

## 玉米杂交种产量性状与穗位叶光合性状关联度分析

唐海涛<sup>1</sup>,张彪<sup>1</sup>,谭君<sup>1</sup>,田玉秀<sup>2</sup>,康继伟<sup>1</sup>,叶国成<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>四川省农科院作物所国家玉米改良分中心,四川成都 610066;<sup>2</sup>农四师农科所,新疆伊犁 835004)

**摘要:**玉米的产量是由多个因素共同作用的结果,果穗产量性状是其直接表现。玉米植株中部叶片尤其是穗位叶的光合性状对籽粒产量的形成具有重要作用。因此,分析玉米穗位叶光合性状与玉米杂交种产量性状间的相互关系对选育高产、优质、抗病、广适玉米新杂交种具有重要意义。此文应用灰色关联度分析方法,对玉米杂交种穗部产量性状与穗位光合性状间的相关性进行了分析。结果表明:与玉米杂交种单穗粒重最为相关的穗部光合性状是穗位茎节长,其次是叶面积、叶长、光合效率和比叶重等。对玉米杂交种穗部产量性状综合影响较大的穗位光合性状有穗位茎节长、叶长、比叶重等。

**关键词:**玉米杂交种;产量性状;穗位叶;光合性状;灰色关联度分析

中图分类号:S330

文献标志码:A

论文编号:2010-1729

### Grey Correlation Degree Analysis on Yield and Photosynthetic Characteristics of Ear Leaf on Hybrids of Corn

Tang Haitao<sup>1</sup>, Zhang Biao<sup>1</sup>, Tan Jun<sup>1</sup>, Tian Yuxiu<sup>2</sup>, Kang Jiwei<sup>1</sup>, Ye Guocheng<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Chengdu National Corn Improvement Sub-center, Crop Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066;

<sup>2</sup>The Agricultural Research Institution of Division 4 of Xinjiang Production and Construction Commission, Yili 835004)

**Abstract:** The photosynthetic characteristics of ear on corn play an important role in yield formation of corn. Application of grey relational analysis method, the correlation of yield characteristics and photosynthetic characteristics of ear on corn were analyzed. The results showed that the magnitude on effects of vary photosynthetic characters on weight per Ear in turn was ear stem length, area, length, PN, specific leaf weight, wide, concentration of chlorophyll, ear position, plant height, value of orientation, ear stem length and thickness, etc. The top three magnitudes on synthetically effects of photosynthetic characteristics on yield was ear stem length, length, specific leaf weight.

**Key words:** corn hybrids; yield characteristics; ear-leaf; photosynthetic characteristics; grey correlation degree analysis

### 0 引言

高产是玉米育种永恒追求的目标,产量的高低集中表现在穗部性状。玉米的产量是由多个因素共同作用的结果,弄清各因素对产量影响的主次关系对选育玉米新杂交种具有重要意义<sup>[1-2]</sup>。崔俊明<sup>[3]</sup>指出。玉米植株中部叶片对籽粒产量的形成具有重要作用。赵可夫<sup>[4]</sup>、苏祯禄<sup>[5]</sup>、魏国才<sup>[6]</sup>等指出,玉米叶片的有效光合

层是穗位叶和结实雌穗上下节的叶片,这三叶对玉米干物质的积累非常重要。白永新等<sup>[7]</sup>认为棒三叶中又以穗位叶对产量的影响最大,其对产量形成的作用尤为重要。目前国内外研究多集中玉米棒三叶对玉米单穗粒重的影响,而玉米杂交种穗位叶光合性状及穗位茎节长度与穗部产量性状相关性的研究较少。灰色关联度分析法是一种综合分析玉米新品种各性状相互关

基金项目:“863”计划(2009AA101103-9)、国家“十一五”科技支撑计划(2006BAD01A03)、四川省农科院青年基金项目(2010QNJJ-007)。

第一作者简介:唐海涛,男1975年出生,重庆合川人,硕士,副研,从事玉米遗传育种研究工作。通信地址:610066 成都市外东狮子山侧,四川省农科院作物所, Tel: 028-84504255, E-mail: tanghaitao255@163.com。

通讯作者:张彪,男,1956年出生,重庆永川人,硕士,研究员,研究领域为玉米遗传育种。通信地址:610066 成都市外东狮子山侧,四川省农科院作物所, Tel: 028-84504254, E-mail: biao869@mail.sc.cninfo.net。

收稿日期:2010-06-04,修回日期:2010-07-13。

系的统计分析方法。该分析法的基本思想是根据曲线几何图性的相似程度来判断关联程度,关联度是反映这种密切程度的尺度。灰色关联分析法具有所需样本小、方法简便、信息量大等优点,在玉米新品种筛选、区域试验和农艺性状相关性分析中得到越来越多的重视和应用<sup>[8]</sup>。

该文利用灰色关联度分析的方法,对65个玉米杂交种产量性状与穗位叶光合性状进行分析,旨在明确单穗粒重等产量性状与穗位叶光合性状及穗位茎节长度的关联程度,并探讨影响玉米杂交种单穗粒重等穗部产量性状的穗位叶光合性状,为快速、直观选育高产优质玉米新品种的方法提供理论基础。

### 1 材料与方法

#### 1.1 供试材料

此研究选用四川省常用的11个玉米自交系(成698-3、成687、7331、齐205、18-599、48-2、543、京24、

Q763、X178、GK347)组配的正交及部分反交共计65个杂交组合<sup>[9]</sup>(表1)。试验材料于2007年种植于四川省农科院农业试验场(成都),此文选用其中测试条件与生长发育状态相近的65个玉米杂交种进行分析。种植方式为双行区,行长6 m,行株距配置为75 cm×30 cm。每小区在乳熟期生长状况相近的植株中随机挂牌取5株调查株高、穗位高、穗位茎节长、穗位茎节粗,以及穗位叶的叶长、叶宽、叶面积、叶肉厚度、叶片干重、叶绿素含量、比叶重、叶向值和光合效率(PN)等,以5株平均值作为统计单位。叶绿素含量的测定利用美国产SPAD502型叶绿素测定仪进行;叶向值的测定按Pepper提出的方法计算;光合效率(PN)的测定利用美国产CI-340型进行;在收获后取挂牌植株的果穗调查穗长、穗粗、轴粗、粒深、秃尖、穗行数、行粒数、粒厚、穗粒数、百粒重、单穗粒重等,以5株平均值作为统计单位。

表1 供试的65个玉米杂交组合

编号	组合	编号	组合	编号	组合	编号	组合
1	成自698-3×18-599	18	18-599×7331	35	GK347×543	52	Q763×齐205
2	成自698-3×48-2	19	18-599×掖478	36	GK347×京24	53	Q763×7331
3	成自698-3×齐205	20	18-599×543	37	GK347×X178	54	Q763×成自698-3
4	成自698-3×7331	21	18-599×X178	38	543×7331	55	Q763×成687
5	成自698-3×543	22	48-2×18-599	39	543×成自698-3	56	Q763×543
6	成自698-3×X178	23	48-2×齐205	40	543×X178	57	Q763×京24
7	成687×成自698-3	24	48-2×7331	41	京24×18-599	58	Q763×GK347
8	成687×18-599	25	48-2×掖478	42	京24×48-2	59	Q763×X178
9	成687×48-2	26	48-2×成自698-3	43	京24×齐205	60	X178×18-599
10	成687×齐205	27	48-2×543	44	京24×7331	61	X178×48-2
11	成687×掖478	28	GK347×18-599	45	京24×成自698-3	62	X178×齐205
12	成687×543	29	GK347×48-2	46	京24×成687	63	X178×7331
13	成687×X178	30	GK347×齐205	47	京24×543	64	X178×成自698-3
14	齐205×7331	31	GK347×7331	48	京24×GK347	65	X178×543
15	齐205×掖478	32	GK347×掖478	49	京24×X178		
16	齐205×543	33	GK347×成自698-3	50	Q763×18-599		
17	18-599×齐205	34	GK347×成687	51	Q763×48-2		

#### 1.2 分析方法

按照灰色系统理论,将玉米性状视为一个灰色系统,每一个性状指标看作灰色系统中的一个因素,根据邓聚龙<sup>[10]</sup>的方法计算系统中各因素的关联度。

1.2.1 设定参考数列 设参考数列(如产量)为 $X_0$ ,其余性状为比较数列 $X_i(1, 2, N)$ 。当参考数列不止一个时,通过计算各个参考数列与比较数列之间关联度,构成关联矩阵。

1.2.2 数据标准处理方法 由于各性状因素(原始数据)量纲不一致,无法进行比较,因此需用标准差法进行无量纲化处理。

$$x'_i(k) = \frac{x_i(k) - \bar{x}_i}{S_i}$$

式中 $x_i(k)$ 为原始数据, $\bar{x}_i$ 为同一性状均值, $S_i$ 为同一性状标准差, $x'_i(k)$ 为处理后数据。

1.2.3 计算灰色关联系数及关联度 灰色关联系数 $N_i$

(k)及关联度 $r_i$ 按照下列公式计算:

$$NI(K) = \frac{\min_i \min_k |X'_0(k) - X'_i(k)| + \rho \left( \max_i \max_k |X'_0(k) - X'_i(k)| \right)}{\max_i \max_k |X'_0(k) - X'_i(k)| + \rho \left( \max_i \max_k |X'_0(k) - X'_i(k)| \right)}$$

式中  $\min_i \min_k |X'_0(k) - X'_i(k)|$  为两级最小差,  $\max_i \max_k |X'_0(k) - X'_i(k)|$  为两级最大差。分辨系数 $\rho$ 取0.5。

关联度按下列公式计算:关联度是关联系数的算术平均值。

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

## 2 结果与分析

### 2.1 玉米杂交种单穗粒重与穗位光合性状关联度分析

以玉米杂交种单穗粒重为参考数列,穗位光合性状为比较数列,计算结果见表2。

玉米杂交种单穗粒重与穗位光合性状的关联度为:穗位茎节长>叶面积>叶长>光合效率>比叶重>叶宽>叶绿素含量>叶重>穗位高>株高>叶向值>穗位茎粗。说明与玉米杂交种单穗粒重关联最紧密的穗位光合性状是穗位茎节长;其次是叶面积、叶长、光合效率和比叶重等;最后依次是叶宽、叶绿素含量、叶重、穗位高、株高、叶向值和穗位茎粗等。

表2 玉米杂交种单穗粒重与穗位光合性状的关联系数和关联度

组合	株高	穗位高	穗位茎节长	穗位茎茎粗	叶长	叶宽	叶面积	叶厚	叶向值	叶绿素含量	叶重	比叶重	光合效率
1	0.790	0.618	0.940	0.635	0.689	0.541	0.904	0.701	0.637	0.693	0.460	0.471	0.735
2	0.809	0.876	0.907	0.709	0.910	0.651	0.740	0.875	0.669	0.657	0.489	0.495	0.856
3	0.541	0.534	0.812	0.770	0.895	0.889	0.922	0.786	0.837	0.981	0.537	0.537	0.684
4	0.987	0.706	0.779	0.766	0.929	0.665	0.853	0.892	0.843	0.699	0.562	0.528	0.756
5	0.605	0.575	0.646	0.541	0.739	0.668	0.773	0.536	0.682	0.741	0.922	0.707	0.640
6	0.805	0.795	0.595	0.635	0.666	0.491	0.563	0.609	0.542	0.620	0.477	0.607	0.812
7	0.949	0.703	0.960	0.700	0.680	0.839	0.699	0.601	0.826	0.612	0.515	0.465	0.749
8	0.800	0.912	0.851	0.784	0.593	0.908	0.774	0.509	0.732	0.709	0.565	0.587	0.826
9	0.726	0.660	0.959	0.961	0.735	0.783	0.706	0.912	0.960	0.920	0.820	0.577	0.664
10	0.551	0.957	0.807	0.649	0.908	0.885	0.904	0.786	0.614	0.639	0.665	0.632	0.824
11	0.753	0.942	0.945	0.814	0.940	0.922	0.966	0.698	0.683	0.669	0.930	0.680	0.659
12	0.846	0.867	0.914	0.757	0.701	0.929	0.771	0.823	0.707	0.648	0.807	0.598	0.677
13	0.629	0.536	0.870	0.978	0.569	0.851	0.578	0.727	0.718	0.757	0.853	0.584	0.623
14	0.843	0.767	0.931	0.757	0.658	0.603	0.577	0.639	0.850	0.656	0.736	0.833	0.743
15	0.674	0.578	0.625	0.629	0.787	0.526	0.638	0.906	0.526	0.747	0.551	0.668	0.642
...													
关联系数	0.727	0.730	0.788	0.705	0.765	0.749	0.777	0.703	0.721	0.743	0.735	0.751	0.752
位次	10	9	1	12	3	6	2	13	11	7	8	5	4

### 2.2 玉米杂交种穗部性状与穗位光合性状间关联度分析

分别以玉米杂交种穗部各性状为参考数列,穗位光合性状为比较数列,计算结果见表3。现逐一分析如下:

玉米杂交种穗长与穗位光合性状的关联度为:穗位茎节长>株高>穗位高>叶宽>光合效率>比叶重>叶绿素含量>穗位茎粗>叶向值>叶重>叶面积>

叶长>叶厚。说明与玉米杂交种穗长关联最紧密的是穗位茎节长、株高、穗位高、叶宽和光合效率等,其次是比叶重、叶绿素含量和穗位茎粗等。

比较玉米杂交种秃尖与穗位光合性状的关联度,可以看出与玉米杂交种秃尖关联最紧密的穗位光合性状是叶厚、穗位茎节长、叶绿素含量、叶长和比叶重,其次是叶重、株高、穗位高、穗位茎粗和叶面积等。

玉米杂交种穗粗与穗位光合性状的关联度次序

为:叶长>叶重>穗位茎节长>叶绿素含量>叶面积>叶厚>比叶重>叶向值>叶宽>光合效率>穗位高>穗位茎粗>株高。说明玉米杂交种穗粗与穗位叶长、叶重、穗位茎节长、叶绿素含量和叶面积等关联最紧密,其次是叶厚、比叶重、叶向值、叶宽和光合效率等。

玉米杂交种轴粗与穗位光合性状的关联度次序为:穗位茎节长>叶长>叶面积>叶重>叶绿素含量>比叶重>叶厚>光合效率>叶向值>叶宽>穗位高>株高>穗位茎粗。说明与玉米杂交种轴粗关联最紧密的是穗位茎节长、叶长、叶面积、叶重和叶绿素含量等,其次是比叶重、叶厚、光合效率、叶向值和叶宽等。

玉米杂交种粒深与穗位光合性状的关联程度表现为:与叶重、叶绿素含量、穗位茎节长、叶长和比叶重等关联较紧密,其次是叶向值、叶厚、叶面积、叶宽、光合效率、穗位高、株高和穗位茎粗等。

比较玉米杂交种粒厚与穗位光合性状的关联度,可以看出与其关联度最紧密的是穗位节、叶向值、比叶重、叶面积和叶长等,其次是穗位茎粗、叶宽、叶重、光合效率和叶绿素含量等,最后是叶厚、株高和穗位高等。

玉米杂交种穗行数与穗位光合性状的关联度次序为:穗位茎节长>叶长>叶厚>叶绿素含量>叶面积>比叶重>光合效率>叶宽>叶重>穗位高>叶向值>株高>穗位茎粗。说明与玉米杂交种穗行数关联最

紧密的是穗位茎节长、叶长、叶厚、叶绿素含量和叶面积等,其次是比叶重、光合效率、叶宽、叶重和穗位高等。

玉米杂交种行粒数与穗位光合性状的关联度次序为:穗位茎节长>光合效率>叶宽>比叶重>穗位茎粗>株高>穗位高>叶面积>叶重>叶向值>叶绿素含量>叶长>叶厚。说明与玉米杂交种行粒数关联紧密的是穗位茎节长、光合效率、叶宽、比叶重和穗位茎粗等。

比较玉米杂交种穗粒数与穗位光合性状的关联度,可以发现其与穗位茎节长、光合效率、叶宽、叶面积和比叶重等关联紧密,其次是穗位茎粗、穗位高、叶长、株高和叶重等。

比较玉米杂交种百粒重与穗位光合性状的关联度,可以看出其与叶长、穗位茎节长、叶面积、比叶重和叶绿素含量等关联紧密,其次是叶向值、叶重、叶宽、株高和光合效率等。

玉米杂交种穗部产量性状与穗位光合性状关联系数总值的关联度次序为:穗位茎节长>叶长>比叶重>叶面积>叶绿素含量>叶重>叶宽>叶厚>光合效率>叶向值>株高>穗位高>穗位茎粗。说明对玉米杂交种穗部性状产生综合影响的光合性状中,穗位茎节长的作用最大;紧随其后的是叶长、比叶重、叶面积和叶绿素含量;以后依次是叶重、叶宽、叶厚、光合效率和叶向值;而株高、穗位高和穗位茎粗与玉米杂交种穗部的总体关联度小,对其的影响较小。

表3 玉米杂交种穗部产量性状与穗位光合性状的关联度矩阵

产量性状	株高	穗位高	穗位茎节长	穗位茎粗	叶长	叶宽	叶面积	叶厚	叶向值	叶绿素含量	叶重	比叶重	光合效率
穗长	0.733	0.707	0.744	0.687	0.672	0.704	0.676	0.658	0.687	0.691	0.676	0.694	0.699
位次	2	3	1	8	12	4	11	13	9	7	10	6	5
秃尖	0.706	0.700	0.750	0.692	0.720	0.682	0.687	0.779	0.681	0.748	0.718	0.719	0.666
位次	7	8	2	9	4	11	10	1	12	3	6	5	13
穗粗	0.739	0.748	0.803	0.740	0.818	0.756	0.784	0.783	0.768	0.790	0.807	0.781	0.749
位次	13	11	3	12	1	9	5	6	8	4	2	7	10
轴粗	0.735	0.737	0.791	0.726	0.790	0.738	0.782	0.762	0.739	0.766	0.777	0.763	0.744
位次	12	11	1	13	2	10	3	7	9	5	4	6	8
粒深	0.732	0.736	0.788	0.725	0.781	0.748	0.766	0.771	0.775	0.797	0.804	0.776	0.736
位次	12	11	3	13	4	9	8	7	6	2	1	5	10
粒厚	0.704	0.681	0.783	0.724	0.733	0.722	0.735	0.708	0.764	0.712	0.720	0.746	0.718
位次	12	13	1	6	5	7	4	11	2	10	8	3	9
穗行数	0.758	0.767	0.824	0.755	0.814	0.773	0.804	0.812	0.760	0.808	0.772	0.788	0.779
位次	12	10	1	13	2	8	5	3	11	4	9	6	7

续表3

产量性状	株高	穗位高	穗位 茎节长	穗位 茎粗	叶长	叶宽	叶面积	叶厚	叶向值	叶绿素 含量	叶重	比叶重	光合效率
行粒数	0.694	0.693	0.725	0.695	0.652	0.711	0.679	0.647	0.676	0.660	0.676	0.697	0.712
位次	6	7	1	5	12	3	8	13	10	11	9	4	2
穗粒数	0.695	0.700	0.746	0.706	0.699	0.723	0.718	0.674	0.691	0.693	0.694	0.715	0.726
位次	9	7	1	6	8	3	4	13	12	11	10	5	2
百粒重	0.732	0.723	0.790	0.718	0.799	0.734	0.756	0.724	0.748	0.749	0.742	0.752	0.731
位次	9	12	2	13	1	8	3	11	6	5	7	4	10
单穗粒重	0.727	0.730	0.788	0.705	0.765	0.749	0.777	0.703	0.721	0.743	0.735	0.751	0.752
位次	10	9	1	12	3	6	2	13	11	7	8	5	4
综合关系系数	7.956	7.924	8.533	7.873	8.243	8.039	8.164	8.021	8.009	8.156	8.120	8.181	8.012
位次	11	12	1	13	2	7	4	8	10	5	6	3	9

### 3 结论与讨论

此试验结果表明,与玉米杂交种单穗粒重关联最紧密的穗位光合性状是穗位茎节长;其次是叶面积、叶长、光合效率和比叶重。表明当前玉米杂交种单穗粒重最易受穗位茎节长度和光合作用“源”的影响。白永新<sup>[1]</sup>在研究棒三叶特征及其面积单穗粒重、粒重的相关性研究时,也得出棒三叶叶面积与单株穗重又显著正相关关系,但仅限于中晚熟组合,其结论与此文类似。

中国玉米新品种选育研究鲜见有茎节长度对产量的影响的研究报道<sup>[2]</sup>,而国外的品种一般都是茎节较长,叶片舒展,通风透光好,抗病抗倒,耐密抗逆。因此,今后在选育高产、优质、抗病抗逆的玉米新品种时,要充分认识到茎节长度和穗位光合作用对产量的影响,选育茎节相对较长的材料,叶片较舒展的品种。玉米杂交种穗部产量性状与穗位光合性状综合关系系数的关联度次序分析表明,玉米杂交种穗位光合性状对玉米杂交种穗部性状的综合影响中,穗位茎节长、叶长、比叶重、叶面积和叶绿素含量的作用最大,其作用不容忽视。株高、穗位高、穗位茎粗对玉米杂交种穗部产量性状的综合影响较小。在实际的育种中,株高、穗位高和茎节的刚性与弹性往往对抗倒伏性有较大的影响,也需要引起重视。

当前玉米育种已经进入到一个较高级的阶段,高产玉米新杂交种的选育需要注意各性状之间的和谐与协调,不能片面单一性状,需注重多个性状的有机结合,除了产量性状和光合性状,还要注意田间农艺性状及抗病、抗倒、适应性等性状的选择。

灰色关联度分析法在农业科学研究中被广泛应

用,该方法具有直观、准确和便捷等特点。但灰色关联度分析法仅能反应各性状间的关联紧密程度,不能同时反应各因素间的作用方向和直接、间接效应。因此,进一步的分析还应结合多元回归和相关等分析方法<sup>[13-14]</sup>。

### 参考文献

- [1] 刘纪麟.玉米育种学[M].北京:中国农业出版社,2001:184.
- [2] 荣廷昭,李晚忱,杨克诚,等.西南生态区玉米育种[M].中国农业出版社,2003:35.
- [3] 崔俊明,张进忠,刘智萍,等.玉米果穗结构经济性状的基因效应分析[J].玉米科学,2009,17(2):15-18.
- [4] 赵可夫.玉米抽雄后不同叶位叶对籽粒产量的影响及其光合性能[J].作物学报,1981,7(4):259-265.
- [5] 苏祯祿,任和平,李潮海,等.河南玉米[M].北京:中国农业科技出版社,1994:152-194.
- [6] 魏国才,姜军,南元涛,等.玉米不同层次叶片与单株产量的关系及实践意义研究[J].黑龙江农业科学,2000,1:16-17.
- [7] 白永新,王早荣,钟改荣,等.玉米高配合力亲本自交系、杂交种棒三叶的性状分析及叶面积的相关性研究[J].玉米科学,1999,7(2):24-26.
- [8] 唐海涛,林勇,叶国成,等.四川省玉米杂交种综合评价及主要农艺性状的关联度分析[J].玉米科学,2007,15(1):48-52.
- [9] 唐海涛,张彪,田玉秀,等.玉米杂交种棒三叶光合性状比较研究[J].玉米科学,2009,17(2):86-90.
- [10] 邓聚龙.灰色系统与农业[J].山西农业科学,1985,348-374.
- [11] 白永新,王早荣,陈宝国,等.玉米杂交种棒三叶特征及其叶面积与单株穗重、粒重的相关性研究[J].华北农学报,2000,15(2):32-35.
- [12] 柳家友,柏志安,吴伟华.玉米杂交种主要穗部性状之演变及对育种目标的影响[J].玉米科学,2004,12(专刊):3-4.
- [13] 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.
- [14] 吴敏生,戴景瑞.灰色系统理论在玉米育种上的综合应用[J].华北农学报,1999,14(2):1-5.