

玉米配合力育种方法的研究

张 向 群

(河北省石家庄地区农科所, 石家庄)

摘 要

一般配合力 (g, c, a) 对玉米单交种产量的形成, 有直接的和间接的双重作用, 是形成产量的决定性因素。所以玉米育种要把 g, c, a 放在首位。玉米配合力育种实行“测用结合”以“测”为主的方法, 优于“测用结合”以“用”为主的方法。本文并对新组合的鉴定方法和技术作了探讨。

关键词 玉米 配合力 育种方法

现代玉米育种一般以研究杂种优势利用为主, 实际上就是配合力育种。因为单交种的产量取决于双亲的配合力, 所以要育成高产单交种, 首先要育成配合力高的优良自交系。

近年来, 在玉米育种上, 对改善种质的讨论较多。笔者根据多年的探索经验, 现对玉米配合力育种方法提出一些看法, 以求抛砖引玉。

一、一般配合力在玉米育种中的重要地位

数量遗传学的研究认为, 玉米单交种产量 x_{ij} 取决于双亲的两种配合力总效应 ($t.c.a.$), 即双亲一般配合力效应平均值 $\frac{1}{2}(\hat{g}_i + \hat{g}_j)$ 和双亲间特殊配合力效应 \hat{s}_{ij} 的总和^[1]。两种配合力在形成 x_{ij} 中的作用不同, 对 8 组 (国内 6 组、国外 2 组) 完全双列杂交 77 个亲本的配合力在 F_1 代 367 个组合表现的分析^[1]表明:

1. \hat{s}_{ij} 是直接形成 x_{ij} 的主要原因, 双亲间的 \hat{s}_{ij} 越大, 单交种产量 x_{ij} 越高;
2. 两种配合力间的相关系数:

$$rgm \cdot \hat{s}_{ij} = 0.523 \pm 0.106^{**} \quad [gm = \frac{1}{2}(\hat{g}_i + \hat{g}_j)]$$

$$rgi \cdot \text{大} \hat{s}_{ij} = 0.811 \pm 0.064^{**}$$

说明: \hat{g}_i (亲本 i 的一般配合力) 越高, 越易形成更大的 \hat{s}_{ij} ;

3. 高产组合亲本的配合力, 低 \hat{g}_i 极少, 至少一亲为高; $S\hat{s}_i$ 没有小的, 多数为中, 少数为大, 而大更优。 \hat{g}_i 越高, 配成高产组合的机率越大; 低 \hat{g}_i 很难配成高产组合。高 \hat{g}_i 的 $S\hat{s}_i$ 越

* 亲本 i 的诸特殊配合力效应的标准差。

大, 越易配成更高产的组合。

由此可知, \hat{s}_{ij} 对形成 x_{ij} 的直接作用较大, 但 \hat{s}_{ij} 本身的形成受 \hat{g}_i 的制约, \hat{g}_i 低时, 很难形成大的 \hat{s}_{ij} ; \hat{g}_i 对形成 x_{ij} 的直接作用较小, 但 \hat{g}_i 越高, 越易形成更大的 \hat{s}_{ij} , \hat{g}_i 通过 \hat{s}_{ij} 的形成又间接影响 x_{ij} 的形成。 \hat{g}_i 高, 又较易形成更大的 \hat{s}_{ij} , 构成高 t. c. a., 成为高产单交种。可见 \hat{g}_i 对 x_{ij} 的形成有直接的和间接的双重作用, 是决定 x_{ij} 的首要因素; \hat{g}_i 越高, 越易配成高产单交种。所以要把 g. c. a. 放在玉米育种的首位, 收集和研究原始材料, 培育自交系, 选用亲本等, 都要注意对 g. c. a. 的选择和改良。但实现高产, 也不能忽视育种服务地区对抗逆性、品质、生育期等的要求, 否则即使高产, 也难在生产上推广。

二、选择亲本的配合力指标

优良亲本杂交后较易形成高产, 即本身高 \hat{g}_i , 且杂交后较易形成大 \hat{s}_{ij} 。 \hat{g}_i 高低可由配合力测验得知, 是否能形成大 \hat{s}_{ij} 则可由亲本的特殊配合力效应 \hat{s}_i 的标准差 $S\hat{s}_i$ 判断。因为 \hat{s}_{ij} 是 x_{ij} 对双亲 g. c. a. 平均值的离差。若一亲本与其它自交系杂交, 多能形成较大离差, 其 $S\hat{s}_i$ 必大, 反之必小。可见衡量 s. c. a. (亲本特殊配合力效应) 的指标应当是 $S\hat{s}_i$ 。由于离差有正有负, 必须使 $S\hat{s}_i$ 与 \hat{g}_i 结合起来判断, 才较准确。所以, \hat{g}_i 是选择 g. c. a. 的指标, $S\hat{s}_i$ 是选择 s. c. a. 的指标, 两者的结合 $\hat{g}_i \cdot S\hat{s}_i$, 称作配合力的应用类型 (以下简称应用类型)。选择两种配合力的综合指标, 是确定自交系应用价值和选择亲本的适宜指标。

三、优良亲本的配合力类型

用表 1〔2〕、表 2 所列标准把 \hat{g}_i 和 $S\hat{s}_i$ 各分为三级, 则配合力的应用类型有 9 种 (表中 \bar{x}_i

表 1 g. c. a. 分级标准

\bar{x}_i $\bar{x}_{..}$	1	≈ 1	1
g. c. a. 级别	高	中	低

表 2 s. c. a. 分级标准

$S\hat{s}_i$ $S\hat{s}_{..}$	-1.20	$0.81-1.20$	0.80
s. c. a. 级别	大	中	小

$S\hat{s}_i$ 分别为亲本 i 所配 ($p-1$) 个组合的单株产量平均值和 $S\hat{s}_i$ 的标准差, $\bar{x}_{..}$ 、 $S\hat{s}_{..}$ 分别为 p 个亲本所配 $\frac{1}{2}p(p-1)$ 个组合的单株产量总平均值和 $\hat{s}_{..}$ 的标准差。统计上述 77 个亲本的配合力类型的分布 (表 3)。 \hat{g}_i 、 $S\hat{s}_i$ 均呈正态分布。

各组以超 $\bar{x}_{..} 25\%$ 为高产, 367 个组合中有 15 个高产组合, 其亲本可以认为是优良亲本。分析这些亲本的配合力类型 (表 4) 表明, $\hat{g}_i >$ 中、 $S\hat{s}_i >$ 中、应用类型的高·大 (为高 \hat{g}_i ·大 $S\hat{s}_i$ 之简写, 下同)、高·中、中·大、中·中是优良亲本的配合力类型, 均有可能配成高产组合。其中高 \hat{g}_i 、大 $S\hat{s}_i$ 、高·大类型是最佳亲本的配合力类型, 成功率均为最高 (成功率

表 3 配合力类型的分布

s. c. a.	g. c. a.			合计
	高	中	低	
大	5	5	4	14
中	12	27	9	48
小	3	11	1	15
合 计	20	43	14	77

指用该类亲本所配组合中，高产组合所占百分率)。

常用的骨干亲本都是优良亲本的配合力应用类型。如自330、黄早4是高·中类型、M107是中·中类型等。在玉米育种实践中，每育成一个配合力应用类型优良的自交系，就能配成一批在产量上显著提高的单交种。因此，玉米育种要下功夫培育应用类型优良的、特别是最佳类型的自交系。

四、杂交种选育要以“测”为主

根据以上分析，玉米杂交种选育宜采用在g. c. a. 选择的基础上“测用结合”，或者说“测用结合”以“测”为主的方法。我们用此法选得的高产组合双获×白早4，除1987年因倒伏超标不显著，而居第二位外，1984年以来历年多点鉴定均居第一位，超标多为0.01极显著平准。可惜抗倒性不佳，不宜推广。但已说明用配合力类型选亲本，组配高产组合的确是有把握的；同时也说明玉米育种必须处理好丰产性与抗逆性、适应性、稳产性等的关系。

现以100个经过表现型选择的自交系（其中20个为低gi系）、每年组配和鉴定250个新组合的育种规模为例，与常用的“测用结合”以“用”为主的方法比较如下。

以“用”为主有两种作法：一是骨干系法，是我国常用的方法，曾起了很好作用。一般用5个骨干系与其它自交系杂交、鉴定、选择(3.4)，需作 $(100 - 1) \times 5 = 495$ 个组合，鉴定两年，能选出高产组合，但不一定是最高产组合（指这100个自交系所能配的最高产组合）。因为骨干系是凭经验判断的，未在同一个试验里测验配合力，所选骨干系未必准确；最佳亲本可能是非骨干系，仅与骨干系配5个组合，也不一定包括最高产组合。当然并非绝对不可能，但非必然。二是双列杂交法，将全部自交系作完全双列杂交，包括了所有可能的组合，即使不作反交，也需配 $\frac{1}{2} \times 100 \times 99 = 4950$ 个组合。鉴定20年才能把最高产组合选出来。因其工作量大，时间长，一般不用。

以“测”为主的方法，就是先作g. c. a. 测验100个测交组合，选出g. c. a. 最高的自交系12个，测用结合，作多系互测 $\frac{1}{2} \times 12 \times 11 = 66$ 个组合，既选高产组合，又选应用类型最好的自交系1—2个作骨干，再用骨干系法与其余gi中的自交系杂交 $(100 - 12 - 20) \times 2 = 136$ 个组合，共鉴定3年，即把最高产组合选出来。因为两批之间可以重叠一年，所以除第一批需3年外，以后各批亦两年完成一批。故所用时间与骨干系法差不多。

将上述3种方法列表5。以“测”为主的方法与常用的骨干系法比较，时间差不多，但效果较好，且节省 $(495 - 302) \div 495 = 39.0\%$ 的工作量。由于对100个自交系的配合力全部搞清，育种工作便有后劲。又可把无特殊优良性状的低gi系淘汰，减少亲本的保种工作量。

表4 优良亲本的配合力类型

类型	亲本数 (系次)	占 (%)	所配组合平均 超 x ₁₁ (%)	成功率 (%)
gi				
高	23	76.7	30.9	13.8
中	7	23.3	28.4	0.8
合计	30	100.0		
Ssi				
大	12	40.0	32.9	11.5
中	18	60.0	28.8	1.2
合计	30	100.0		
gi · Ssi				
高·大	10	33.3	33.2	17.1
高·中	13	43.3	29.3	4.8
中·大	2	6.7	31.1	2.0
中·中	5	16.7	27.4	1.9
合计	30	100.0		

以“用”为主的“测用结合”，实际上并未很好解决。一因配合力测验历来用单株产量估算，单株较少，不能与组合鉴定直接结合；二因测交鉴定组合较多，随机区组设计容纳不下，常用的间比法不能估算试验误差，鉴定结果重演性低。我们采用混合试验原理的格子设计（F·Yates, 1936）〔5〕，以小区产量测配合力；采用完全双列杂交的方法〔6〕，把新组合鉴定和亲本配合力测验，统一在同一个试验里，这才实现了“测用结合”。

五、新组合鉴定方法商榷

1、做好新组合的第一次鉴定是选择优良组合的基础。优良组合能否选准，第一次鉴定至关重要。如果当作不良组合而被淘汰，等于判了死刑，无挽回的余地。所以一定要提高第一次鉴定的准确性和精确度。

（1）新组合的制种量不能过少。因为自交系并非绝对纯合，一个组合仅配1—2穗，有时缺乏代表性，不易重演。一般单交种新组合制种，所用父母本植株，不要少于4株。

（2）宜用格子设计。因其能容纳较多处理（ 5^2-13^2 ），对试验地要求不苛，两次重复即可作变量分析，鉴定准确度高（比随机区组设计提高20%〔7〕）。日、美、西欧诸国早已广泛采用，我们于1982年开始试用，总结几年情况，与常用的间比法进行比较（如表6）。以两次鉴定超标方向一致为重演，用重演率比较两者的准确性；以两次鉴定的超标百分率间的相关系数比较两者的精确度。比较结果，格子设计的准确性和精确度均较高，还少用对照小区，节省试验地11.0—16.8%。

（3）田间鉴定时小区间宜用大行距。

目前夏玉米常用等行距0.5—0.6米，行间互有影响，小区3行只能测产中间一行。大行距0.8米基本不封垄，行间影响可以忽略。小区2行，区内小行距0.4米，除行头株外可全部测产。测产26株时，等行距小区3行，面积13.46米²，大小垄小区2行，面积4.81米²，后者节省试验地64.3%。

（4）测产要有足够的株数。测产多少株才能反映杂交组合的产量水平，可由单株产量的标准差和所要求的精确度而定。1982年测得

表5 三种方法比较

方 法	需作 组合数	需用 年数	选 种 效 果
以“用”为主、			
1. 骨干系法	495	2	不一定选出最高产组合
2. 双列杂交法	4 950	20	一定能选出最高产组合
以“测”为主	302	2—3	一定能选出最高产组合

表6 精确度比较

设计方法	重演率 (%)	精确度	说 明
格子设计	75.0	0.655 **	两种设计均为二次重复
间比法	70.6	0.542 *	

表7 用地比较

年次	处理数	不同设计所需小区数 *			
		格子设计	4:1 间比法	6:1 间比法	
第一年	100	10 ²	100	100 + 100	1 + 1 126
第二年	66	6 ² + 6 ²	72	66 + 66	1 + 1 84
第三年	136	8 ² + 9 ²	145	136 + 136	1 + 1 171
合计	302	317	381		356

* 表中按一个重复计算，田间试验为两个重复。

单交种京早 7 号 56 株单株产量的标准差为 9.8, 要求误差 ± 4 克, 则按下式计算应测产株数:

$$n = t^2 \sigma S^2 / (\bar{y} - u)^2$$

结果, 测产 26 株有 95.0% 的置信度, 测产 10 株连 80.0% 的置信度也没有 (计算方法参阅^[8,9]), 鉴定结果很不可靠。

(5) 对优良组合的评比, 宜在测产的基础上, 结合田间调查和评选及室内考种结果, 作综合评选为好。单凭田间评选或只测产量即行淘汰的作法, 容易发生两种失误: 一是错选, 入选的组合并不高产; 二是漏选, 把高产组合当作低产淘汰, 这种失误难以挽回, 应尽量避免。分析漏选的原因, 是主观上对穗长较为敏感, 而对千粒重、双穗率等则估计不足。1986、1987 两年我们作了 13 组 343 个新组合鉴定, 有 8 组的最高产组合, 都是穗较短、粒较大、有一定双穗率的组合, 其中超标幅度大、达极显著平准的两个组合, 全是这种类型。但在田间评比中它们多被淘汰, 高产组合双获 × 白早 4 也无一次中选。如不测产, 就会把这些高产组合漏掉。说明穗较短、粒较大、有双穗率, 是夏玉米较易获得高产的类型。这与陕西研究结果基本一致。^[9]

(6) 双列杂交配合力的估算, 采用四川农学院 (1965) 的公式^[11]。其数学模式为:

$$x_{ij} = \mu + \frac{1}{2}(g_i + g_j) + s_{ij}$$

符合繁殖的生物学规律, 能正确反映双亲两种配合力在杂种一代的表现, 而且计算简便, 节省时间。

2、做好优良组合的适应性、抗逆性鉴定是选准新品种的关键。由于 s. c. a. 是直接形成单交种产量的主要原因, 而 s. c. a. 对环境条件较为敏感, 所以选出的优良组合, 至少要在 3—5 个不同环境条件下鉴定其适应性和抗逆性。对抗逆性的鉴定, 要有人为的逆境, 单凭自然鉴定, 结果往往不够准确。

参 考 文 献

- [1] 张向群: 玉米自交系两种配合力在杂种一代的表现, 《作物学报》, 13 (2): 1987, 135—142。
- [2] 曹晓峰: 《群体遗传与数量遗传学基础》, 山西科技情报所出版, 1980: 69。
- [3] 甘肃凉州区农科所: 《玉米育种和良种繁育》, 农业出版社, 1978: 119。
- [4] 玉米遗传育种学编写组: 《玉米遗传育种学》, 科学出版社, 1979: 103—181。
- [5] 范福仁: 《田间试验之设计与分析》, 新农企业股份有限公司出版, 1948: 201—216。
- [6] Griffing, B.: Concept of General and Specific Combining Ability in Relation to Diallel Crossing Crossing System, Aust. Jour. Biol., 1982 (9): 463—493。
- [7] 王成洲译: 《三重格子方区组法》, 山东省农科院情报资料研究所, 1980: 22—27。
- [8] 莫惠栋: 《农业试验统计》, 上海科技出版社, 1984: 103—104。
- [9] 苑贵华: 关中夏玉米育种指标的探讨, 《陕西农业科学》, 1988 (2): 43—44。

A Study on the Combining Ability Breeding Methods of Corn

Zhang Xiangqun

(*Shijiazhuang Prefecture Institute of Agricultural
Sciences, Shijiazhuang*)

Abstract

The general combining ability (g. c. a.) is the crucial factor for forming yield of single-cross corn for its double (both direct and indirect) function to form the yield. Therefore, the first priority should be given to the g. c. a. in corn breeding. The method of "combining testing with using and putting testing in the first place" is better than that of "putting using in the first place" in the combining ability breeding of corn. And some methods and techniques about the identification of new combinations are discussed in this paper.

Key words: Corn; General combining ability; Breeding method