

基于灰色关联分析的津巴布韦烤烟品种综合性状评价

王正旭, 刘 魁, 姚江美, 田阳阳, 杨继周, 赵文军, 徐昭梅, 胡博文*

[红塔烟草(集团)有限责任公司, 云南 玉溪 653100]

摘要: 为筛选出综合性状表现较好的津巴布韦烤烟品种, 通过田间试验, 收集 6 个津巴布韦烤烟品种和对照品种云烟 87 的田间农艺性状、主要化学成分指标、初烤烟叶外观质量和评吸质量指标, 采用灰色关联度分析方法, 对其进行综合性状评价。结果表明, 各参试烤烟品种的评价指标等权关联度排序为 KRK26>云烟 87>T62>T64>T63>T16>T20, 加权关联度排序为 KRK26>云烟 87>T62>T63>T16>T64>T20。KRK26 品种的等权关联系数和加权关联系数均排名第一, 分别为 11.262 4、0.906 7, 综合性状优于对照品种云烟 87 和其他津巴布韦烤烟品种, 这一结果与田间实际表现一致。综上, 津巴布韦烤烟品种 KRK26 具有较好的推广潜力, 可以在当地进行进一步试验与示范推广。

关键词: 灰色关联分析; 烤烟; 品种

中图分类号: TS41+1

文章编号: 1007-5119 (2017) 04-0092-05

DOI: 10.13496/j.issn.1007-5119.2017.04.015

Comprehensive Assessment of Flue-cured Tobacco Varieties from Zimbabwe Based on Grey Correlation Analysis

WANG Zhengxu, LIU Kui, YAO Jiangmei, TIAN Yangyang, YANG Jizhou,
ZHAO Wenjun, XU Zhaomei, HU Baowen*

[Hongta Tobacco (Group) Co., Ltd., Yuxi, Yunnan 653100, China]

Abstract: In order to screen for Zimbabwe flue-cured tobacco varieties with better properties, providing decision-making services for the promotion of new tobacco varieties, a field contrast experiment was carried out in tobacco planting base of Hongta group for comprehensive evaluations of agronomic characteristics, main chemical components, appearance quality of flue cured tobacco and the smoking quality of six Zimbabwe flue-cured tobacco varieties and one control variety Yunyan 87, using the method of gray relational grade analysis. The analysis results showed that, all tested flue-cured tobacco varieties were ranked according to equal-weighted correlation degree between comprehensive characters, as follows: KRK26>Yunyan87>T62>T64>T63> T16> T20, All tested flue-cured tobacco varieties were ranked according to weighted correlation degree between comprehensive characters, as follows: KRK26>Yunyan87>T62>T63>T16>T64>T20. The weighted correlation coefficient and weighted correlation coefficient of KRK26 were both ranked first, being 11.2624 and 0.9067 respectively. The comprehensive characters of KRK26 variety were better than yunyan87 and other flue-cured tobacco varieties from Zimbabwe. This result is consistent with field performance of the varieties. In conclusion, these tobacco varieties from Zimbabwe have a good potential for promotion, and should be further popularized.

Keywords: grey correlation analysis; flue-cured tobacco; tobacco varieties

烟叶生产中, 烤烟品种布局是至关重要的一个环节。烤烟品种与植烟区生态环境适应性直接关系到烟叶产值产量和品质的形成^[1-2]。已有研究表明, 烤烟品种对烟叶质量的贡献率为 50%左右^[3]。一直以来, 津巴布韦烟叶因为其香气质好, 香气量足, 烟质感细腻, 化学成分协调, 受到国内外卷烟企业的青睐, 并成为卷烟企业高端卷烟配方和产品提

质改造的核心原料。我国进口津巴布韦烟叶的量呈现逐年增加的趋势, 且其占进口烟叶比重较大^[4]。

近几年来, 国内加大了对津巴布韦风格烟叶的研究, 并在云南一些新烟区开始引进试种津巴布韦烤烟品种。

在烤烟品种的引进过程中, 新品种的区域试验和品种综合性状评价是一个重要环节。目前, 应用

基金项目: 红塔烟草(集团)有限责任公司科技项目“红塔集团津巴布韦风格特色优质烟叶生产技术与推广应用”(S-6014037)

作者简介: 王正旭(1984-), 男, 硕士, 农艺师, 主要从事烟叶原料研究及管理工作。E-mail: wzxu@hongta.com。*通信作者, E-mail: hbw72@hongta.com

收稿日期: 2017-02-24

修回日期: 2017-04-20

较多的品种综合性状评价方法是根据观察记载各品种的田间表现,结合初烤烟叶的经济性状,化学成分指标等进行方差分析、多重比较分析以及逐项量化分析,得出最终结果。整个过程繁琐,数据处理较多。自上世纪80年代,邓聚龙^[5]教授提出并创立灰色系统理论,解决了一些包含未知因素的特殊领域的问题。灰色关联分析法是根据已知信息,挖掘未知信息,研究数据少、信息贫的不确定性问题,从而构建简单、方便的综合评价方法。该方法目前广泛应用于农作物的品种综合比较^[6],如小麦^[7]、大豆^[8]、秋葵^[9]、玉米^[10]、烤烟^[11]等的品种区域试验研究,以及烤烟品质因素的关联分析^[12-15],方法简单有效,可靠性高^[16]。

本研究应用灰色关联分析,综合考虑影响烤烟品种的主要性状,对津巴布韦烤烟品种进行综合评价,筛选出综合性状表现较好,既能彰显津巴布韦烟叶风格特色,又适宜在当地种植的优质烤烟品种,以期作为烤烟新品种推广提供科学的决策服务。

1 材料与方法

1.1 试验材料与方法

参试品种为 KRK26、T16、T20、T62、T63、T64 和云烟 87 (CK), 分别用 X_i ($i=1、2、\dots、6、7$) 表示。所有烤烟品种均由玉溪中烟种子公司提供。

田间试验于 2014 年在红塔集团遮放基地单元进行,试验地势平坦,排灌方便,前作为水稻,土壤类型为砂质土。施肥前按照 5 点取样法,取耕层土测定试验地基础肥力。具体土壤肥力情况如下:土壤 pH 8.25、有机质含量 1.35%、水解氮含量 68.20 mg/kg、有效磷含量 10.30 mg/kg、速效钾含量 60.40 mg/kg、全 N 含量 0.74 g/kg、全 P 含量 0.42 g/kg、全 K 含量 15.00 g/kg。

试验采用完全随机区组设计,7 个品种,3 次重复,共 21 个小区。每小区植烟 90 株,行距 1.20 m,株距 0.55 m,试验田面积约 1334.00 m²,试验区四周设保护行。肥料用量按纯 N 120 kg/hm² 施用 $m(N)$ $m(P_2O_5)$ $m(K_2O)=1$ 1 3,基追比为 3 7。试验

肥料为烟草专用肥 [$m(N)$ $m(P_2O_5)$ $m(K_2O)=10$ 10 25]; 钙镁磷肥 (P_2O_5 18%) 和硫酸钾 (K_2O 50%)。其他管理技术按照当地优质烟叶生产技术进行。

1.2 评价指标选择与调查统计方法

以烤烟主要农艺性状、经济性状指标,以及影响初烤烟叶品质的外观质量、化学成分和评吸综合得分作为试验品种综合评价指标。具体为打顶期株高、茎围、叶片数、产量、均价、成熟度、油份、叶片结构、总糖、烟碱、钾、氯和评吸综合得分,分别用 k_j ($j=1、2、3、\dots、12、13$) 表示。

农艺性状:按照烟草行业农艺性状调查方法 (YC/T 142—1998) 进行打顶株高、茎围、叶片数调查。经济性状:烟叶采收烘烤后,每小区烟叶分类标记烘烤,对初烤烟叶进行分级整理,统计产量、均价等性状。外观质量:初烤烟叶外观质量评分标准按照 GB 2635—1992 执行,按照十分制对成熟度、油份、叶片结构进行赋分。化学成分:取初烤烟叶样品 (C3F),测定总糖、烟碱、钾、氯等内在化学成分指标。其中总糖含量采用铁氰化钾比色法测定,烟碱含量按照 YC/T 34—1996 执行,钾含量按照 YC/T 172—2003 执行。感官评吸:初烤烟叶评吸质量得分由红塔集团技术中心提供。

1.3 构造参考品种

根据灰色系统理论及分析方法的要求,7 个烤烟品种 ($X_1\sim X_7$) 的 13 个性状指标 ($K_1\sim K_{13}$) 组成灰色系统,烤烟品种作为灰色系统的一个因素,每个烤烟品种的性状指标构成比较数列,与参考品种性状指标构成的参考数列进行比较。在构建参考品种时,农艺性状、外观质量和初烤烟叶化学成分根据优质烟叶质量目标需求构造一组最佳值;经济性状和评吸综合得分选取指标值的上限值作为参考数列。

1.4 数据无量纲化处理

采用初值法对数据进行无量纲化处理,株高、茎围、叶片数、产量、均价、成熟度、油分、叶片结构、钾和评吸综合得分指标值越大,说明该品种性状越优,数据处理以各性状的相应指标值除以参

考值；烟碱和总糖根据指标值与参考值的差异进行数据处理；氮含量以参考值除以各品种指标值进行数据处理。

1.5 关联系数、等权关联度和加权关联度计算方法

关联系数 ($\varepsilon_{i(k_j)}$) 的计算公式为^[5]：

$$\varepsilon_{i(k_j)} = \frac{\min|x_{0(k_j)} - x_{i(k_j)}| + \rho \max|x_{0(k_j)} - x_{i(k_j)}|}{|x_{0(k_j)} - x_{i(k_j)}| + \rho \max|x_{0(k_j)} - x_{i(k_j)}|} \quad (1)$$

等权关联度 (ε_i) 计算公式为：

$$\varepsilon_i = \sum_{j=1}^m \varepsilon_{i(k_j)} \quad (2)$$

加权关联度 (ε_i') 计算公式为：

$$\varepsilon_i' = \sum_{j=1}^m w_{k_j} \varepsilon_{i(k_j)} \quad (3)$$

式中, ρ 为分辨系数, 通常取值为 0.5; $x_{0(k_j)}$ 为参考品种的第 j 个评价性状指标值; $x_{i(k_j)}$ 为第 i 个烤烟品种的第 j 个评价性状指标值; w_{k_j} 为第 j 个评价性状的指标权重; m 为评价性状指标数^[5,20]。

2 结果

2.1 构造参考品种

为准确反映 7 个烤烟品种性状间的优劣, 需要构造参考品种 (X_0)。本研究所选取的 13 个评价性状中, 株高、茎围、叶片数、产量、均价、成熟度、油份、叶片结构、钾和评吸综合得分指标与烟叶田间长势长相和品质形成呈正相关关系, 在适宜范围内,

指标值越大越好, 取其最大值为参考品种指标值。根据优质烟叶化学成分要求, 烟碱、总糖和氮分别取 2.5%、32%和 0.2%为参考品种指标值^[17-18] (表 1)。

2.2 烤烟品种评价指标数据无量纲化

为排除烤烟品种不同评价指标间的差异性, 将各品种原始值进行数据无量纲化处理, 得到一系列 (0、1) 范围内的数列。指标值越大越好的, 如株高、产量、钾和评吸综合得分数据处理以 $X_1 \sim X_7$ 的相应性状指标值除以 X_0 ; 适中指标如烟碱和总糖根据指标值与参考值的差异进行数据处理; 氮含量以 X_0 除以 $X_1 \sim X_7$ 的相应性状指标值 (表 2)。

由表 2 可知, 各烤烟品种评价指标数据无量纲化处理后, K_8 数值最大, K_2 、 K_5 、 K_6 和 K_{13} 值也较大, 说明各品种评价指标间差异较小, 相应指标的变异系数也较小。 K_{12} 的值范围较大, 最大值为 1.0000, 最小值为 0.1373, 其变异系数也较大, 为 0.3561, 说明各品种氮含量差异较大。

2.3 计算关联系数

先计算出无量纲化处理后各烤烟品种与参考品种性状指标的绝对差值, $\Delta i(k_j) = |x_{0(k_j)} - x_{i(k_j)}|$ ($i=1, 2 \dots 7; j=1, 2 \dots 13$) (表 3), 将表 3 的计算结果带入公式 (1), 得到各烟草品种评价指标的关联系数 (表 4)。

表 1 各烤烟品种评价性状指标平均值

Table 1 The average values of the evaluation indexes of flue cured tobacco varieties

品种	株高/cm	茎围/cm	叶片数	产量/(kg·hm ⁻²)	均价/(元·kg ⁻¹)	成熟度	油份	叶片结构	总糖	烟碱	钾	氮	评吸综合得分
X ₀	123.60	10.77	19.40	3109.50	27.40	9.00	7.00	8.00	32.00	2.50	2.16	0.20	84.50
X ₁	111.00	10.32	17.60	3109.50	26.90	9.00	7.00	8.00	34.65	2.86	2.16	0.50	84.50
X ₂	117.00	10.54	18.40	2346.00	25.90	8.70	6.70	8.00	37.20	3.76	1.88	0.47	79.90
X ₃	83.80	10.40	18.80	2239.50	25.30	8.30	6.30	8.00	35.92	3.18	2.01	0.58	78.60
X ₄	123.60	10.74	19.40	2581.50	25.90	8.70	5.00	8.00	39.24	2.42	1.87	0.27	82.70
X ₅	111.40	10.75	17.20	2782.50	25.00	8.30	6.30	8.00	34.21	3.38	1.85	0.38	81.60
X ₆	113.60	10.76	19.40	2901.00	24.50	8.00	6.00	8.00	35.70	2.84	1.44	0.30	78.10
X ₇	109.20	10.77	17.00	2058.00	27.40	8.70	6.70	8.00	36.85	2.36	1.38	0.20	84.30

表 2 各烤烟品种评价性状指标值无量纲化处理

Table 2 Dimensionless values of the Variety characters

品种	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃
X ₀	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0
X ₁	0.898 1	0.958 2	0.907 2	1.000 0	0.981 8	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.923 5	0.874 1	1.000 0	0.400 0	1.000 0
X ₂	0.946 6	0.978 6	0.948 5	0.754 5	0.945 3	0.966 7	0.957 1	1.000 0	0.860 2	0.664 9	0.870 4	0.425 5	0.945 6
X ₃	0.678 0	0.965 6	0.969 1	0.720 2	0.923 4	0.922 2	0.900 0	1.000 0	0.890 9	0.786 2	0.930 6	0.344 8	0.930 2
X ₄	1.000 0	0.997 2	1.000 0	0.830 2	0.945 3	0.966 7	0.714 3	1.000 0	0.815 5	0.969 0	0.865 7	0.740 7	0.978 7
X ₅	0.901 3	0.998 1	0.886 6	0.894 8	0.912 4	0.922 2	0.900 0	1.000 0	0.935 4	0.739 6	0.856 5	0.526 3	0.965 7
X ₆	0.919 1	0.999 1	1.000 0	0.932 9	0.894 2	0.888 9	0.857 1	1.000 0	0.896 4	0.880 3	0.666 7	0.666 7	0.924 3
X ₇	0.883 5	1.000 0	0.876 3	0.661 8	1.000 0	0.966 7	0.957 1	1.000 0	0.868 4	0.947 0	0.638 9	1.000 0	0.997 6
标准差	12.496 2	0.190 5	1.004 8	380.207 8	1.029 3	0.340 2	0.656 8	0.000 0	1.699 8	0.506 6	0.286 8	0.137 3	2.605 4
平均数	109.942 9	10.611 4	18.257 1	2 574.000 0	25.842 9	8.528 6	6.285 7	8.000 0	36.252 9	2.971 4	1.798 6	0.385 7	81.385 7
变异系数	0.113 7	0.018 0	0.055 0	0.147 7	0.039 8	0.039 9	0.104 5	0.000 0	0.046 9	0.170 5	0.159 5	0.356 1	0.032 0

表 3 各性状指标烤烟品种与参考品种的绝对差值

Table 3 The absolute differences between the contrast cultivar and the tested lines

品种	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃
X ₁	0.101 9	0.041 8	0.092 8	0.000 0	0.018 2	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.076 5	0.125 9	0.000 0	0.600 0	0.000 0
X ₂	0.053 4	0.021 4	0.051 5	0.245 5	0.054 7	0.033 3	0.042 9	0.000 0	0.139 8	0.335 1	0.129 6	0.574 5	0.054 4
X ₃	0.322 0	0.034 4	0.030 9	0.279 8	0.076 6	0.077 8	0.100 0	0.000 0	0.109 1	0.213 8	0.069 4	0.655 2	0.069 8
X ₄	0.000 0	0.002 8	0.000 0	0.169 8	0.054 7	0.033 3	0.285 7	0.000 0	0.184 5	0.031 0	0.134 3	0.259 3	0.021 3
X ₅	0.098 7	0.001 9	0.113 4	0.105 2	0.087 6	0.077 8	0.100 0	0.000 0	0.064 6	0.260 4	0.143 5	0.473 7	0.034 3
X ₆	0.080 9	0.000 9	0.000 0	0.067 1	0.105 8	0.111 1	0.142 9	0.000 0	0.103 6	0.119 7	0.333 3	0.333 3	0.075 7
X ₇	0.116 5	0.000 0	0.123 7	0.338 2	0.000 0	0.033 3	0.042 9	0.000 0	0.131 6	0.053 0	0.361 1	0.000 0	0.002 4

表 4 各烤烟品种指标间的关联系数

Table 4 Correlation coefficients of main attribute

品种	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃
X ₁	0.859 8	0.938 8	0.864 0	0.571 6	0.856 8	0.907 6	0.884 3	1.000 0	0.700 9	0.494 3	0.716 5	0.363 2	0.857 5
X ₂	0.504 3	0.905 1	0.913 7	0.539 3	0.810 4	0.808 1	0.766 1	1.000 0	0.750 1	0.605 0	0.825 1	0.333 3	0.824 3
X ₃	0.762 7	0.886 9	0.779 3	1.000 0	0.947 2	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.810 7	0.722 4	1.000 0	0.353 2	1.000 0
X ₄	1.000 0	0.991 6	1.000 0	0.658 6	0.856 8	0.907 6	0.534 1	1.000 0	0.639 7	0.913 5	0.709 3	0.558 2	0.938 9
X ₅	0.768 5	0.994 4	0.742 8	0.757 0	0.789 0	0.808 1	0.766 1	1.000 0	0.835 3	0.557 2	0.695 4	0.408 8	0.905 2
X ₆	0.801 9	0.997 2	1.000 0	0.830 1	0.755 8	0.746 7	0.696 3	1.000 0	0.759 7	0.732 4	0.495 7	0.495 7	0.812 2
X ₇	0.737 7	1.000 0	0.725 9	0.492 1	1.000 0	0.907 6	0.884 3	1.000 0	0.713 4	0.860 7	0.475 7	1.000 0	0.992 8

2.4 关联度分析

首先确定各品种评价指标的权重，根据烟株的农艺性状、经济性状、化学成分和感官质量评价对烟叶质量综合性状的贡献度进行赋值，最终确定株高、茎围、叶片数、产量、均价、成熟度、油份、叶片结构、总糖、烟碱、钾、氯和综合评吸得分各评价指标的权重， $W_{kj} = (0.07、0.05、0.05、0.10、0.08、0.10、0.05、0.05、0.05、0.05、0.05、0.05、0.25)$ ，由公式(2)和公式(3)计算加权关联度和等权关联度(表5)。

由表5可知，各参试烤烟品种的等权关联度排序为 $KRK26 > 云烟 87 > T62 > T64 > T63 > T16 > T20$ ，表明在各品种指标权重相同的条件下， $KRK26$ 品种综合性状表现最好，其次是对照云烟 87。加权关联度排序顺序为 $KRK26 > 云烟 87 > T62 > T63 > T16 > T64 > T20$ 。经过加权后，排序前 3 位的顺序未发生改变，分别为 $KRK26$ 、云烟 87 和 T62，说明这 3 个烤烟品种综合性状表现稳定。加权关联分析后，排序上升的烤烟品种是 T16 和 T63，分别由第 5、6 位，上升至第 4、5 位，说明加权分析能体现出评价时对烤烟

品种性状的侧重点不同对品种综合评价结果的影响。T20 在等权关联和加权关联分析时均排序第 7，说明该品种综合性状表现不如其他品种。

3 讨论

利用灰色关联度分析方法对 6 个引进津巴布韦烤烟品种和云烟 87(对照品种)进行农艺性状、经济性状、化学成分和感官质量指标综合评价，筛选出的 $KRK26$ 烤烟品种综合性状较好，优于对照品种云烟 87，等权关联度和加权关联度均排序第一。这一结果与笔者的田间观测一致，该品种大田长势长相较好，产量较高，成熟度、油分较好，感官质量评价得分较高，宜进行进一步推广验证。罗华元等^[19]通过田间调查观测，在云南昆明进行津巴布韦烤烟品种比较试验表明， $KRK26$ 品种表现出较优的田间长势长相，产质量较高，化学成分协调，烟叶成熟度、油分较好，说明 $KRK26$ 品种在云南的适应性较好，在新品种的引进推广中可做重点考虑。

在本研究中，在评价指标的选择上，未单纯选择某一方面指标进行性状的评价，而是综合了烤烟大田性状、经济性状、外观质量和化学成分等主要指标，并且将工业评吸结果这一核心指标加入关联度分析，使得对烤烟品种的综合性状评价更加客观。笔者根据灰色关联分析方法要求，为了更加明确烤烟品种各性状指标的优劣，利于品种间的对比，根据各指标与烟叶品质关系进行了参考品种的构造。在构造参考品种中，与品质形成呈正相关和负相关

表 5 各品种综合评价结果

Table 5 Comprehensive evaluation results of test varieties

品种	等权关联度	排序	加权关联度	排序
X ₁	11.262 4	1	0.906 79	1
X ₂	10.015 4	6	0.789 13	5
X ₃	9.585 0	7	0.745 88	7
X ₄	10.708 5	3	0.847 23	3
X ₅	10.027 8	5	0.799 72	4
X ₆	10.123 6	4	0.786 18	6
X ₇	10.790 1	2	0.852 81	2

的指标,分别采用各项指标值的最大值和最小值为参考品种性状指标值。化学成分指标是采用优质烟叶对化学成分标准的要求确定参考品种。另外,为了反映各类指标对烤烟烟叶品质形成综合性状的贡献大小,使用赋值法确定了各指标权重。因为烟叶感官质量评价是评价烟叶质量最重要的指标,因此赋予的权重系数较大,为0.25。通过加权关联分析后,烤烟品种T16和T63,分别由第5、6位,上升至第4、5位,说明加权分析能体现综合评吸得分、产量、成熟度等指标权重的加大对品种综合性状的影响。

宋志美等^[20]在利用灰色关联度对全国烤烟区试品种进行综合评价中认为,等权关联度分析,排除了人为因素对结果的影响,而加权关联度又更加能够反映各指标对品种综合性状的贡献度。在本研究中,津巴布韦烤烟品种KRK26的等权关联度和加权关联度排序均为第一,说明该品种各项指标性状均较好,优于其他几个津巴布韦烤烟品种和对照烤烟品种云烟87。

4 结 论

研究表明,利用灰色关联度分析方法筛选出的KRK26烤烟品种综合性状较好,优于对照品种云烟87,等权关联度和加权关联度均排序第一。表现出大田长势长相比较好,产量较高,成熟度、油分较好,感官质量评价得分较高,可以在当地进行进一步示范推广。

参考文献

- [1] 中国农业科学院烟草研究所. 中国烟草栽培学[M]. 上海:上海科学技术出版,2005:210.
- [2] 王正旭,陈明辉,申国明,等. 施氮量和留叶数对烤烟红花大金元产质量的影响[J]. 中国烟草科学,2011,32(3):76-79.
- [3] 李天福,陈萍,冉邦定. 烤烟不同耐肥品种的肥料利用率与烟叶品质[J]. 烟草科技,1999(4):33-34.
- [4] 王正旭,宋玉川,徐益群,等. 云南德宏烟区津巴布韦特色烤烟品种对比试验[J]. 南方农业学报,2016,47

- (3):359-364.
- [5] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1990.
- [6] 刘录祥,孙其信,王士芸. 灰色系统理论应用于作物新品种综合评估初探[J]. 中国农业科学,1989,22(3):22-27.
- [7] 王仕强,胡银岗,余奎军,等. 小麦抗旱相关农艺性状和生理生化性状的灰色关联度分析[J]. 中国农业科学,2007,40(11):2452-2459.
- [8] 郭建秋,孔蓓蓓,雷全奎,等. 灰色关联分析在大豆育种试验中的应用[J]. 河南科技大学学报(自然科学版),2006,27(2):78-80,87.
- [9] 陈连珠,肖日升,林道元,等. 基于灰色关联分析的黄秋葵品种综合评估[J]. 南方农业学报,2016,47(3):419-423.
- [10] 邹永红,谭建林. 基于综合灰色关联度加权法的玉米品种评价[J]. 南方农业学报,2011,42(8):1007-1010.
- [11] 蔡长春,柴利广,秦兴成,等. 湖北省烤烟区试品系比较的灰色关联度分析[J]. 中国烟草科学,2011,32(z1):35-38.
- [12] 郭清源,丁松爽,刘国顺,等. 钾用量与灌溉量对不同土层钾素及烟叶钾含量的积累效应[J]. 中国烟草科学,2015,36(1):61-67.
- [13] 王浩军,郭东锋,杜丛中,等. 基于关联规则的皖南焦甜香烟叶外观特征分析[J]. 中国烟草科学,2014,35(5):93-97.
- [14] 李强,周冀衡,程昌新,等. 云南烤烟钾含量特征及其与致香物质的关系[J]. 中国烟草科学,36(6):49-55.
- [15] 邓君,曹建昌,周玉龙,等. 灰色关联度法在烟叶化学成分综合评价中的应用[J]. 作物研究,2014(5):509-512.
- [16] 董开居,陈国琛,陈爱娜,等. 应用灰色关联度分析法评价蚕豆区试品种[J]. 种子,2012,31(3):95-97.
- [17] 窦玉青,张伟峰,刘新民,等. 全国初烤烟叶常规化学成分年度间变化[J]. 中国烟草科学,2015,36(2):26-31.
- [18] 肖协忠. 烟草化学[M]. 北京:中国农业出版社,1997:56-61.
- [19] 罗华元,杨应明,徐兴阳,等. 津巴布韦烤烟品种引种比较试验研究初报[J]. 昆明学院学报,2009,31(3):28-30.
- [20] 宋志美,刘乃雁,王元英,等. 灰色关联度法在烤烟品种重要性状综合评价中的运用[J]. 中国烟草科学,2011,32(2):17-19,23.