

# 甘蔗属原种间杂交 $F_1$ 灰色接近度综合评价

桃联安, 董立华, 经艳芬, 周清明, 安汝东, 杨李和, 朱建荣, 冯蔚

(云南省农业科学院甘蔗研究所瑞丽育种站, 瑞丽 678600)

**摘要:**通过对 33 份 09 系列甘蔗属原种间杂交  $F_1$  的灰色接近度分析, 结果表明: 排位在前 10 名的是 09-162、09-167、09-164、09-172、09-167-1、09-174、09-167-2、09-161、09-179、09-166, 有 19 份材料超过对照 ROC22 和粤糖 93-159, 其结果与试验观察结果相符; 灰色接近度分析与同一度分析结果一致, 与灰色关联度分析总体一致, 说明灰色接近度分析是一种简便、有效的方法。

**关键词:**甘蔗; 原种; 灰色接近度; 评价

## Compositive Evaluating of the Grey Closeness Degree for the Hybrid $F_1$ of the *Sacchrum* Species

TAO Lian-an, DONG Li-hua, JING Yan-fen, ZHOU Qing-ming,

AN Ru-dong, YANG Li-he, ZHU Jian-rong, FENG Wei

(Ruili Breeding Station of Sugarcane Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Ruili 678600)

**Abstract:** Thirty-three hybrid  $F_1$  of the *Sacchrum* species were evaluated by the grey closeness degree. The results showed that the top ten were 09-162, 09-167, 09-164, 09-172, 09-167-1, 09-174, 09-167-2, 09-161, 09-179 and 09-166. Meanwhile, there are nineteen materials over ROC22 and Yuetang93-159. These results are same with the trial outcomes. The consequences of the grey closeness degree analysis are completely same to the identical degree analysis, and basically same to gray correlation degree. These indicate that the grey closeness degree analysis is a one of good method to evaluate sugarcane progeny.

**Key words:** sugarcane; *Sacchrum*; grey closeness degree; evaluating

近年来, 灰色育种理论的灰色关联度分析在小麦、水稻、玉米、棉花、花生等多种作物的品种综合评价、组合评价、性状分析中得到了广泛应用<sup>[1-10]</sup>, 获得了较好的应用效果, 在甘蔗选育种中也有不少报道<sup>[11-13]</sup>。同一度分析法是赵克勤<sup>[14]</sup>基于集对论的同一度概念提出的一种分析方法, 已在自然科学、社会科学等领域中广泛应用<sup>[15-16]</sup>, 姜永<sup>[17]</sup>对此方法进行改进并应用于水稻灌溉制度的选优。灰色接近度分析则是郭瑞林等<sup>[18]</sup>参照时间序列灰色接近度理论加以改进, 提出了基于空间序列灰色接近度的评判方法, 旨在简化运算, 提高评估效率, 在小麦杂交组合的定量评估中得到成功应用。

利用甘蔗属及其近缘植物进行原种间杂交, 即栽培原种 × 野生原种、栽培原种 × 栽培原种, 是构建对等杂交的基础组合, 是创制独立亲本系统的第 1 步, 对这些组合后代的筛选和评价是进一步杂交利用的前提<sup>[19]</sup>, 为此, 本研究拟采用灰色接近度对 09 系列原种间杂交后代进行分析, 并与灰色关联度分析、同一度分析进行比较。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试的 35 份材料是 2008/2009 杂交季节的创新组合入选后代, 亲本 Marjar、Barwilspt、Zopilata、

收稿日期: 2014-01-03 修回日期: 2014-02-27 网络出版日期: 2014-10-13

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20141013.2031.019.html>

基金项目: 云南省重点新产品开发(2012BB014)

第一作者研究方向为甘蔗遗传育种。E-mail: Taolianan@163.com

Badila、Pansahi 是热带种 (*Saccharum officinarum* L.), 光泽竹蔗、河南许昌蔗是中国种 (*Saccharum barberi* Jesw.), 南涧果蔗是地方栽培种, 51NG63 是大茎野生种 (*Saccharum robustum* Jesw.), 云南 04-9-1 是采自云南省陇川县的割手密种 (*Saccharum spontaneum* L.), 云南 83-180 是采自云南省个旧市的斑茅种(其中,有不少学者把斑茅种归类为蔗茅属, *Erianthus arundinaceus* Retz.)。经过 SSR 的 2 对引物标记鉴定,除 09-176 形态特征似斑茅种待进一

步确定外,其余均为真杂种。

试验设置在瑞丽育种站内,采用顺序排列法设计,行长 3.0m,行距 1.1m,下种量 54000 双芽/hm<sup>2</sup>,对照为全国当家种 ROC22、云南当家种粤糖 93-159 (YT93-159),经 2010-2012 年 2 年新植 1 年宿根的对比观察试验,调查株高、茎径、有效茎、单茎重、锤度等,计算公顷产量 = 单茎重 × 公顷有效茎,公顷含糖量 = 0.69 × 公顷产量 × 锤度。9 个性状的调查结果见表 1。

表 1 原始数据及理想值

Table 1 The primeval data and the ideal data

材料	母本	父本	出苗率 (%)	分蘖率 (%)	株高(cm)	茎径(cm)	单茎重 (kg)	有效茎 (株/hm <sup>2</sup> )	蔗产量 (t/hm <sup>2</sup> )	锤度 (%)	含糖量 (t/hm <sup>2</sup> )
Material	Female	Male	Percentage of seedlings	Percentage of tillerings	Plant height	Stalk diameter	Stalk weight	Stalk number	Cane yield	Brix	Sugar yield
09-150	光泽竹蔗	河南许昌蔗	36.7	336.4	257.0	1.79	0.59	192323	133.50	20.40	19.09
09-151	光泽竹蔗	河南许昌蔗	36.7	227.3	255.9	1.77	0.55	133838	78.59	16.16	8.85
09-152	光泽竹蔗	河南许昌蔗	56.7	217.6	260.4	1.72	0.53	147980	75.74	20.34	10.79
09-153	光泽竹蔗	Marjar	43.3	246.2	241.9	1.77	0.54	157071	71.07	17.33	8.58
09-154	Bawilspt	光泽竹蔗	83.3	440.0	247.5	2.20	0.83	116162	69.99	20.28	9.74
09-155	Barwilspt	河南许昌蔗	63.3	105.3	237.8	2.09	0.71	86869	62.73	21.86	9.44
09-156	Barwilspt	河南许昌蔗	70.0	61.9	238.7	2.34	0.90	68687	55.00	21.89	8.28
09-157	Barwilspt	河南许昌蔗	46.7	271.4	243.3	2.21	0.83	113939	95.67	21.71	14.42
09-158	Barwilspt	河南许昌蔗	73.3	104.5	252.2	2.34	0.99	111616	94.28	21.52	14.20
09-159	Barwilspt	河南许昌蔗	66.7	345.0	252.7	2.44	1.03	97475	100.77	22.56	15.61
09-160	Barwilspt	河南许昌蔗	73.3	186.4	247.3	2.34	0.94	95455	102.29	20.84	14.70
09-161	Barwilspt	Zopilata	83.3	276.0	236.8	2.71	1.21	90101	101.62	21.96	15.32
09-162	Barwilspt	Zopilata	36.7	454.5	279.4	3.03	1.81	93434	187.49	19.96	25.84
09-163	Barwilspt	Zopilata	63.3	173.7	229.3	2.57	1.05	79293	85.78	20.46	12.17
09-164	Barwilspt	Zopilata	66.7	290.0	245.8	2.87	1.39	88889	124.02	23.12	19.86
09-165	Barwilspt	Zopilata	76.7	152.2	222.9	2.66	1.07	80808	88.78	20.47	12.58
09-166	Barwilspt	河南许昌蔗	50.0	326.7	231.8	2.90	1.35	93939	116.32	19.92	16.19
09-167	Barwilspt	Badila	76.7	347.8	263.3	2.59	1.23	140909	131.57	23.01	20.92
09-167-1	Barwilspt	河南许昌蔗	93.3	171.4	268.0	2.60	1.26	90404	101.39	23.02	16.04
09-167-2	Barwilspt	河南许昌蔗	83.3	220.0	227.1	2.46	0.95	120202	130.63	21.58	19.31
09-168	Zopitala	云南 83-180	36.7	581.8	233.1	2.14	0.74	77273	68.76	18.65	8.77
09-169	Pansahi	Zopitala	46.7	371.4	252.4	2.30	0.92	74242	101.59	20.45	14.26
09-170	Pansahi	Zopitala	60.0	266.7	229.8	2.33	0.87	81818	53.15	18.46	6.73
09-171	Pansahi	Zopitala	70.0	295.2	247.8	2.57	1.14	102525	109.27	20.07	15.12
09-172	Pansahi	Zopitala	73.3	368.2	269.8	2.42	1.13	125758	137.84	20.20	19.20
09-173	Pansahi	Zopitala	93.3	114.3	248.3	2.18	0.84	124242	120.22	20.79	17.49
09-174	Pansahi	Zopitala	80.0	229.2	250.7	2.61	1.21	111111	123.85	20.34	17.37
09-175	Pansahi	Zopitala	63.3	168.4	225.9	2.35	0.85	87374	99.94	22.23	15.17
08-176	Pansahi	云南 83-180	36.7	618.2	197.4	1.74	0.42	162424	71.24	21.54	10.72
09-177	南涧果蔗	51NG63	46.7	435.7	266.1	1.92	0.71	142929	97.99	18.40	12.51
09-178	南涧果蔗	51NG63	66.7	265.0	254.9	1.86	0.64	169192	68.62	15.44	7.77
09-179	Barwilspt	云南 04-9-1	90.0	288.9	281.0	1.47	0.48	539394	127.48	15.27	13.48
09-180	Zopitala	南涧果蔗	63.3	242.1	209.7	2.41	0.82	100000	74.71	17.81	8.76
ROC22			43.3	215.4	267.4	2.48	1.16	73131	89.06	22.00	13.59
YT93-159			83.3	240.0	205.1	2.67	0.98	71717	70.63	22.04	10.53
理想值 Ideal data			93.3	618.2	281.0	3.03	1.81	539394	187.49	23.12	25.84

1.2 方法

1.2.1 灰色接近度分析法<sup>[18]</sup> 确定理想材料。设有 n 个参试材料,考察 m 个性状,则某材料 m 个性状观察值的集合构成材料行为序列,记为  $X_i(k)$ ,  $i = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, m$ 。评价材料优劣首先要有一个评价标准或准则,这个标准通常是复合育种目标的性状理想值,各育种目标性状理想值的集合构成理想行为序列记为  $X_0(k)$ 。本研究取 9 个性状的最大值为理想值。

为了使各个性状具有可比性,按以下公式进行无量纲化变换。

$$r_i(k) = \frac{x_i(k)}{\max_i x_i(k)} \quad (\text{性状为上限性状,即越大越好});$$

$$r_i(k) = \frac{\min_i x_i(k)}{x_i(k)} \quad (\text{性状为下限性状,即越小越好});$$

$$r_i(k) = \frac{x_q(k)}{x_q(k) + |x_q(k) - x_i(k)|} \quad (\text{性状为适中型时,即为某一理想值 } X_q(k))。$$

对 35 份材料采用性状上限性公式进行无量纲化处理,结果见表 2。

表 2 各性状数据无量纲化

Table 2 Dimensionless values of the character data

材料 Material	出苗率(%) Percentage of seedings	分蘖率(%) Percentage of tillerings	株高(cm) Plant height	茎径(cm) Stalk diameter	单茎重(kg) Stalk weight	有效茎 (株/hm <sup>2</sup> ) Stalk number	蔗产量 (t/hm <sup>2</sup> ) Cane yield	锤度(%) Brix	含糖量 (t/hm <sup>2</sup> ) Sugar yield
理想值 Ideal data	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
09-150	0.3929	0.5441	0.9146	0.5927	0.3272	0.3566	0.7121	0.8824	0.7388
09-151	0.3929	0.3676	0.9108	0.5830	0.3052	0.2481	0.4192	0.6989	0.3426
09-152	0.6071	0.3521	0.9267	0.5678	0.2954	0.2743	0.4040	0.8800	0.4177
09-153	0.4643	0.3982	0.8607	0.5834	0.2967	0.2912	0.3791	0.7497	0.3322
09-154	0.8929	0.7118	0.8807	0.7274	0.4612	0.2154	0.3733	0.8771	0.3771
09-155	0.6786	0.1703	0.8463	0.6900	0.3951	0.1610	0.3346	0.9457	0.3655
09-156	0.7500	0.1001	0.8493	0.7719	0.4974	0.1273	0.2933	0.9468	0.3206
09-157	0.5000	0.4391	0.8657	0.7303	0.4576	0.2112	0.5103	0.9391	0.5580
09-158	0.7857	0.1691	0.8975	0.7730	0.5471	0.2069	0.5029	0.9308	0.5494
09-159	0.7143	0.5581	0.8992	0.8047	0.5709	0.1807	0.5375	0.9756	0.6043
09-160	0.7857	0.3015	0.8802	0.7715	0.5198	0.1770	0.5456	0.9016	0.5691
09-161	0.8929	0.4465	0.8427	0.8950	0.6684	0.1670	0.5420	0.9496	0.5928
09-162	0.3929	0.7353	0.9943	1.0000	1.0000	0.1732	1.0000	0.8635	1.0000
09-163	0.6786	0.2810	0.8161	0.8494	0.5800	0.1470	0.4575	0.8848	0.4711
09-164	0.7143	0.4691	0.8747	0.9487	0.7697	0.1648	0.6615	1.0000	0.7686
09-165	0.8214	0.2462	0.7931	0.8796	0.5909	0.1498	0.4735	0.8853	0.4867
09-166	0.5357	0.5284	0.8249	0.9586	0.7447	0.1742	0.6204	0.8615	0.6268
09-167	0.8214	0.5627	0.9369	0.8551	0.6831	0.2612	0.7018	0.9953	0.8098
09-167-1	1.0000	0.2773	0.9537	0.8587	0.6998	0.1676	0.5408	0.9958	0.6210
09-167-2	0.8929	0.3559	0.8081	0.8129	0.5263	0.2228	0.6967	0.9332	0.7472
09-168	0.3929	0.9412	0.8294	0.7070	0.4122	0.1433	0.3667	0.8067	0.3394
09-169	0.5000	0.6008	0.8982	0.7580	0.5113	0.1376	0.5419	0.8845	0.5519
09-170	0.6429	0.4314	0.8178	0.7684	0.4796	0.1517	0.2835	0.7983	0.2606
09-171	0.7500	0.4776	0.8819	0.8483	0.6281	0.1901	0.5828	0.8679	0.5851
09-172	0.7857	0.5956	0.9601	0.7996	0.6232	0.2331	0.7352	0.8737	0.7432
09-173	1.0000	0.1849	0.8837	0.7193	0.4622	0.2303	0.6412	0.8991	0.6768
09-174	0.8571	0.3707	0.8921	0.8624	0.6677	0.2060	0.6606	0.8799	0.6723
09-175	0.6786	0.2724	0.8038	0.7760	0.4688	0.1620	0.5330	0.9616	0.5872
08-176	0.3929	1.0000	0.7025	0.5735	0.2318	0.3011	0.3799	0.9318	0.4149
09-177	0.5000	0.7048	0.9471	0.6350	0.3918	0.2650	0.5226	0.7958	0.4843
09-178	0.7143	0.4287	0.9070	0.6136	0.3565	0.3137	0.3660	0.6680	0.3009
09-179	0.9643	0.4673	1.0000	0.4852	0.2657	1.0000	0.6799	0.6605	0.5218
09-180	0.6786	0.3916	0.7464	0.7957	0.4533	0.1854	0.3985	0.7704	0.3392
ROC22	0.4639	0.3484	0.9516	0.8186	0.6405	0.1356	0.4750	0.9516	0.5259
YT93-159	0.8925	0.3882	0.7300	0.8815	0.5446	0.1330	0.3767	0.9535	0.4074
关联度 r(k)	0.8663	0.8375	0.8876	0.8967	0.8994	0.8288	0.9626	0.8938	1.0000
权重 W(k)	0.1073	0.1038	0.1100	0.1111	0.1114	0.1027	0.1192	0.1107	0.1239

灰色加权接近度计算。将材料性状行为序列  $X_i(k)$  和理想值序列  $X_0(k)$  的折线记为  $X_i$ 、 $X_0$ 。通常情况下,育种目标性状不能等量齐观,需赋予不同的权重  $W_k$ ,则无量纲化后的  $X_i$  和  $X_0$  变为:

$$X_i = [r_i(1)w_1, r_i(2)w_2, \dots, r_i(k)w_k, \dots, r_i(m)w_m] \text{ 和 } X_0 = [w_1, w_2, \dots, w_k, \dots, w_m]$$

令  $S_i - S_0 = \int_1^m (X_i - X_0) dt$ , 则  $S_i - S_0 \leq 0$ , 则称  $\rho_m =$

$$\frac{1}{1 + |S_i - S_0|} \text{ 为 } X_i、X_0 \text{ 基于接近性视角的加权灰色接近度, 简称灰色加权接近度。式中 } |S_i - S_0| = |\sum_{k=1}^m [r_i(k)w_k - w_k]| = |\sum_{k=1}^m [r_i(k) - 1]w_k|, \text{ 所以 } X_i \text{ 与}$$

$X_0$  越接近,  $\rho_m$  越大, 即第  $i$  个材料的综合性状越接近育种目标(理想值), 表现越好, 反之亦然。

各性状的权重集  $W_k = (W_1, W_2, W_3, \dots, W_m)$ ,  $K = 1, 2, 3, \dots, m$ , 权重系数的确定有灰色关联度法、德尔菲法、判断矩阵法、专家经验法等, 本研究采用的是灰色关联度法<sup>[12]</sup> 确定权重, 即: 各性状先进行均值化处理, 再计算含糖量(参考数列)与其余性状(比较数列)的灰色关联度, 并进行归一化处理得到各性状的权重系数  $W(k)$ , 结果见表 2。

通过加权后的性状行为序列  $X_i$  和理想值序列  $X_0$ , 计算出灰色接近度  $\rho_m$ , 并排序, 结果见表 3。

表 3 加权矩阵及灰色接近度

Table 3 The popedom matrix and the grey closeness degree

材料 Material	出苗率 (%) Percentage of seedlings	分蘖率 (%) Percentage of tillerings	株高(cm) Plant height	茎径(cm) Stalk diameter	单茎重 (kg) Stalk weight	有效茎 (株/hm <sup>2</sup> ) Stalk number	蔗产量 (t/hm <sup>2</sup> ) Cane yield	锤度 (%) Brix	含糖量 (t/hm <sup>2</sup> ) Sugar yield	接近度 Greycloseness degree	排序 Order
09-150	0.0422	0.0565	0.1006	0.0658	0.0365	0.0366	0.0849	0.0977	0.0915	0.7206	14
09-151	0.0422	0.0381	0.1001	0.0648	0.0340	0.0255	0.0500	0.0774	0.0424	0.6555	35
09-152	0.0652	0.0365	0.1019	0.0631	0.0329	0.0282	0.0482	0.0974	0.0517	0.6780	29
09-153	0.0498	0.0413	0.0946	0.0648	0.0331	0.0299	0.0452	0.0830	0.0412	0.6591	34
09-154	0.0958	0.0738	0.0968	0.0808	0.0514	0.0221	0.0445	0.0971	0.0467	0.7190	16
09-155	0.0728	0.0177	0.0930	0.0766	0.0440	0.0165	0.0399	0.1047	0.0453	0.6714	33
09-156	0.0805	0.0104	0.0934	0.0857	0.0554	0.0131	0.0350	0.1048	0.0397	0.6748	30
09-157	0.0537	0.0456	0.0952	0.0811	0.0510	0.0217	0.0608	0.1040	0.0691	0.7053	24
09-158	0.0843	0.0175	0.0987	0.0859	0.0609	0.0212	0.0600	0.1031	0.0681	0.7141	18
09-159	0.0766	0.0579	0.0989	0.0894	0.0636	0.0186	0.0641	0.1080	0.0749	0.7418	11
09-160	0.0843	0.0313	0.0968	0.0857	0.0579	0.0182	0.0651	0.0998	0.0705	0.7192	15
09-161	0.0958	0.0463	0.0927	0.0994	0.0745	0.0172	0.0646	0.1051	0.0734	0.7513	8
09-162	0.0422	0.0763	0.1093	0.1111	0.1114	0.0178	0.1192	0.0956	0.1239	0.8381	1
09-163	0.0728	0.0291	0.0897	0.0944	0.0646	0.0151	0.0546	0.0980	0.0584	0.7026	25
09-164	0.0766	0.0487	0.0962	0.1054	0.0858	0.0169	0.0789	0.1107	0.0952	0.7778	3
09-165	0.0881	0.0255	0.0872	0.0977	0.0658	0.0154	0.0565	0.0980	0.0603	0.7115	19
09-166	0.0575	0.0548	0.0907	0.1065	0.0830	0.0179	0.0740	0.0954	0.0776	0.7448	10
09-167	0.0881	0.0584	0.1030	0.0950	0.0761	0.0268	0.0837	0.1102	0.1003	0.7947	2
09-167-1	0.1073	0.0288	0.1049	0.0954	0.0780	0.0172	0.0645	0.1102	0.0769	0.7594	5
09-167-2	0.0958	0.0369	0.0888	0.0903	0.0586	0.0229	0.0831	0.1033	0.0926	0.7532	7
09-168	0.0422	0.0976	0.0912	0.0785	0.0459	0.0147	0.0437	0.0893	0.0420	0.6874	26
09-169	0.0537	0.0623	0.0988	0.0842	0.0570	0.0141	0.0646	0.0979	0.0684	0.7148	17
09-170	0.0690	0.0448	0.0899	0.0854	0.0534	0.0156	0.0338	0.0884	0.0323	0.6723	32
09-171	0.0805	0.0496	0.0970	0.0942	0.0700	0.0195	0.0695	0.0961	0.0725	0.7401	12
09-172	0.0843	0.0618	0.1056	0.0888	0.0694	0.0239	0.0877	0.0967	0.0921	0.7754	4
09-173	0.1073	0.0192	0.0972	0.0799	0.0515	0.0236	0.0765	0.0995	0.0838	0.7345	13
09-174	0.0920	0.0385	0.0981	0.0958	0.0744	0.0211	0.0788	0.0974	0.0833	0.7572	6
09-175	0.0728	0.0283	0.0884	0.0862	0.0522	0.0166	0.0636	0.1065	0.0727	0.7078	22
08-176	0.0422	0.1038	0.0772	0.0637	0.0258	0.0309	0.0453	0.1032	0.0514	0.6866	27
09-177	0.0537	0.0731	0.1041	0.0705	0.0437	0.0272	0.0623	0.0881	0.0600	0.7056	23
09-178	0.0766	0.0445	0.0997	0.0682	0.0397	0.0322	0.0436	0.0740	0.0373	0.6738	31
09-179	0.1035	0.0485	0.1100	0.0539	0.0296	0.1027	0.0811	0.0731	0.0646	0.7501	9
09-180	0.0728	0.0406	0.0821	0.0884	0.0505	0.0190	0.0475	0.0853	0.0420	0.6795	28
ROC22	0.0498	0.0362	0.1046	0.0909	0.0714	0.0139	0.0566	0.1053	0.0651	0.7112	20
YT93-159	0.0958	0.0403	0.0803	0.0979	0.0607	0.0137	0.0449	0.1056	0.0505	0.7090	21

**1.2.2 灰色关联度分析法**<sup>[12]</sup> 通过构建理想材料(或品种),进行无量纲化处理,然后求出无量纲化后的理想值与无量纲化后的各性状值的绝对差值,按公式: $r_{ij}(k) = \frac{\Delta_{\min} + \rho\Delta_{\max}}{\Delta_{ij}(k) + \rho\Delta_{\max}}$  ( $\rho$ 一般为0.5)计算各性状的关联度系数,根据各性状的权重系数再求出各材料的综合关联度  $r_i = \sum_{k=1}^m r_{ij} \cdot w(k)$ ,关联度值越大,参试材料的综合性越好,通过关联度排序对参试材料进行评价。

**1.2.3 同一度分析法**<sup>[17]</sup> 首先构建理想品种,再进行无量纲化,即求出参试材料与理想材料的同一度。然后,根据各性状的权重系数求出各材料的综合同一度。同一度值越大,参试材料的综合性越好,通过同一度排序对参试材料进行评价,这是一种非常简便的方法。

表4 各性状优良值分布

Table 4 Distributing of the excellent value of the characters

材料 Material	出苗率(%) Percentage of seedings	分蘖率(%) Percentage of tillerings	株高(cm) Plant height	茎径(cm) Stalk diameter	单茎重(kg) Stalk weight	有效茎 (株/hm <sup>2</sup> ) Stalk number	蔗产量 (t/hm <sup>2</sup> ) Cane yield	锤度 (%) Brix	含糖量 (t/hm <sup>2</sup> ) Sugar yield	排位 Order
09-154	√									16
09-155								√		33
09-155								√		30
09-159								√		11
09-161	√			√				√		8
09-162		√	√	√√	√√		√√		√	1
09-164				√	√			√√	√√	3
09-166				√						10
09-167			√					√	√	2
09-167-1	√√		√					√		5
09-167-2	√									7
09-168		√								26
09-172			√							4
09-173	√									13
09-174	√									6
09-175								√		22
09-176		√√								27
09-177			√							23
09-179	√		√√			√√				9
ROC22			√					√		20
YT93-159	√							√		21

“√√”表示最大值;“√”表示优良值

“√√”to max, “√”to excellent

## 2 结果与分析

### 2.1 灰色接近度分析结果

从表3中可看出,灰色接近度最大的是09-162( $\rho = 0.8381$ ),其次是09-167、09-164、09-172、09-167-1、09-174、09-167-2、09-161、09-179、09-166等,有19份材料超过对照ROC22( $\rho = 0.7112$ )和粤糖93-159( $\rho = 0.7090$ ),灰色接近度最小的是09-153( $\rho = 0.6591$ )、09-151( $\rho = 0.6555$ )。

### 2.2 参试材料的试验表现

把各个参试材料的每个性状与相应性状的平均值进行比较,找出优良级,即:性状值 > 平均值 + (最大值 - 平均值)/2,用“√”表示,其中各性状的最大值用“√√”表示,比较结果见表4。

从表 4 中可看出,灰色接近度排名前 10 位的参试材料均出现了优良级的性状。灰色接近度排第 1 位的为 09-162,其分蘖率、株高、茎径、单茎重、蔗产量、含糖量 6 个性状均表现为优良级,其中茎径、单茎重、蔗产量值最大,尤其蔗产量远大于平均值,是所有参试材料中唯一的优良级性状;灰色接近度排第 2 位的为 09-167,其株高、锤度、含糖量表现为优良级;灰色关联度排第 3 位的为 09-164,其茎径、单茎重、锤度、含糖量表现为优良级,其中锤度和含糖量值最大。所以,灰色关联度排名靠前的材料通常是某些性状表现较突出的材料,灰色接近度评价与材料表现比较一致。

表 5 3 种方法分析结果比较

Table 5 Compare to the results of the three methods

材料	灰色接近度	排序	灰色关联度	排序	同一度	排序
Material	Grey closeness degree	Order	Gray correlation degree	Order	Identical degree	Order
09-150	0.7206	14	0.5737	19	0.6122	14
09-151	0.6555	35	0.4891	35	0.4745	35
09-152	0.6780	29	0.5264	30	0.5250	29
09-153	0.6591	34	0.4894	34	0.4829	34
09-154	0.7190	16	0.5828	14	0.6091	16
09-155	0.6714	33	0.5284	29	0.5106	33
09-156	0.6748	30	0.5419	28	0.5180	30
09-157	0.7053	24	0.5560	23	0.5821	24
09-158	0.7141	18	0.5797	17	0.5997	18
09-159	0.7418	11	0.6084	12	0.6519	11
09-160	0.7192	15	0.5775	18	0.6095	15
09-161	0.7513	8	0.6285	7	0.6690	8
09-162	0.8381	1	0.8063	1	0.8068	1
09-163	0.7026	25	0.5560	24	0.5766	25
09-164	0.7778	3	0.6691	4	0.7144	3
09-165	0.7115	19	0.5735	20	0.5946	19
09-166	0.7448	10	0.6087	11	0.6573	10
09-167	0.7947	2	0.6825	2	0.7416	2
09-167-1	0.7594	5	0.6701	3	0.6831	5
09-167-2	0.7532	7	0.6237	9	0.6723	7
09-168	0.6874	26	0.5452	27	0.5452	26
09-169	0.7148	17	0.5656	21	0.6010	17
09-170	0.6723	32	0.5138	32	0.5125	32
09-171	0.7401	12	0.5967	13	0.6488	12
09-172	0.7754	4	0.6442	6	0.7103	4
09-173	0.7345	13	0.6175	10	0.6385	13
09-174	0.7572	6	0.6267	8	0.6793	6
09-175	0.7078	22	0.5650	22	0.5873	22
08-176	0.6866	27	0.5541	25	0.5435	27
09-177	0.7056	23	0.5513	26	0.5827	23
09-178	0.6738	31	0.5104	33	0.5158	31
09-179	0.7501	9	0.6465	5	0.6669	9
09-180	0.6795	28	0.5147	31	0.5283	28
ROC22	0.7112	20	0.5822	15	0.5939	20
YT93-159	0.7090	21	0.5815	16	0.5895	21
区分度 Q	0.1222		0.2448		0.2594	

### 2.3 3 种方法的比较

通过对 35 份材料的灰色接近度分析、灰色关联度分析、同一度分析,可看出灰色接近度分析结果与同一度分析结果是一致的,灰色接近度分析结果与灰色关联度分析结果虽然有差异,但总体一致。

本研究定义区分度  $Q = (S_{max} - S_{min}) / (S_{max} + S_{min})$ ,式中  $S_{max}$  表示参数中的最大值,如灰色接近度分析中的  $S_{max}$  为 0.8381,  $S_{min}$  则表示参数中的最小值,如灰色接近度分析中的  $S_{min}$  为 0.6555,其区分度为 0.1222,其余以此类推。结果表明 3 种分析方法中同一度分析法最大(0.2594),其次是灰色关联度分析(0.2448),灰色接近度最小(表 5)。

### 3 讨论

通过采用灰色接近度对 35 份甘蔗属原种间杂交的  $F_1$  产量、锤度、含糖量等重要性状进行综合分析和排序,找出了其中表现较好的材料,甚至超过了生产品种 ROC22、粤糖 93-159,说明组合利用是有效的,但是,还有一些重要的工艺性状如纤维粉、重力纯度、压榨比、化验糖分等未进行分析,所以结果只能对亲本材料的筛选和利用提供参考,不能指导生产应用。

灰色接近度的分析结果与材料的试验表现是比较一致的,说明此分析方法是可行的,此方法简化了灰色关联度分析中找最大值和最小值的过程,虽然区分度不如灰色关联度分析法,但不失为一种简便的评价方法。

同一度分析在工程技术、哲学和社会经济等领域中应用较为广泛,尤其是对方案的评价。在农作物育种中,主要应用在小麦性状间比较和亲本分类<sup>[20-21]</sup>,以及甘蔗野生割手密血缘  $F_1$  的分类探讨<sup>[22-23]</sup>,在品种、组合、性状分析和评价中不多见,本研究采用同一度分析法对原种间杂交后代进行综合评价,其结果与灰色接近度的分析结果一致,且同一度分析只需原始数据进行无量纲化后即可求出合同一度,更为简便。

#### 参考文献

- [1] 郭瑞林. 作物灰色育种学[M]. 北京:中国农业科技出版社,1995
- [2] 孟丽梅,杨子光,张珂,等. 灰色关联度分析法在小麦新品种综合评价上的应用[J]. 江西农业学报,2011,23(5):12-14
- [3] 于亚雄,陈坤玲,流利,等. 云南旱地小麦产量性状的灰色关联度分析[J]. 西南农业学报,2000,43(10):1438-1442
- [4] 刘录祥,孙其信,王士芸. 灰色系统应用于作物品种综合评估

- 初探[J]. 中国农业科学,1989,22(3):22-27
- [5] 于晓慧,王广元,梅青,等. 灰色关联度分析在水稻区试结果分析中的应用[J]. 山西农业科学,2004,32(1):22-25
- [6] 张健,张兴端,晏庆九,等. 灰色关联度分析在玉米品种评价中的应用[J]. 玉米科学,2006,14(5):52-55
- [7] 陈全家,毛鸿才,贾玉玲,等. 灰色关联度分析在棉花杂种优势中的应用[J]. 新疆农业大学学报,2002,25(3):54-58
- [8] 王献礼,田杰英,杜文全,等. 新疆长绒棉品种(系)的灰色关联度分析与综合评价[J]. 植物遗传资源学报,2003,4(2):144-146
- [9] 赵金环. 灰色评判系统在花生育种中的应用[J]. 安徽农业科学,2009,37(21):9925-9926,9977
- [10] 邹学敏,戴雄泽,马艳青,等. 湖南辣椒地方品种资源与湘研辣椒品种选育的灰色关联分析[J]. 植物遗传资源学报,2004,5(3):233-238
- [11] 陆鑫,蔡清,王丽萍,等. 应用灰色关联分析法评价甘蔗与斑茅杂交组合[J]. 西南农业学报,2007,20(1):103-106
- [12] 赵俊,范源洪,吴才文,等. 19 个国外引进甘蔗品种的灰色关联度分析[J]. 中国糖料,2007(2):27-29
- [13] 刘家勇,范源洪,杨洪昌,等. 31 个国外甘蔗引进种灰色多维综合评估[J]. 西南农业学报,2006,19(4):683-687
- [14] 赵克勤. 一种简明的方案综合评价方法[J]. 有色冶金设计与研究,1994,15(2):60-63
- [15] 叶赛仙,米红,赵克勤. 基于集对理论的死亡率与出生率的同一度研究[J]. 中国卫生统计,2011,28(5):594-595
- [16] 张瑞兰,耿建敏. 基于动态集对同一度的政府政绩综合评价方法研究[J]. 数学的实践与认识,2006,36(4):84-89
- [17] 姜永. 基于集对分析同一度的一种综合评价方法的改进与应用[J]. 福建农业大学学报,1998,27(2):245-248
- [18] 郭瑞林,刘亚飞,吴秋芳,等. 杂交组合灰色接近度评估方法及其在小麦育种中的应用[J]. 麦类作物学报,2012,32(5):989-995
- [19] 吴才文. 甘蔗亲本创新与突破性品种培育的探讨[J]. 西南农业学报,2005,18(6):858-861
- [20] 郭瑞林,王金平,胡文生,等. 育种目标性状间的同一关系分析方法研究[J]. 农业系统科学与综合研究,2004,20(2):93-95
- [21] 郭瑞林,周阳. 基于同一度的亲本分类方法研究[J]. 作物学报,2004,30(9):937-941
- [22] 经艳芬,周清明,董立华,等. 基于同一度的云南甘蔗细茎野生种血缘  $F_1$  代创新种质材料分类[J]. 南方农业学报,2012,43(10):1438-1442
- [23] 周清明,边芯,董立华,等. 云南湿润生态型甘蔗细茎野生种血缘  $F_1$  代创新种质材料同一度分类[J]. 南方农业学报,2012,43(12):1911-1915

## 欢迎订阅 2015 年《遗传》

《遗传》创刊于 1979 年,是中国遗传学会和中国科学院遗传与发育生物学研究所主办、科学出版社出版的学术期刊、中文核心期刊、中国精品科技期刊。已被医学索引(MEDLINE)、生物学数据库(BIOSIS)、生物学文摘(BA)、医学索引(Medical Index)、美国化学文摘(CA)、以及俄罗斯文摘杂志(AJ)等 20 多种国内外重要检索系统与数据库收录。

主要刊登有创新性的研究论文、新技术与新方法、学科热点问题的综述、学术讨论、遗传学教学、遗传学家介绍、学术会议信息及科学新闻等,内容涉及遗传学、基因组学、细胞生物学、发育生物学、分子进化、遗传工程及生物技术等领域。

月刊,112 页/期,定价 80 元/期,全年 960 元。各地邮局发行,邮发代号:2-810。国内刊号 CN 11-1913/R,国际统一刊号 ISSN 0253-9772。

地址:(100101)北京市朝阳区北辰西路 1 号

电话:010-64807669

传真:010-64807786

网址: <http://www.chinagene.cn>

E-mail: [yczz@genetics.ac.cn](mailto:yczz@genetics.ac.cn)