

## 超甜玉米新品种灰色关联综合评估初探

禹玉华<sup>1</sup>, 梁承邨<sup>1</sup>, 段俊<sup>1</sup>, 王子明<sup>2</sup>, 叶锦瑞<sup>3</sup>, 张旭林<sup>3</sup>, 王鸿昌<sup>3</sup>

(1. 中国科学院华南植物研究所, 广东 广州 510650; 2. 广东省农业厅农作物杂种优势利用站, 广东 广州 510500;

3. 广东省东莞市农业种子研究所, 广东 东莞 523063)

**摘要:** 采用灰色关联度分析法对参加广东省 1999 年秋植超甜玉米 (*Zea mays* var. *rugosa*) 新品种区域试验的 8 个品种, 从优质、高产、早熟、株高和果穗形态特征等共 17 个性状进行了分析。综合评估结果表明: 超甜 711 综合性状表现最优, 与参考品种最为接近, 具有鲜穗单产最高, 茎秆粗壮, 果穗大等特点; 穗甜 2 号表现好, 具有早熟、品质优良、株高和穗位高度适中特性; 粤甜 2 号综合性状表现最差。其余各参试品种综合性状表现由好至差的排序为金凤 3 号、金银 2 号、粤甜 3 号、超甜 28 和穗甜 1 号。此结果还表明, 按各品种的灰色关联度大小排序所进行的综合评估结果能充分反映品种的综合性状表现, 是符合客观实际的。

**关键词:** 甜玉米; 关联度; 综合评估

中图分类号: S513.037

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2001)01-0075-06

## A COMPREHENSIVE EVALUATION OF SOME NEW SWEET MAIZE VARIETIES WITH THE GREY RELATION DEGREE

YU Yu-hua<sup>1</sup>, LIANG Cheng-ye<sup>1</sup>, DUAN Jun<sup>1</sup>, WANG Zi-ming<sup>2</sup>,

YE Jing-rui<sup>3</sup>, ZHANG Xu-lin<sup>3</sup>, WANG Hong-chang<sup>3</sup>

(1. South China Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China;

2. Crop Heterosis Utilization Station of Guangdong Provincial Agriculture Department, Guangzhou 510500, China;

3. Research Institute of Agriculture and Seeds, Dongguan City, Dongguan 523063, China)

**Abstract:** Eight cultivars of sweet maize (*Zea mays* var. *rugosa*), which attended Guangdong provincial supersweet maize regional experiment in autumn cropping season in 1999, were evaluated by using the relation degree of grey system theory. They were analyzed from 17 traits including high-yielding, early-maturing, good-quality, plant height and green ear morphological characters. The comprehensive evaluation results showed that Supersweet 711 ranked first, which gave high yield, having strong stems and big green ears; Suitian 2 ranked second, having traits of early maturing, good quality and a appropriate plant height with medium ear height. The unweighted relation degree of other tested varieties ranked in descending order being Jingfeng 3, Jinyin 2, Yuetian 3, Supersweet 28, Suitian 1 and Yuetian 2. The weighted relation degree was in the order: Supersweet 711 > Jingfeng 3 > Suitian 2 > Yuetian 3 > Supersweet 28 > Yuetian 2 > Jinyin 2 > Suitian 1.

**Key words:** Sweet maize; Grey relation degree; Comprehensive evaluation

依据作物在品种比较试验、联合区域试验和生产试验示范中的性状表现对新品种进行综合评

收稿日期: 2000-06-30

价是现代作物育种工作的重要环节和内容。以往,育种工作者对作物区试新品种的评价,一般是针对其产量、品质、抗病性、抗逆性、稳定性等单项指标进行定性分析和比较,而缺乏对多项性状所提供的定量指标的综合评价,致使评定结果的准确性和可靠性受到一定程度的限制。20世纪80年代末以来,有学者将灰色系统理论中的灰色关联度分析法用于作物品种综合评估<sup>[1-3]</sup>和对作物高产育种主要经济性状的选择<sup>[4]</sup>,均收到了一定的效果。前人研究认为,按照各品种灰色关联度排序而进行的综合评估结果,能充分体现出品种的综合性状表现,是符合客观实际的,是完全可行的。本文采用刘录祥<sup>[1]</sup>等人的方法,对1999年度广东省超甜玉米区域试验的各参试品种进行综合评估,以期为我省今后在超甜玉米优质、高产、多抗和株型育种以及推广应用方面提供理论依据和参考。

## 1 材料和方法

**供试材料** 用广东省1999年秋植超甜玉米新品种区域试验的参试品种为材料:粤甜2号、粤甜3号、超甜28、超甜711、金银2号、金凤3号、穗甜2号和穗甜1号,其中以穗甜1号作为对照种。试验在增城、河源、梅州、阳春和遂溪5个试点进行。选取鲜穗单产(TR1)、生育期(TR2)、植株高度(TR3)、穗位高度(TR4)、茎秆粗度(TR5)、果穗长度(TR6)、果穗粗度(TR7)、秃顶长度(TR8)、穗行数(TR9)、行粒数(TR10)、单穗鲜重(TR11)、单穗净重(TR12)、单穗鲜粒重(TR13)、出籽率(TR14)、可溶性多糖含量(TR15)、果皮比例(TR16)和适口性(TR17)共17个性状,作为灰色关联度分析和综合评估的依据。

**参考品种的确定** 参考品种各性状的构造主要根据广东省超甜玉米育种目标或取比参试品种各性状之上限值略大一点的数值,但有些指标,如生育期、植株高度、穗位高度、秃顶长度和果皮厚度,并不是越大越好,须进行相应的变换。

$$\text{数据的无量纲化处理} \quad x'_i(k) = \frac{x_i(k)}{x_0(k)} \quad (1)$$

$x'_i(k)$ 是变换后的第*i*个品种第*k*个性状的值, $x_i(k)$ 和 $x_0(k)$ 分别为第*i*个参试品种和参考品种的第*k*个性状的原始值。本文中*i*=0,1,2,3,⋯,8;*k*=1,2,3,⋯,17(下同)。

$$\text{计算参考品种与各参试品种对应性状的绝对差值} \quad \Delta_i(k) = |x'_i(k) - x'_0(k)| \quad (2)$$

$\Delta_i(k)$ 为第*i*个参试品种 $x_i$ 与参考品种 $x_0$ 在第*k*个性状上的绝对差值。

$$\text{计算关联系数} \quad \xi_i(k) = \frac{\Delta_{\min} + \rho \Delta_{\max}}{\Delta_i(k) + \rho \Delta_{\max}} \quad (3)$$

其中 $\Delta_{\min} = \min_i \min_k \{\Delta_i(k)\}$ ,  $\Delta_{\max} = \max_i \max_k \{\Delta_i(k)\}$ ,  $\rho$ 为分辨系数,通常取 $\rho = 0.5$ 。

$$\text{计算关联度} \quad r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_i(k) \quad (4)$$

$$r'_i = \sum_{k=1}^n \xi_i(k) w(k) \quad (5)$$

其中 $r_i$ 表示等权关联度; $r'_i$ 表示加权关联度;*n*为性状数目; $w(k)$ 为第*k*个性状的权重。

## 2 结果与分析

### 2.1 资料整理及性状值的无量纲化处理

为使参考品种各性状值均以最大值表示,对参考品种及各参试品种部分性状的原始值进行

如下变换: TR2 为 72/ 生育期; TR3 为 180/ 株高; TR4 为 45/ 穗粒高度; TR8 为 1/ 秃顶长度; TR16 为 0.05/ 果皮比例; TR17 则按适口性很好计 10, 适口性好计 9, 较好计 8, 中等计 7, 较差计 5。然后, 将经过变换后的各参试品种与参考品种的性状值根据 (1) 式进行无量纲化处理, 所得结果列于表 1。

表 1 参试品种各性状的无量纲数值  
Table 1 Purc data of the tested variety traits after non-dimensional change

性状	参考品种 ( $x_0$ )	超甜 711	金凤 3 号	超甜 28	粤甜 3 号	粤甜 2 号	金银 2 号	穗甜 1 号	穗甜 2 号
Traits	Reference variety	Supersweet	Jinfeng 3	Supersweet	Yuetian 3	Yuetian 2	Jinyin 2	Suitian 1	Suitian 2
		711 ( $x_1$ )	( $x_2$ )	28 ( $x_3$ )	( $x_4$ )	( $x_5$ )	( $x_6$ )	( $x_7$ )	( $x_8$ )
TR1	1.000	0.9826	0.9420	0.9240	0.9082	0.8780	0.8754	0.8366	0.8130
TR2	1.000	0.9340	0.9583	0.9583	0.9971	0.9838	0.9709	0.9709	0.9971
TR3	1.000	0.9038	0.9119	0.9904	0.9436	0.9777	0.9088	0.9078	0.9856
TR4	1.000	0.6948	0.6670	0.7678	0.7117	0.7717	0.7329	0.7097	0.9845
TR5	1.000	0.9560	0.8022	0.7802	0.7656	0.7839	0.8242	0.7912	0.7326
TR6	1.000	0.9748	0.9452	0.9233	0.9048	0.9286	0.9005	0.9014	0.9038
TR7	1.000	0.9848	0.9717	0.9674	0.9804	0.9739	0.9935	0.9174	0.9261
TR8	1.000	0.6795	0.7121	0.5905	0.8964	0.6387	0.8000	0.9921	0.9074
TR9	1.000	0.9615	0.9744	0.9167	0.8462	0.8654	0.9359	0.8782	0.8654
TR10	1.000	0.9378	0.9404	0.9119	0.8549	0.8886	0.9741	0.8912	0.9456
TR11	1.000	0.9720	0.9580	0.8958	0.8881	0.8920	0.8689	0.7983	0.7902
TR12	1.000	0.9606	0.9628	0.8880	0.9248	0.9449	0.8773	0.8464	0.8227
TR13	1.000	0.9690	0.9870	0.9093	0.9395	0.9690	0.9503	0.9258	0.9474
TR14	1.000	0.8634	0.8777	0.8763	0.8696	0.8778	0.9271	0.9362	0.9856
TR15	1.000	0.8465	0.9381	0.8144	0.8561	0.8336	0.7861	0.6820	0.8566
TR16	1.000	0.9882	0.8331	0.8220	0.9252	0.9134	0.8306	0.7943	0.9967
TR17	1.000	0.8000	0.7000	0.5000	0.8000	0.7000	0.9000	0.7000	0.9000

表 2 参考品种  $X_0$  与各参试品种  $x_i$  的绝对差值  
Table 2 Absolute difference values of corresponding trait between reference variety and tested variety

k	$\Delta_1(k)$	$\Delta_2(k)$	$\Delta_3(k)$	$\Delta_4(k)$	$\Delta_5(k)$	$\Delta_6(k)$	$\Delta_7(k)$	$\Delta_8(k)$
TR1	0.0174	0.0580	0.0760	0.0918	0.1220	0.1246	0.1634	0.1870
TR2	0.0660	0.0417	0.0417	0.0029	0.0162	0.0291	0.0291	0.0029
TR3	0.0962	0.0881	0.0096	0.0654	0.0223	0.0912	0.0922	0.0144
TR4	0.3052	0.3330	0.2322	0.2883	0.2283	0.2671	0.2903	0.0155
TR5	0.0440	0.1978	0.2198	0.2344	0.2161	0.1758	0.2082	0.2674
TR6	0.0252	0.0548	0.0767	0.0952	0.0714	0.0995	0.0986	0.0962
TR7	0.0152	0.0283	0.0326	0.0196	0.0261	0.0065	0.0826	0.0739
TR8	0.3205	0.2879	0.4095	0.1036	0.3613	0.2000	0.0079	0.0926
TR9	0.0395	0.0256	0.0833	0.1583	0.1346	0.0641	0.1218	0.1346
TR10	0.0622	0.0596	0.0881	0.1451	0.1114	0.0259	0.1088	0.0544
TR11	0.0280	0.0420	0.1042	0.1119	0.1080	0.1311	0.2017	0.2098
TR12	0.0394	0.0372	0.1120	0.0752	0.0551	0.1227	0.1536	0.1773
TR13	0.0310	0.0130	0.0907	0.0605	0.0310	0.0497	0.0742	0.0526
TR14	0.1366	0.1223	0.1237	0.1304	0.1222	0.0729	0.0638	0.0144
TR15	0.1535	0.0619	0.1856	0.1439	0.1664	0.2139	0.3180	0.1434
TR16	0.0118	0.1669	0.1780	0.0748	0.0866	0.1694	0.2057	0.0033
TR17	0.2000	0.3000	0.5000	0.2000	0.3000	0.1000	0.3000	0.1000

## 2.2 关联系数

根据(2)式先求出  $x_0$  与  $x_i$  各对应性状值的绝对差值  $\Delta_i(k)$ , 所得结果列于表 2。

由表 2 可知, 二级最小差  $\Delta_{\min}=0.0029$ , 二级最大差  $\Delta_{\max}=0.5000$ 。本文取分辨系数  $\rho=0.5$ 。根据(3)式求出关联系数  $\xi_i(k)$ , 其结果列于表 3。

表 3 各参试品种与参考品种各性状之间的关联系数  
Table 3 Trait relative coefficient between each tested variety and reference variety

k	$\xi_1(k)$	$\xi_2(k)$	$\xi_3(k)$	$\xi_4(k)$	$\xi_5(k)$	$\xi_6(k)$	$\xi_7(k)$	$\xi_8(k)$	W(k)
TR1	0.9458	0.8211	0.7758	0.7399	0.6798	0.6751	0.6118	0.5787	0.25
TR2	0.8003	0.8670	0.8670	1.0000	0.9500	0.9061	0.9061	1.0000	0.15
TR3	0.7305	0.7480	0.9742	0.8018	0.9288	0.7412	0.7390	0.9565	0.01
TR4	0.4555	0.4338	0.5245	0.4698	0.5287	0.4891	0.4681	0.9525	0.01
TR5	0.8602	0.5648	0.5383	0.5221	0.5426	0.5939	0.5522	0.4888	0.01
TR6	0.9190	0.8297	0.7741	0.7326	0.7869	0.7236	0.7255	0.7305	0.01
TR7	0.9536	0.9087	0.8949	0.9381	0.9160	0.9860	0.7604	0.7808	0.01
TR8	0.4433	0.4702	0.3835	0.7152	0.4137	0.5584	0.9806	0.7382	0.01
TR9	0.8736	0.9176	0.7588	0.6263	0.6576	0.8052	0.6802	0.6576	0.01
TR10	0.8101	0.8169	0.7480	0.6401	0.6998	0.9166	0.7048	0.8308	0.01
TR11	0.9097	0.8661	0.7140	0.6988	0.7064	0.6636	0.5599	0.5500	0.03
TR12	0.8739	0.8806	0.6986	0.7777	0.8289	0.6786	0.6266	0.5919	0.03
TR13	0.9000	0.9616	0.7423	0.8145	0.9000	0.8438	0.7800	0.8358	0.03
TR14	0.6542	0.6793	0.6767	0.6648	0.6795	0.7832	0.8059	0.9565	0.03
TR15	0.6268	0.8108	0.5806	0.6420	0.6073	0.5452	0.4452	0.6429	0.20
TR16	0.9660	0.6066	0.5909	0.7786	0.7513	0.6030	0.5550	0.9984	0.10
TR17	0.5620	0.4598	0.8430	0.5620	0.4598	0.7226	0.4598	0.7226	0.10

## 2.3 各参试品种的关联度

将表 3 中的关联系数值代入公式(4)中, 即可得各参试品种与参考品种的关联度。但实际上, 品种各性状指标的作用不尽相同。根据超甜玉米育种目标, 结合有关专家经验和意见, 分别赋予各性状一定的权重值 W(k)(表 3)。然后按(5)式计算得出各参试品种的加权关联度, 并将各参试品种与参考品种的关联度从大到小排序, 结果见表 4。

表 4 各参试品种与参考品种的关联度及排序  
Table 4 Relation degrees between tested variety and reference variety

	超甜 711 Supersweet 711	金凤 3 号 Jinfeng 3	超甜 28 Supersweet 28	粤甜 3 号 Yuetian 3	粤甜 2 号 Yuetian 2	金银 2 号 Jinyin 2	穗甜 1 号(对照) Suitian 1(control)	穗甜 2 号 Suitian 2
等权关联度 ( $r_i$ )	0.7814	0.7437	0.7109	0.7132	0.5573	0.7179	0.6683	0.7654
Unweighted relation degree								
排序 Rank	1	3	6	5	8	4	7	2
加权关联度 ( $r_j$ )	0.7952	0.7627	0.7244	0.7406	0.7032	0.6935	0.6187	0.7447
Weighted relation degree								
排序 Rank	1	2	5	4	6	7	8	3

秩相关系数  $r_s=0.7857$ , t 测验值为  $3.111 > t_{0.01}=2.576$ , 即差异极显著<sup>[5]</sup>。

## 2.4 关联分析结果

根据灰色系统理论中的关联分析原则,关联度大的数列与参考数列的关系最为密切,反之,关联度小的数列与参考数列的关系最为疏远<sup>[6]</sup>。本研究认定参考品种是综合性状最优良的品种,是育种者拟选育的理想品种或模式品种。从表4可知,参试品种超甜711与参考品种间的等权关联度最大( $r_1=0.7814$ )。因此,超甜711综合性状最好。综合性状表现较好的为穗甜2号( $r_8=0.7654$ )和金凤3号( $r_2=0.7437$ );穗甜1号和超甜28与参考品种之间的关联度较小,综合性状表现较差;粤甜3号和金凤2号等品种的综合性状表现一般。

等权关联度和加权关联度排序的秩相关系数 $r_s=0.7857$ ,经t测验结果表明差异极显著,这说明由加权关联度序列分析得出的结论与上述等权关联度分析结果基本一致。综合性状表现最好的仍为参试品种超甜711,与参考品种之间的加权关联度也最大( $r_1'=0.7952$ )。综合性状表现较好的仍为穗甜2号和金凤3号;综合性状表现较差的为对照种穗甜1号;其余品种综合性状表现一般。

根据表3所提供的关联系数矩阵信息可进一步剖析各参试品种综合性状表现优劣的原因。超甜711的综合性状之所以表现最好,主要是因为它的各项性状指标如鲜穗单产、茎粗、穗长、穗粗、单穗鲜重、果皮比例和可溶性多糖含量与参考品种的关联系数都较高,尤其是鲜穗单产、单穗鲜重、穗长和茎粗等性状的关联系数在所有参试品种中为最高,这表明该品种不但有较好的品质表现,而且有最高的产量表现。穗甜2号由于生育期、株高、穗位高度、出籽率和果皮比例等性状与参考品种间的关联系数均最大,这说明该品种表现早熟、植株形态特征较理想、品质表现亦较好。金凤3号与参考品种的关联度也较高,主要是由于果穗长度、穗粗、穗行数、单穗鲜重、单穗鲜粒重和可溶性糖含量等性状与参考品种有较高的关联系数,特别是可溶性糖含量和穗行数这两个性状指标的关联系数最大。粤甜2号由于各项性状指标与参考品种之间有一定的差距,关联系数较小,故综合性状表现较差。穗甜1号则由于可溶性糖含量和果皮比例与参考品种间的关联系数均为最小,且产量表现一般,因而拉大了与参考品种间的距离,所以它的综合性状表现差。其余品种如金凤2号、粤甜3号、超甜28等综合性状表现中等的原因主要是由于没有一些表现突出的性状和优势,与参考品种之间存在一定的差距。

## 3 结论与讨论

**灰色关联度分析的可行性** 灰色系统理论自20世纪80年代初问世以来<sup>[6]</sup>,已在农业经济、粮食预测和作物遗传育种中逐步得到应用。利用灰色关联度分析综合评估农作物新品种正处在探讨之中,刘录祥等<sup>[1]</sup>通过对杂交小麦区试品种进行灰色关联评估后认为,灰色系统理论完全可以应用于作物新品种的综合评价。本研究通过对参加1999年秋植超甜玉米区域试验新品种进行关联分析综合评估,取得了与实际比较吻合的效果。本文认为在构设的参考品种各性状指标趋于合理的情况下,应用灰色系统理论中的灰色关联度分析综合评估超甜玉米新品种是符合客观实际的,具有一定的指导意义和应用价值。

**参考品种的合理构设** 育种的目的是选育出优良品种供生产上应用。所谓优良品种是个相对的概念,在不同的自然生态条件下有着不同的内涵,即具有较强的灰色性。在灰色关联分析

中构设的参考品种是特定条件下的优良品种,亦即育种工作者需要选育的理想品种或模式品种。以参考品种作为关联分析的标准尺度,它全然决定着关联分析结果的可靠性和准确程度。因此,设定参考品种的各项性状指标时要全面衡量,慎重考虑,过高或过低均会使优异品种或性状丢失,甚至一般品种或性状入选。在应用灰色关联分析法综合评估新品种时,确定参考品种应密切结合当前育种目标,把比参试品种中各性状的上限值略优一点的数值构成的数列看作参考数列(参考品种)。本研究中参考品种的性状指标主要依据当前生产上所要求的优良品种所具备的优良综合性状、结合育种目标以及参考国外优良品种(本地生产上深受种植者和消费者喜爱的品种)综合性状来确定。因此,这也是具有实际意义的。

**关于权重值** 对农作物新品种进行灰色关联度综合评估主要依据参试品种各性状指标在整个系统中的贡献大小来实现,得出的是一般性的评估结果,即等权关联度评判。事实上,反映一个品种综合性状优劣的各性状指标的作用不尽相同。前人<sup>[1]</sup>研究结果表明,在一般关联分析的基础上,根据育种目标、生产实践和育种工作者的经验等方面的要求,赋予各主要考察性状不同的权重值,求出待评估品种与参考品种的加权关联度,才能更客观地反映出品种综合性状的优劣。超甜玉米育种不同于普通玉米,两者有较大差别。超甜玉米育种在强调产量水平的同时,更注重品质性状。因此,本研究赋予品质性状(如可溶性多糖含量、果皮比例和适口性等)较大的权重值(0.4),已超过产量性状(如鲜穗单产、单穗净重、单穗鲜粒重和出籽率等)的权重值(0.37)。在赋予各主要性状不同的权重值后得出各品种综合评估结果,即加权关联度分析综合评估结果,与等权关联度分析综合评估结果基本一致,但有些品种如金银2号却表现更差,究其原因可能是由于权重分配不公。因此,该研究中的评估结果仍有待生产实践去检验。

值得一提的是,本文旨在探讨利用灰色关联分析综合评估超甜玉米区试新品种在优质、高产、多抗和早熟等方面的综合性状表现,但由于本区试资料中所提供的抗病性、抗逆性等性状指标不详,导致本研究存在某些欠缺,在一定程度上会影响灰色关联分析综合评估超甜玉米新品种的实际效果。

本文通过运用灰色关联分析综合评估我省超甜玉米新品种,更加明确了今后在选育(配)超甜玉米新组合时,除了应考虑早熟、高产、株型和抗性性状外,营养品质(主要包括水溶性多糖含量高、蛋白质和赖氨酸含量高及维生素含量丰富)、食用品质(主要指爽脆、种皮薄、口感好)和市场品质(即外观品质)也是育种目标和主攻方向。

#### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 周守年. 应用灰色关联分析综合评估大豆品种的初步研究 [J]. 安徽农业科学, 1991, 19(1):22-28.
- [3] 黄志勇. 用关联分析法评价棉花区试品种 [J]. 中国棉花, 1995, 22(11):19-20.
- [4] 陈举林. 灰色关联分析在玉米高产育种上的应用 [J]. 农业系统与综合研究, 1993, 9(2):143-145.
- [5] 童一中. 作物育种常用的统计分析法 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978, 210-231, 326.
- [6] 邓聚龙. 灰色系统综述 [J]. 世界科学, 1983, (7):1-5.