

不同紫花苜蓿几个抗旱指标的灰色关联分析

吴晓丽, 韩清芳, 贾志宽

(西北农林科技大学干旱半干旱研究中心, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 运用灰色关联分析法, 对 5 项抗旱指标与 5 个紫花苜蓿 (*Medicago Sativa*) 品种抗旱性的相关性进行了分析。关联度分析结果表明: 各指标与苜蓿品种抗旱性的关联序为: 游离脯氨酸含量>SOD>POD>相对含水量>叶片水势。各指标对苜蓿抗旱性的影响, 以游离脯氨酸含量最大, 其次为 SOD 及 POD; 再次相对含水量; 而叶片水势的影响最小。

关键词: 抗旱性; 隶属函数; 灰色关联分析; 关联度

中图分类号: S551.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)03-0100-04

紫花苜蓿 (*Medicago Sativa*) 是重要的豆科牧草, 具有适应性广、营养价值高、固氮、多年生、产量高等优点, 尤其具有较强的抗逆性(抗旱、抗寒、耐盐碱)。紫花苜蓿在我国西北地区种植较多, 而西北地区干旱、少雨的气候特点, 对作物的正常生长发育非常不利, 严重制约了农牧业的发展。在这类地区种植苜蓿是解决当地优质饲草缺乏, 特别是蛋白质饲料缺乏的有效途径。因此, 深入研究苜蓿的抗旱性, 对于克服该地区干旱、风蚀等自然条件对苜蓿栽培的制约, 扩大其种植范围, 提高生产力, 具有举足轻重的意义^[1]。

目前对苜蓿的抗旱性研究主要从生理生态指标加以分析, 中国科学院兰州沙漠研究所陶玲对甘肃省紫花苜蓿进行抗旱等级分类, 对 21 个抗旱性指标实验测定, 根据这些指标应用系统聚类的方法进行分级聚类, 使其归属 5 个抗旱等级^[2]。甘肃农业大学草原系马宗仁、陈宝书对甘肃境内不同地理分布的 9 个苜蓿品种抗旱性进行研究, 结果表明苜蓿的抗旱性与其地理分布密切相关, 由此可见不同地理分布的苜蓿之间具有遗传差异性^[3]。目前对紫花苜蓿抗旱性研究的方法很多, 所用的指标也很多, 但不同指标对紫花苜蓿抗旱性的相关性不同。为此, 本文选取了与抗旱性密切相关的 5 项指标, 用模糊隶属函数法求得的隶属函数值对 5 个苜蓿品种的抗旱性进行综合评价, 并采用灰色关联分析的方法, 对这 5 项指标进行了优劣排序, 为干旱半干旱地苜蓿品种的引进和推广提供科学的依据, 也对苜蓿抗旱性研究鉴定提供有效的方法。

1 材料与方法

1.1 试验地自然概况

试验于陕西杨凌西北农林科技大学农作一站进行。该站位于秦岭北麓, 渭河平原西部的头道塬上, 北纬 34°21', 东经 108°10', 海拔 454.8 m, 平均日照时数 2 150 h, 年平均气温 12~14℃, 极端最低气温 -15~-21℃, 年平均降水量 621.6 mm, 春季降水量偏少、干旱, 属暖温带半湿润气候。土壤为黑垆土, 土层深厚, 通气良好, 有机质 1.59%, 全氮 0.055%。试验于无灌溉条件进行, 生长期间不施肥, 只进行人工除草。

1.2 试验品种

参试品种 5 个(表 1), 4 个美国品种引自赛贝科美国国际种子公司, 另 1 个品种为新疆大叶。所有品种在 2001 年 5 月 4 日播种, 行距 30 cm, 播量为 15 kg/hm²。

1.3 测定方法

于 2007 年春季分枝期对 5 个苜蓿品种的抗旱性进行研究。

1.3.1 叶水势测定 使用 PSYPRO 型露点微伏水势测定仪, 于 2007 年 4 月 2 日 (此时苜蓿处于第一茬分枝期) 从早上 8 点至下午 6 点, 每 2 个小时测一次。在不同植株上选择生长健康、长势一致、照光均一的同一叶位苜蓿叶片 (植株顶端第一个完全展开三叶的中间小叶), 每个品种 3 个重复。采用 C52 测量室, 平衡时间 10 min, 叶水势 = 仪器自动给出水势值 (输入校正系数为 1) × 所用探头的校正系数。

收稿日期: 2007-12-23
基金项目: 陕西省自然科学基金项目 (2006C105); 西北农林科技大学植物育种专项 (05YZ019)
作者简介: 吴晓丽 (1984—), 女, 四川渠县人, 在读硕士, 主要从事旱区农业资源管理。E-mail: wuxiaolicjq@126.com.
通讯作者: 韩清芳, E-mail: hanqf88@126.com.

表 1 苜蓿品种、来源及特性
Table 1 Alfalfa varieties、origin and character

序号 Code	苜蓿品种 Varieties	材料来源 Origin	秋眠级数 Fall dormancy	特性 Character
1	新疆大叶 Xinjiang big leaf	新疆 Xinjiang	4	最悠久的地方品种,产量极高。 The oldest Local varieties, Output is extremely high.
2	巨人 201+Z Ameristand201+Z	美国 America	2	具有发达的根系,抗旱和耐踏,抗病性强。 Root system is very developed, have a strong drought resistance, disease resistance and tread bearion.
3	牧歌 401+Z Amerigraze401+Z	美国 America	4	耐践踏力是常规的 151%,种苗活力高。 Tread bearion is 151% better than normal varieties, seedling vigour is high.
4	路宝 Lobo	美国 America	6	基因克隆成果。持久性好,返青早,再生快,适合干草生产。 Gene clone achievement, have a good endurance, good reviving, quick regenerate, suitable hay produced.
5	超级 13R 13Rsupreme	美国 America	8	使用最广泛的不休眠苜蓿品种。 The widest unfall alfalfa varieties.

1.3.2 实验室指标测定 2007 年 4 月 2 日下午于西北农林科技大学农作一站进行田间采样(此时苜蓿处于第一茬分枝期),每个品种随机选取不同苜蓿枝条的中上部分,迅速放入冰盒,带回实验室置入冰箱备测。

叶片相对含水量(RWC) 水饱和法。
游离脯氨酸含量(Pro) 磺基水杨酸提取,茚三酮显色法测定。
过氧化物酶的活性(POD) 愈创木酚法。
超氧化物歧化酶活性(SOD) NBT 光化还原法。

1.4 数据处理

采用模糊数学隶属函数的方法,求得各苜蓿隶属函数平均值,该平均值代表苜蓿的抗旱性。本试验选取指标与抗旱性成正相关,隶属函数值的计算方法如下^[4]:

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{imin}}{X_{imax} - X_{imin}}$$
$$Z_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Z_{ij}$$

式中, Z_{ij} 表示 i 苜蓿 j 指标的抗旱隶属函数值; X_{ij} 表示 i 苜蓿 j 指标的测定值; X_{imax} 和 X_{imin} 分别表示各指标的最大和最小测定值; Z_{ij} 为苜蓿的抗旱隶属函数均值; n 为指标数。

2 结果与分析

2.1 灰色关联分析的描述

关联分析主要是对事物态势发展变化的分析,

也就是对系统动态发展过程的量化分析,它根据因素之间发展态势的相似或相异程度来衡量因素间的接近程度。灰色关联分析是灰色系统理论的一种新的分析方法,它是用关联度大小来描述事物之间、因素之间关联程度的一种定量化的方法。它以系统的定性分析为前提、定量分析为依据,进行系统因素之间、系统行为之间曲线相似性的关联分析。灰色关联度则是描述事物间在发展过程中,因素间相对变化的大小、方向和速度等,如果两因素在发展过程中,相对变化基本一致,则认为两者关联程度大,反之亦反。因此灰色关联分析的基本思想是根据序列曲线几何形状的相似程度来判断其联系是否紧密。曲线越接近,相应序列之间的关联度就越大,反之就越小^[5]。

按灰色系统理论要求,将 5 个苜蓿品种的抗旱隶属函数均值及 5 个指标视为一个整体,即灰色系统。原始数据经标准化处理后,根据关联分析公理^[6],计算各指标与抗旱隶属函数均值的关联系数,然后分别求出各指标与抗旱隶属函数均值的关联度,并按关联度大小排列出关联序。

2.2 灰色系统的建立

如表 2 所示:将各苜蓿品种抗旱指标的平均隶属函数值作为参考数据列(母序列),记为 X_0 , $X_0 = (0.67, 0.49, 0.61, 0.78, 0.35)$; 叶片相对含水量等 5 项抗旱指标为比较数列(子序列) 记 $X_i (i = 1, \dots, 5)$, $X_1 = (-1.21, -1.31, -1.27, -1.27, -1.42)$, $X_2 = (89, 87, 89, 89, 92)$, $X_5 = (3705.55, 3043.40, 3671.58, 3814.91, 3645.35)$ 。

表 2 不同苜蓿品种各项抗旱指标
Table 2 Drought resistance indexes of different alfalfa varieties

项目 Item	新疆大叶 Xinjiang big leaf	巨人 201+Z Ameristand201+Z	牧歌 401+Z Amerigraze401+Z	路宝 Lobo	超级 13R 13Rsupreme
隶属函数值(X_0) Subordinate function indexes	0.67	0.49	0.61	0.78	0.35
叶片水势(X_1) (Mpa) Leaf water potential	−1.21	−1.31	−1.27	−1.27	−1.42
相对含水量(RWC)(X_2) (%)	89	87	89	89	92
游离脯氨酸(Pro)(X_3) (g/g)	0.26	0.25	0.25	0.22	0.14
POD(X_4) [$\Delta OD_{470}/(min \cdot gFW)$]	65.63	87.29	64.58	105	43.75
SOD(X_5) (U/g)	3705.55	3043.40	3671.58	3814.91	3645.35

2.3 数据的标准化处理

由于系统中各因素的物理意义不同,导致数据的量纲也不一定相同,不利于比较,或在比较时难以得到正确的结论。在进行灰色关联度分析时,要进行无量纲化的数据处理。按下列公式^[7]进行标准化处理:

$$X'_i(k) = \frac{X_i(k) - X_i}{S_i}$$

式中, $X_i(k)$ 为原始数据; $X'_i(k)$ 为原始数据无量纲处理后的结果; X_i 和 S_i 分别为同一指标平均值和标准差。标准化后的结果见表 3。

表 3 各苜蓿品种数据的标准化处理
Table 3 Data 's normalize handle of different alfalfa varieties

项目 Project	新疆大叶 Xinjiang big leaf	巨人 201+Z Ameristand 201+Z	牧歌 401+Z Amerigraze 401+Z	路宝 Lobo	超级 13R 13R supreme
X'_0	0.67	0.49	0.61	0.78	0.35
X'_1	−0.40	−0.48	−0.45	−0.45	1.78
X'_2	−0.11	−1.23	−0.11	−0.11	1.57
X'_3	0.73	0.53	0.53	−0.08	−1.70
X'_4	−0.32	0.60	−0.37	1.35	−1.26
X'_5	0.42	−1.75	0.31	0.78	0.23

2.4 计算关联系数和关联度

应用表 3 处理结果可分别求得参考数列(平均隶属函数值) X_0 与比较数列(各指标) X_i 各对应值的关联系数,计算公式^[4]如下:

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i \min_k |X_0(k) - X_i(k)| + \zeta \max_i \max_k |X_0(k) - X_i(k)|}{|X_0(k) - X_i(k)| + \zeta \max_i \max_k |X_0(k) - X_i(k)|}$$

式中, i 为某个指标; $\xi_i(k)$ 为比较数列 X_i 对参考数

列 X_0 在第 k 点的关联系数; ζ 为分辨系数, $0 < \zeta < 1$ 。本文采取折中的办法,取 $\zeta = 0.5$ 。使用各比较数列 X_i 对参考数列 X_0 的关联系数求出各指标对苜蓿抗旱性的关联度(如表 4 所示),计算公式^[4] 为:

$$r_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \xi_i(k)$$

式中, r_i 为比较数列 X_i 与参考数列 X_0 的关联度, $i = 1, 2, \dots, 5$ 。

表 4 各苜蓿品种抗旱性与各指标的关联系数、关联度和关联序

项目 Project	新疆大叶 Xinjiang big leaf	巨人 201+Z Ameristand 201+Z	牧歌 401+Z Amerigraze 401+Z	路宝 Lobo	超级 13R 13R supreme	关联度 Correlative degree	关联序 Correlative order
ξ_1	0.6767	0.6979	0.6788	0.6455	0.6103	0.6618	5
ξ_2	0.7417	0.5657	0.7568	0.7157	0.6474	0.6854	4
ξ_3	0.9739	0.9825	0.9655	0.7226	0.9824	0.9254	1
ξ_4	0.6935	0.9531	0.6956	0.7972	0.7111	0.7701	3
ξ_5	0.8996	0.5000	0.8819	1.0000	0.8421	0.8250	2

如表 4 可以看出,5 个苜蓿品种的抗旱性与各指标的关联度从大到小分别为:0.9254、0.825、0.7701、0.6854、0.6618。基于灰色关联分析理论,关联度 r_i 越大,表明参考数列与比较数列的关系愈紧密,反之,关系较远。因而,关联度大小可表明某一项指标对干旱的敏感程度,各指标对 5 个苜蓿品种抗旱性的影响,以游离脯氨酸含量最大,依次为 SOD 及 POD;其次为相对含水量;而叶片水势的影响最小。

3 讨 论

1) 作物的抗旱性是由多种因素相互作用而构成一个较为复杂的综合性状,其中每个因素与抗旱性本质之间存在一定的联系或相关。某些指标的抗旱性能与品种实际抗旱能力有一定相关性,但有一定出入。为了弥补这些缺陷,近年来较多采用综合指标法。该方法使单个指标对评定抗旱性的局限性得到其他指标的弥补和缓解,从而使评定的结果与实际结果较为接近^[8]。本文采用模糊数学中的隶属函数法,对 5 个品种苜蓿的抗旱性做了综合评价,再依据各指标对抗旱性的贡献大小,运用灰色关联分析,计算出 5 个苜蓿品种的的抗旱性与各指标的关联序,从而得出结论。

2) 游离脯氨酸含量也被作为植物体内积累渗透物质的研究指标,随着干旱程度的增加,不同苜蓿品种叶片中脯氨酸含量增加显著。本试验是在第一茬分枝期,此时气温较高,且 2006 年秋季至 2007 年春季试验区雨水较少,出现了严重的春季干旱,积累了大量脯氨酸,游离脯氨酸含量最大。植物在干旱

条件下,细胞中生物活性氧的积累是造成细胞伤害乃至死亡的主要原因,而细胞中清除活性氧的保护酶系统(SOD、POD 等)的存在和活性增强,是细胞免于伤害或抗性增强的主要原因之一。因此 SOD、POD 与抗旱性也有较强的关联度(关联度分别为 0.825、0.7701),可以作为评价抗旱的指标。此外,从表 2 可以看出,各品种的叶片水势均比较低,说明此时由于受到干旱的影响,植物叶片保水能力和吸水能力减弱,苜蓿叶片水分代谢受到抑制。

3) 灰色关联度是对一个发展变化的系统进行发展动态量化的分析方法,不同环境、时间和品种都可能造成部分指标结果的改变。因此,应用灰色关联分析法对于不同环境条件、处理方法和不同的紫花苜蓿应做具体分析,以更加准确地建立抗旱指标体系,选育出适宜当地的抗旱品种。

参 考 文 献:

[1] 康俊梅,樊奋成,杨青川. 41 份紫花苜蓿抗旱性鉴定试验研究[J]. 草地学报, 2004, (1): 21—23.

[2] 陶 玲. 甘肃省紫花苜蓿地方类型抗旱等级分类的研究[J]. 草业科学, 1998, (12): 7—101.

[3] 马宗仁,陈宝书. 甘肃地方苜蓿品种地理性分布于抗旱性关系的研究[J]. 草业科学, 1993, (6): 6—81.

[4] 贺仲雄. 模糊数学及其应用[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1985. 67—70.

[5] 周 静. 灰色关联分析在输电线故障判中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 1989. 120—145.

[6] 邓聚龙. 灰色预测与决策[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1986. 103—108.

[7] 武兰芳. 玉米主要农艺性状的灰色关联度分析[J]. 玉米科学, 1997, (1): 72—75.

[8] 栗雨勤. 作物抗旱性鉴定指标研究及进展[J]. 河北农业科学, 2004, (1): 58—61.

Analysis on Grey Correlative of several drought Resistance indexes of different alfalfa varieties

WU Xiao-li, HAN Qing-fang, JIA Zhi-kuan
(The Agricultural Research Center in Arid and Semiarid Areas,
Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Applying the method of grey correlative analysis the correlative of drought resistance of 5 varieties and 5 drought resistance indexes was analyzed the results with grey correlative degree analysis showed that the order of correlative degree of drought resistance and indexes of 5 alfalfa was: Pro>SOD>POD>RWC>leaf water potential. Which meant that the effect of different indexes to 5 alfalfa varieties drought resistance were the Pro was biggest, and than SOD、POD and were bigger, the leaf water protential was the weakest.

Keywords: drought resistance; subordinate function; grey correlative analysis; correlative degree