力中等。试验设每个草种一个处理,小区面积为2.5 m×0.4 m,随机区组设计,3次重复,草种均于2002年7月7日撒播播种,播种量为150 kg/hm<sup>2</sup>,底肥施用复合肥705 kg/hm<sup>2</sup>;播种前精细整地后,耙平做畦,并从种子出苗和次年返青后,每星期人工去除杂草一次;当播种50 d时,混合喷施敌杀死、土虫灭、农地乐、呋喃丹防治地老虎、蚂蚁和蚯蚓的危害;播种65 d时喷施敌白虫和钾胺磷,防治地老虎的危害;播种80 d时喷施粉锈灵防治锈病。

1.2.2 盆栽试验

设在教学科研农场内。试验设每个草种一个处理,6次重复,共54盆,盆上内径25 cm、下内径15 cm、深36 cm,盆内定植10株;盆中用膨胀珍珠岩作为固定基质,营养液配方和浓度采用“日本园试配方营养液”,稀释水为水管水(pH值为6.5、导电度为0.18 ms/cm);并据草生长情况,每隔1 d,定时定量加入标准浓度的营养液400~1 500 ml;每天定时观察植株生长情况,一旦发现病虫害,及时防治。

1.3 观测项目及方式

1.3.1 田间试验

观测总盖度、草层高度、根系入土深度、越冬率、抗病性和青绿期6项指标。总盖度采用样点法、草层高度和根系入土深度采用直接测量法<sup>[14~17]</sup>、越冬率和抗病性采用目测打分法<sup>[14]</sup>、青绿期采用目测法<sup>[14]</sup>,观测时间为播种30 d和返青30 d起,每隔15 d观测一次,每次先对越冬率和抗病性进行打分,再测量总盖度和70%草所在的高度为草层高度之后,每个小区挖出一个剖面,测量根系入土的最深度;青绿期为次年返青后至30%以上的植株保持青绿的时间长度。

1.3.2 盆栽试验

从播种30 d起,每隔15 d,观测每个草种的丛高、分蘖数、根长、根数、根系和茎叶的干鲜重等指标。

1.4 评价指标的选择

由于我省的坡耕地大多为雨养农业、水土保持能力弱、土层薄、土壤肥力低、投入少、耕作和管理粗放,所选的草种应既能防治水土流失,又具有生长迅速、耐瘠薄、耐旱、适应性和抗逆性强、易于种植和管理、利用方式多种多样等特点<sup>[7,8]</sup>。所以,这些草种应具有总盖度高、绿期长、抗逆性强、分蘖能力强、生长快、根系发达,地上部分能被利用、适口性好、使用寿命长,易于管理等特点。因此,本试验将总盖度、草层高度、根系入土深度、分蘖数、根长、根数、根系干重、茎叶干重、青绿期、越冬率、抗病性、适口性12观测项目确定为评价指标。其中,适口性采用打分法,极好为10分,好为9分,较好为8,较差6分,很差为4分。

2 关联度分析

灰色系统中关联度分析是对于一个发展变化系统进行发展态势的量化比较。其基本思想是根据曲线几何形状的相似程度来判定关联程度。

设参考数列为 $X_0$ ,被比较数列为 $X_i,i=1,2,3,\dots,n$ ,且 $X_0=\{X_0(1),X_0(2),X_0(3),\dots,X_0(n)\}$ , $X_i=\{X_i(1),X_i(2),X_i(3),\dots,X_i(n)\},i=1,2,3,\dots,n$ ,则称:

$$\zeta(k)=\frac{\min_i\min_kx_0(k)-x_i(k)+\rho\max_i\max_kx_0(k)-x_i(k)}{x_0(k)-x_i(k)+\max_i\max_kx_0(k)-x_i(k)}$$

(1)

为在 $k$ 点比较数列与参考数列的关联系数; $x_0(k)-x_i(k)$ 是参考数列与比较数列的绝对差; $\min_i\min_kx_0(k)-x_i(k)$ 是两级(两个层次)的最小差, $\max_i\max_kx_0(k)-x_i(k)$ 是两级(两个层次)的最大差; $\rho$ 是分辨系数,是为削弱最大绝对差值太大而使关联系数失真而设定的,一般选 $\rho$ 为0.5。由于关联系数数目较多,信息不集中,不便于比较,为此,将比较数列 $X_i$ 与参考数列 $X_0$ 各点的关联系数平均值 $r_i$ 定义为比较数列与参考数列的关联度。计算公式如下:

$$r_i=\frac{1}{n}\sum_{k=1}^n\zeta(k)$$

(2)

由 $r_i$ 依大小排成的数列称为关联数列,根据排序位次即可确定各比较数列对参考数列影响程度的重要性。以下分步对供试品种进行评估。

表 1 参考品种与供试品种主要性状平均值(2 年历次平均)

处理	总盖度 /%	草层高度 /cm	根入土深 度/cm	越冬率 %	抗病性 %	青绿期	分蘖数/ (苗·丛 <sup>-1</sup> )	根长 /cm	根数/ (条·丛 <sup>-1</sup> )	根干重/ (g·丛 <sup>-1</sup> )	茎叶干重/ (g·丛 <sup>-1</sup> )	适口性
参考品种( $x_0$ )	100	60	32	100	100	300	37	33	85	2	4	10
迈洛克( $x_1$ )	82.2	28.5	26.4	59.6	90.0	258.0	15.5	28.9	66.7	1.3	3.2	6
翠碧( $x_2$ )	81.7	26.6	25.1	83.5	95.0	262.0	16.3	27.1	81.5	1.2	3.1	6
雷得昆( $x_3$ )	50.8	19.5	27.6	65.2	82.0	224.0	13.3	30.9	56.4	0.8	1.9	10
IVORY( $x_4$ )	68.3	20.4	27.4	71.7	88.0	217.0	8.8	29.9	48.7	0.7	1.7	8
优异( $x_5$ )	70.5	11.0	19.4	54.4	54.0	219.0	15.3	21.1	50.9	0.1	0.7	8
新哥来德( $x_6$ )	61.1	10.9	18.8	60.2	52.0	222.0	16.4	20.6	62.8	0.2	0.9	8
光脚丫( $x_7$ )	84.8	18.5	21.9	76.9	70.0	225.0	19.6	22.1	62.0	0.9	2.7	8
多福( $x_8$ )	83.8	27.5	24.4	56.9	75.0	216.0	16.3	26.9	56.3	1.2	3.3	8
鸾叶画眉草( $x_9$ )	82.2	43.6	23.5	69.3	98.0	199.0	13.7	27.3	26.4	1.0	2.8	4

表 2 供试品种与‘参考品种’的关联系数

处理	总盖度 / %	草层高度 / cm	根入土深度 / cm	越冬率 / %	抗病性 / %	青绿期	分蘖数/ ( 苗 · 丛 <sup>-1</sup> )	根长 / cm	根数/ ( 条 · 丛 <sup>-1</sup> )	根干重/ ( g · 丛 <sup>-1</sup> )	茎叶干重/ ( g · 丛 <sup>-1</sup> )	适口性
迈洛克	0. 725	0. 472	0. 728	0. 537	0. 824	0. 770	0. 447	0. 791	0. 685	0. 556	0. 701	0. 540
翠碧	0. 720	0. 458	0. 685	0. 740	0. 904	0. 787	0. 456	0. 724	0. 918	0. 540	0. 664	0. 540
雷得昆	0. 488	0. 410	0. 773	0. 574	0. 723	0. 649	0. 423	0. 881	0. 582	0. 429	0. 472	1. 000
IVORY	0. 597	0. 415	0. 766	0. 624	0. 796	0. 629	0. 381	0. 831	0. 523	0. 410	0. 449	0. 701
优异	0. 614	0. 365	0. 545	0. 507	0. 505	0. 635	0. 445	0. 566	0. 539	0. 333	0. 365	0. 701
新哥来德	0. 547	0. 365	0. 532	0. 541	0. 494	0. 644	0. 457	0. 554	0. 642	0. 342	0. 380	0. 701
光脚丫	0. 755	0. 404	0. 597	0. 670	0. 610	0. 652	0. 500	0. 587	0. 634	0. 449	0. 583	0. 701
多福	0. 744	0. 465	0. 663	0. 521	0. 652	0. 626	0. 456	0. 716	0. 581	0. 537	0. 715	0. 701
弯叶画眉草	0. 725	0. 633	0. 639	0. 605	0. 959	0. 582	0. 427	0. 729	0. 405	0. 472	0. 619	0. 439

2.1 构造‘参考品种’

所谓‘参考品种’就是各性状达到参试品种中最优的理想品种。确定‘参考品种’的办法根据选择目标而定,一般取比供试品种各性状之最优值略好一点的数值。供试品种各主要性状指标平均值列于表 1, 以此构成的数列为比较数列  $X_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 9$ )。把所有供试品种视作一个灰色系统, 构造出一个‘参考品种’, 构成的数列为参考数列  $X_0$ 。计算各供试品种与参考品种之间的关联度, 从而确定供试品种的优劣。

2.2 原始系列无量纲处理

把不同对象置于同一研究空间内, 才具有可比性, 这要求对原始数列进行预处理, 消除各数列的量纲。选用  $X_0$  数列分别去除  $X_i$  数列, 得到一个占平均值比例为多少的无量纲新数列  $X_{(i)}$  ( $K = 1, 2, 3, \dots, 9$ )。然后根据公式( 1) 计算比较数列与参考数列在各个点的关联系数, 见表 2。

2.3 关联度计算及排序

据公式(2), 得到各供试品种与参考品种关联度见表 3; 通过比较关联度大小, 可以从总体上说明比较序列与参考序列之间的密切关系程度。

表 3 供试品种与‘参考品种’的关联度

处理	迈洛克	翠碧	雷得昆	IVORY	优异	新哥来德	光脚丫	多福	弯叶画眉草
等权关联度	0. 6480	0. 6780	0. 6171	0. 5936	0. 5100	0. 5166	0. 5953	0. 6147	0. 6028
排序	2	1	3	7	9	8	6	4	5

从表 3 可以看出, 翠碧高羊茅与参考品种的关联度参考文献:

[ 1 ] 卢宗凡. 丘陵沟壑区山坡地草粮带状间轮作水土保持效应的研究[J]. 耕作与栽培, 1989, ( 5 ): 46– 48.

[ 2 ] 廖绵浚. 百喜草在水土保持上的研究及应用[J]. 台湾水土保持论丛( 增订 6 版 ), 1990: 111– 146.

[ 3 ] 雷元静. 黄丘三副区坡耕地保土保水农牧结合种植模式研究[J]. 中国水土保持, 1991, ( 10 ): 10– 14.

[ 4 ] 储国良, 付反生, 王敬根, 等. 百喜草对丘陵坡地水土保持上的效果及应用技术[J]. 江苏农业科学, 1997, ( 6 ): 45– 47.

[ 5 ] 董闻达. 百喜草在水土保持坡地农业应用前景初探[J]. 水土保持通报, 1999, 19( 2 ): 225– 227.

[ 6 ] 许锋. 香根草植物篱控制坡地侵蚀与养分流失研究[J]. 山地农业生物学报, 2000, 19( 2 ): 75– 82.

[ 7 ] 魏淑梅. 水土保持农牧技术措施[M]. 北京: 水利电力出版社, 1994. 157– 162.

[ 8 ] 黄必志, 吴伯志. 草带防止水土保持的效应[J]. 北京林业大学学报, 2000, 22( 2 ): 84– 85.

[ 9 ] 陈功, 贺兰芳. 西部水土流失区适宜草种及其筛选原则[J]. 种子, 2004, 23( 3 ): 54– 57.

[ 10 ] 韩玉峰, 茅庭玉. 几种多年生豆科牧草的水土保持效应[J]. 草业科学, 1993, 10( 2 ): 6– 10.

[ 11 ] 张启民, 张文婷. 晋西黄土丘陵沟壑区几种优质牧草水土保持效益的研究[J]. 山西水土保持科技, 1998, ( 4 ): 13– 15.

[ 12 ] 邓聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1987.

[ 13 ] 刘思峰, 郭天榜, 党耀国. 灰色系统理论及其应用( 第三版) [M]. 北京: 科学出版社, 1999.

[ 14 ] 任继周. 草业科学研究方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998. 8– 14, 25– 26.

[ 15 ] 郭忠升. 盖度与覆盖率的区别与联系[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 5( 5 ): 119.

[ 16 ] 甘肃农业大学. 草原学[M]. 北京: 北京农业出版社, 1962.

[ 17 ] ( 联邦德国 ) W. 伯姆. 根系研究法[M]. 北京: 科学出版社, 1985. 167– 189.

( 0. 678 0) 最大, 其次为迈洛克高羊茅( 0. 648 0 ), 第三为红三叶的雷得昆( 0. 617 1 ), 最差为草地早熟禾的优异( 0. 510 0 ) 和纽哥来德( 0. 516 6 ), 其它品种居中; 说明翠碧高羊茅作为坡地水土保持牧草草种的综合性状最好, 迈洛克高羊茅, 雷得昆红三叶第三, 草地早熟禾的优异和新哥来德最差, 其它品种居中。

为验证以上结果, 我们选用了迈洛克高羊茅、雷得昆红三叶两种草, 在坡耕地上进行混播和单播等高草带水土保持效应小区试验, 结果表明, 洛克高羊茅和雷得昆红三叶混播的草带, 水土保持效果优于单播洛克高羊茅草带, 两种草带的水土流失量均显著小于无草带种植的处理, 而且混播草带由于总盖度高、植株高且清秀挺拔, 常常被当地农民偷割。同时, 在生产实践中, 高羊茅是我省冷凉地区草地建设和城市、公路绿化的骨干品种。说明应用灰色系统理论综合分析以上草种是可行的有效方法。

3 结 论

应用灰色关联度分析法对 9 个牧草品种进行综合评估, 得出在供试的 9 个草种中, 作为坡耕地水土保持用草, 综合性状最好是翠碧高羊茅, 迈洛克高羊茅次之, 雷得昆红三叶第三, 草地早熟禾的优异和新来德不宜作为坡耕地水土保持牧草, 其它品种据不同地区和利用情况可用做水土保持草种牧草草种。该结论可在类似地区水土保持草种选择中应用。