

T型杂交小麦的优势及其亲本选配*

何 蓓 如

(西北农学院农学系)

提 要

本试验采用20个组合T质杂种与亲本及部分相应A质杂种,采用通径分析、同亲回归分析、主成分分析等数量遗传学方法,针对当前T型杂交小麦产量优势不强的原因进行了研究。试验表明:T质杂种与相应A质杂种相比,虽产量结构有不同,但T质对杂种产量优势不表现显著影响。T质杂种恢复度达到80%左右则与产量无显著相关。T质杂种的产量优势与农艺性状的亲本选配关系十分密切。

与前人工作相比,本文较系统地分析了T型杂交小麦亲本选配的原则和特点。结果表明:其亲本选配仍遵从亲本性状优良、配合力高、双亲有一定的遗传差异、产量结构互补的一般作物杂优育种的亲本选配原则;但又有其特点:(1)双亲均有较高产量水平;(2)双亲均有基本适应性;(3)亲本对T质有遗传上的适应性。

引 言

杂种优势是生物界的普遍现象。关于异源多倍体的普通小麦,本世纪初至今的大量报道证实其杂种优势确实存在,优势的大小因组合而异^[1,2]。小麦是主要粮食作物之一,利用杂种优势增加产量无疑具有很大吸引力。1951年日本学者木原均发现了小麦雄性不育性^[2],1962年Wilson和Ross将普通小麦核导入T·timopheevi胞质人工合成T型不育系,使生产利用小麦杂种优势成为可能。从此世界上许多国家的小麦育种工作者相继开展了T型杂交小麦的研究。近二十年来,虽然报道有一些T型杂种小麦组合具有优势^[3,5],但总的说来,还未达到生产应用的要求。究其原因,一些人认为可能是T质对小麦杂种优势的表现有不良影响,但经进一步研究指出,T质对普通小麦并没有固定的不良效应^[1,1],常见的T型不育系当代杂交种子皱缩、发芽率降低及F₁穗数减少等是T质与某些核基因型相互作用的结果,是可以克服的;而且由于恢复基因的多效性,这种对某些核基因型的不利影响在F₁也大为减轻甚至消除^[4,8,9,10,14]。也有些

* 导师:李正德教授、杨天章讲师。本文讨论稿承赵洪璋教授、宋玉辉教授、李振声研究员、叶绍文付研究员、容瑞付研究员、宋哲民讲师、袁志发讲师修改,在此一并致谢。

人认为T型杂交小麦的育性达不到普通小麦水平,是其不能用于生产的关键。但国内外许多研究表明:当杂种恢复度达到一定水平后,则与产量无显著相关^[13]。上述报导说明,T质对杂交小麦的某些不良影响和杂交小麦在一定水平上的育性差异并不是T型杂交小麦不能用于生产的重要原因。

在总结以往经验的基础上,许多研究者认为T型小麦产量不能显著超过推广品种的主要原因是亲本农艺性状不良。华北农大农学系小麦组(1976)根据T质杂种产量与亲本产量因素之间的关系分析指出:“目前小麦杂种优势利用工作中存在的一个突出问题是农艺性状不够理想,原因之一是选用转育亲本不适当。”认为解决这个问题的方法是“必须严格制定育种目标,按照育种目标的要求选择转育亲本。”^[11]西北农学院农学系小麦杂优利用研究组(1980)认为不育系和恢复系水平高才能产生高产组合^[7]。赵寅槐(1980)也认为:“不能简单地利用杂交育种所提供的品种或品系作为不育系和恢复系的转育基础,必须根据杂种小麦的特殊需要,创造符合这一需要的亲本材料。”^[6]上述报导都提出,在选育T型杂交小麦时,要注意亲本的农艺性状。但根据什么原则和目标选育亲本却没有论述。

亲本选配问题,在小麦杂交选育纯系品种工作中,是一个十分重要和复杂的问题,许多育种工作者对此进行了深入研究,并且获得了不少重要结果。但从小麦杂种优势利用角度研究亲本选配的却不多。而且T型杂交小麦与普通小麦杂种不同,它是兼有核杂种和核质杂种两种性质的双重叠种,其亲本选配虽在一些地方可借鉴常规育种亲本选配的经验,但也必然有自己的特点。国外的研究多集中于T质遗传效应和恢复基因的遗传规律^[12],关于T质背景下亲本选配问题的研究尚未见到;国内的研究者对于T型杂交小麦的亲本选配也没有进一步研究和讨论。

本研究的目的是,在分析T质对小麦杂种优势遗传影响的基础上,分析T质杂种产量性状的相互关系,以找出影响产量的主要矛盾,进而分析T型杂交小麦产量优势的亲子遗传关系,探讨T型杂交小麦亲本选配的有关问题,以便为提高其产量优势,促其早日投入生产提供一些科学依据。

材 料 和 方 法

(一) 试验材料和试验方法:

选用恢复系T—6—3作为共同父本,以克服杂种恢复力差异对试验的干扰,用转育四代以上的20个T型不育系:T73(36)3—1—2A、T6626A、T74(16)1A、T73(36)9A、T73(34)2—1A、T76—636A、T小偃5号A、T62(9)2—1A、T马尔佐托A、T陕17—17A、T小偃4号A、TNPFFA、T76—4—47A、T小偃6号A、T小偃7110A、T73(36)78—48A、T73(31)5A、T73(31)42—1A、T73(31)3A、T矮变1号A等为母本,人工套袋杂交得T质杂种。

20个组合的F₁T质杂种与其母本不育系相应保持系和父本恢复T—6—3进行田间试验。T—6—3是西北农学院用T808×64(4)16—4选育的T型同质恢复系,多年试验表现恢复力较高较稳。

试验地设在西北农学院试验农场一站,地力均匀,肥力水平中上。随机区组设计,重复二次;四行区,行长五尺;行距七寸,株距二寸。在这20个T质杂种的基础上,第二重复中加入了前九个不育系相应保持系与T—6—3杂交的F₁(以下简称A质杂种)。田间试验于1980年和1981年重复进行了两次。1980年各处理单粒播种,结果T质杂种平均出苗率比亲本低26%,影响到试验的精确性;1981年改为双粒播种,出苗后间苗保留一株,以保证各处理苗数一致。试验结果分析主要用1981年资料,参考1980年资料。

根据T型杂交小麦特点和关中地区小麦育种目标,在生长前期调查冬前分蘖数、春季最高分蘖数;抽穗期在中间两行随机取10株挂牌调查抽穗期,开花前随机取10株主穗套袋调查恢复度;成熟期在中间两行随机取10株考种,项目有:单株产量、平均单穗重、单株穗数、平均穗粒数、单株千粒重、单株生物学产量、经济系数、株高、主穗穗长、主穗小穗数、主穗小花数、主穗穗轴节片长度(用以表示小穗密度)、小穗平均粒数、套袋恢复度、放任恢复度(恢复度以有效小穗基部两朵小花结实数与基部两朵小花总数之百分数表示)等。

(二) 资料分析方法:

(1) 为比较T型杂交小麦产量因素对产量影响大小,在相关分析基础上进行了通径分析。假定杂种产量由产量因素 $X_1, X_2, \dots, X_n$ 所决定,则可写成下列加性模型

$$Y = X_1 + X_2 + \dots + X_n$$

变量之间的标准回归模型为

$$\frac{Y - \bar{Y}}{\sigma_y} = P_{1y} \left(\frac{X_1 - \bar{X}_1}{\sigma_1} \right) + P_{2y} \left(\frac{X_2 - \bar{X}_2}{\sigma_2} \right) + \dots + P_{ny} \left(\frac{X_n - \bar{X}_n}{\sigma_n} \right)$$

式中 $Y, X_1, X_2, \dots, X_n$ 为产量及各产量因素值, $\sigma_y, \sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$ 分别为它们的标准差,则 $P_{1y}, P_{2y}, \dots, P_{ny}$ 为各项系数,称通径系数(亦称标准偏回归系数)。

(2) 试验设计有一共同父本,故采用同亲回归模型分析亲子性状遗传关系。在这个模型中,加性遗传方差 σ^2_g 和非加性遗传方差 σ^2_h 由下式估算:

$$\sigma^2_g = V(vp) - \sigma^2_e$$

$$\sigma^2_h = V(F_1 - MP) - \frac{5}{4} \sigma^2_e$$

式中: $V(VP)$ 为非共同亲本表型方差, $V(F_1 - MP)$ 为 F_1 与中亲值差值的方差, σ^2_e 为环境方差; $\sigma^2_e = V_e/br$, V_e 是方差分析中的机误均方, b 是区组数, r 是每小区观测株数。

遗传参数表现型同亲回归系数、基因型同亲回归系数由下式估算:

$$\text{表现型同亲回归系数 } b_{F_1 \cdot VP} = VC(F_1 \times vp) / V(vp)$$

$$\text{基因型同亲回归系数 } \beta_{F_1 \cdot vp} = CV(F_1 \times vp) / \sigma^2_g$$

(3) 在杂种优势育种实践中,人们注意到,亲本地理起源上的差异和血缘关系上的差异大小与杂种优势有关。考虑到这些差异最终表现为性状上的差异,但小麦各性状

密切联系,很难直观地从单一性状上准确分类。因此借助多元统计方法,以一些对亲本间差异影响较大的性状组成几个综合指标,称为主成分 g_{ij} ,以亲本间的主成分差值求出亲本两两间的遗传距离 D_{ij} ,作为遗传差异的数量指标。

主成分 g_{ij} 和遗传距离 D_{ij} 由下式求得:

$$g_{ij} = \frac{1}{\sqrt{\lambda_j}} \sum_{k=1}^n L_{kj} g_{ik}$$

(式中: λ_j 为遗传相关矩阵的第 j 个特征值, L_{kj} 为第 j 个特征向量的第 k 个分量, g_{ik} 为第 i 个亲本的第 k 个性状的标准化平均值。)

$$D_{ij} = \sum_{k=1}^n (g_{ik} - g_{jk})^2$$

(式中: g_{ik} 为第 i 个亲本的第 k 个主成分值, g_{jk} 为第 j 个亲本的第 k 个主成分值。)

根据“类内遗传距离小于类间遗传距离”的原则将亲本分成几个类群,最后分析不同类群亲本杂交后杂种优势率与亲本遗传差异的关系。

(4) 一般配合力主要是加性遗传效应,特殊配合力主要是非加性遗传效应,故利用 Griffing 同亲回归分析中遗传方差分解得到加性遗传方差和非加性遗传方差的估计值,分别作为衡量一般配合力与特殊配合力的指标,在本项资料中,一般配合力方差 ($V_{g..}$) 百分数

$$V_{g..} (\%) = \frac{\frac{1}{4} \sigma^2 g}{\frac{1}{4} \sigma^2 g + \sigma^2 h} \times 100$$

是加性方差占遗传总方差的比重;特殊配合力 ($V_{h..}$) 百分数

$$V_{h..} (\%) = \frac{\sigma^2 h}{\frac{1}{4} \sigma^2 g + \sigma^2 h}$$

是非加性方差占遗传总方差的比重。分别估算这两种方差占遗传总方差的百分数,可以了解这两种遗传方差在亲本群体性状遗传上的相对重要性和亲本群体的配合力。

结果与分析

一、T型杂交小麦优势的表现

20个组合的T质杂种的试验结果表明:T型杂交小麦在产量及产量因素上杂种优势确实存在。单株产量优势平均达到38.87%,产量构成因素单株穗数、穗粒数、千粒重平均杂种优势依次为10.28%、8.87%和13.41%;穗粒数和千粒重组成的复合性状单穗重平均优势为25.74%。优势大小的顺序是:单株产量>单穗重>千粒重>单株穗数>穗粒数。与前人大量研究结果基本趋势一致。

九个组合的T型不育系×T-6-3的 F_1 (T质杂种)与相应保持系×T-6-3

的 F_1 (A 质杂种) 的杂种优势比较表明 (见表 1): T 质杂种单株穗数优势、穗粒数优势比 A 质杂种平均低 4.4% 和 6.5%; 千粒重优势则平均比 A 质杂种高 8.7%; 如从复合性状单穗重分析, T 质杂种则平均比 A 质杂种高 6.3%。虽然, T 质不育性没有完全恢复 (T 质杂种结实率平均比 A 质杂种低 13.7%) 影响到杂种穗粒数, 但很可能由于小麦的自体调节, 两者在产量优势上差异不大 (产量优势仅差 2.6%)。

两种胞质杂种的产量因素优势差异因组合而不同。九个组合中, T 质杂种单株穗数优势有 3 个组合高于 A 质杂种, 穗粒数优势有 3 个组合高于 A 质杂种, 千粒重优势有 7 个组合高于 A 质杂种, 单穗重优势有 6 个组合高于 A 质杂种, 单株产量有 5 个组合高于 A 质杂种。这说明, T 质对产量因素的影响因不同核基因型而不同, 通过选育对 T 质有遗传协调性的核基因型是 T 型杂交小麦亲本选配的特点之一。

本试验中 T 质杂种产量优势略低于 A 质杂种, 但因不同组合间变幅较大, 未达显著水准。这与范濂等 (1978) 和西北农学院 (1980) 的研究结果大体一致。必须在 T 质背景下研究杂种产量结构的特点, 以探索提高 T 型杂交小麦产量优势的途径。

二、T 型杂交小麦的产量因素与有关农艺性状的通径分析

20 个 T 质杂种的产量与其多个性状有关 (表 2)。与产量有关的性状间又存在复杂的相关关系。为从产量结构入手分析主要矛盾, 在相关分析基础上进行了通径分析。

单穗重是穗部产量性状的综合表现, 我们以单株穗数和单穗重作为产量构成因素进行分析 (图 1)。

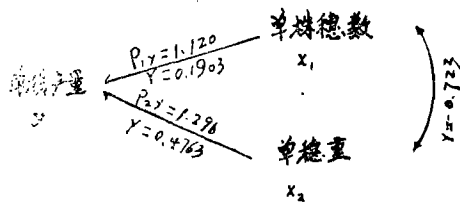


图 1 单株产量与产量构成因素的通径分析

通径分析表明: 单穗重的大小对产量直接影响最大, 单株穗数对产量也有不可忽视的影响, T 质杂种的单穗重与单株穗数应该协调发展, 但单穗重有相对的重要性。需指出: 本试验播种密度 (4 万苗/亩) 低于目前关中地区小麦大田密度, 单株穗数的作用可能偏大一些。Horn (1976) 和 Varenitsa (1976) 的研究指出, 在接近生产密度下, 产量优势更多地依赖于单穗重优势的发挥。如 T 陕 17—17A $\times$ T—6—3 单株产量 13.4 克, 为 20 个组合中最高, 其单穗重为 1.367 克; T 小偃 5 号 A $\times$ T—6—3 单株产量 7.4 克为 20 个组合中最低者, 单穗重 0.851 克; 而两者穗数仅差 1.1 (见表 4)。

单穗重与有关穗部性状的通径分析表明 (表 3), 穗粒数的变化对单穗重影响最大, 千粒重次之, 恢复度在试验范围内 (即 67.2—97.2%) 对单穗重影响不大; 小穗数、小穗粒数、穗轴节片长度对单穗重也无显著影响。如本试验中单株产数最高的三个组合的平均穗粒数 44.26, 而产量最低的三个组合平均穗粒数仅为 25.97 (表 4)。从表 4 可以看出, 恢复度对单穗重的直接影响和间接影响都是很小的。

表 3 穗部性状对单穗重的直接影响和间接影响

通 径 组 合	直接通径系数 (P)	间 接 通 径 系 数 (p _{xr})					总计 (即相关 系数 r _x)
		通过小穗数	通过穗轴 节片长度	通过小穗 粒 数	通过恢复度	通过穗粒数	通过千粒重
小穗数对单穗 重	-0.1219	-	0.1076	0.0074	-0.0037	-0.0262	-0.1699
穗轴节片长度 对单穗重	-0.2036	0.0644	-	0.1742	-0.0705	0.7656	0.1098
小穗粒数对单 穗重	0.2185	-0.0038	-0.1623	-	-0.1028	0.7562	0.0233
恢复度对单穗 重	-0.1313	-0.0034	-0.1093	0.1711	-	0.4064	0.0160
穗粒数对单穗 重	0.885	0.0036	-0.1761	0.1867	-0.0603	-	0.0918
千粒重对单穗 重	0.3165	0.0654	-0.0706	0.0161	-0.0066	0.1567	-
							0.4775

表 4 二十个组合单株产量最高和最低的六个组合产量因素

组合类型	组 合	单株产量 (克)	单株穗数	单穗重 (克)	穗粒数	千粒重 (克)	恢复度 (%)	小花数
单株产量最高二组合	T陕17—17A×T—6—3	13.4	9.8	1.367	32.3	43.3	69.7	85.5
	T76—4—47A×—6—3	10.76	8.5	1.266	36.39	36.34	80.7	76.0
	TNPFPA×T—6—3	10.86	3.7	2.866	64.09	46.01	87.2	104.9
	平 均	11.61	7.3	1.833	44.26	41.88	79.2	88.8
单株产量最低二组合	T马尔佐托A×T—6—3	6.92	6.9	1.003	28.93	32.78	81.8	64.9
	T62(9)2—1A×T—6—3	7.28	8.1	0.899	22.27	39.12	77.2	69.5
	T小偃5号A×T—6—3	7.40	8.7	0.851	26.7	32.66	76.1	71.0
	平 均	7.20	7.9	0.918	25.97	34.85	78.4	68.5

穗粒数与小花数、恢复度的通径分析表明(图2):小花数的变化对穗粒数的直接影响远大于恢复度。20个组合中产量最高的三个组合的平均恢复度79.2%,单株产量最低的组合平均恢复度78.4%,仅比前者低0.8%,而单株产量则低4.41克(表5)。

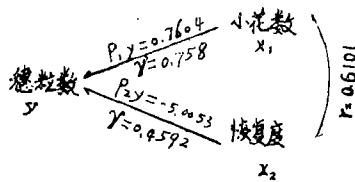


图2 每穗粒数与小花数、恢复度的通径分析

虽然本试验用一个恢复系作为共同父本,但由于不育系易恢复性的不同,组合间恢复度的差异仍显著($P < 0.05$)。表2的简单相关分析可见放任恢复度、套袋恢复度、小穗粒数这几个育性指标都与杂种单株产量无显著相关,与通径分析结果一致。前人的研究结果证明:在育性较高(70%以上)时,育性恢复度与产量无密切关系^[5 7 13],在育性恢复度较低时则表现关系密切^[15]。可见T型杂交小麦的恢复度达到一定水平(比如本试验的80%左右)后,已不是影响产量的重要原因。本试验的T质杂种放任恢复度比套袋恢复度高11.3%,($P < 0.01$),异交占一定比重,以上推断是否能反映大面积种植T型杂交小麦育性与产量的关系,这可从杂交水稻大面积种植的经验得到旁证。据高明尉(1980)测定,大面积种植的杂交水稻“南优1号”套袋结实率为57.3%,远低于常规品种,而放任结实率达到80%,说明育性恢复达到一定水平时,从生产应用考虑也不是限制产量的重要因素。

目前T型恢复系水平低,许多人认为主要是恢复力不完全。据谢学民报道,用化学杀雄方法配置的大量组合,虽然杂优存在,但显著超过推广品种的很少,作者认为是因为亲本性状不适应杂优利用的要求。这说明育性达到完全程度,并不足以完全解决小麦杂优应用问题。现有恢复系达到80%的恢复力的不少,但产量优势不强的事实也说明,在一定恢复力基础上改进其农艺性状是关键所在。对T质的恢复基因大多存在于异种异属,而且涉及位点较多^[8]。现有恢复系的培育过程实际上是一个远缘杂交结合回交缓慢改良农艺性状的过程,这是目前缺乏农艺性状良好的恢复系的重要原因之一。可见,恢复系选育方法的改进是一个十分迫切的研究课题。

综上分析,T质杂种的恢复度达到80%左右的水平时,其产量的提高主要依赖于农艺性状的改良。这个问题已引起一些研究者的注意,但并未引起多数研究者注意。T型杂交小麦农艺性状的提高,实质是一个亲本选配问题。

三、T型杂交小麦的优势及其亲本选配

T质杂种性状和产量优势的亲子遗传关系分析表明:T型杂交小麦的亲本选配,除了育性恢复这个特殊性外,与一般杂种优势利用的亲本选配原则一致:亲本性状优良,亲缘关系较远并且性状互补,配合力高,但也有其特点。

(一) 亲本性状优良

为了研究T质杂种性状的亲子遗传关系,用20个组合中不育系回交高代的八个组合及相应亲本的试验资料,计算了表现型同亲回归系数($b_{F_1 \cdot VP}$)、基因型同亲回归系数($\beta_{F_1 \cdot VP}$)、 F_1 与非共亲相关系数($r_{F_1 \cdot VP}$)。同时计算了T质杂种 F_1 与中亲值的回归系数 $b_{F_1 \cdot MP}$ 和相关系数 $r_{F_1 \cdot MP}$ (见表5)。

可以看出: $b_{F_1 \cdot VP}$ 和 $\beta_{F_1 \cdot VP}$ 在各性状估值相近,且趋势一致。($\beta_{F_1 \cdot VP}$)抛除了环境的影响,更为可靠些。这两个遗传参数说明,保持系(即非共同亲本)的单株产量、单穗重、株高、抽穗期、小花数、小穗数、穗轴节片长度、小穗粒数八个性状与T质杂种密切相关,可见亲本产量水平高、主要农艺性状优良是T型杂交小麦有较高产量水平的基础,这和玉米等作物似有不同。以上八个性状T质杂种 F_1 与中亲值也有显著相关和回归关系,因此可以在一定范围内根据双亲均值对T质杂种作出估计。本试验中,T陕17—17A $\times$ T—6—3、T小偃4号A $\times$ T—6—3、T73(36)9T $\times$ T—6—3单株产量均高于20组合平均值,其亲本都是多年试验产量较高的材料。

应当说,T型小麦杂优育种对亲本产量性状的要求比纯系育种更高更严。原因是它没有基因重组过程,双亲杂交一代即要求组成更优良基因型。选育产量水平较高、农艺性状优良的亲本材料是T型杂交小麦得以应用基础。

(二) 亲本亲缘关系较远、并且产量结构互补

为了分析小麦亲本在导入T质不育体系后的杂种优势与亲本遗传差异即亲缘关系大小的关系,利用估算亲本遗传距离的方法,求得本试验中21个亲本之间的遗传距离(见表6)。每次找遗传距离最小的两亲本并成一类,逐步进行,直至将所有亲本逐个并成一类。根据这个并类过程绘成聚类图(图3),并类后在图上所有亲本呈自然“聚焦”状态,这样将21个亲本分成七类(表6)。共同父本T—6—3属于I类,因此20个组合分别属于I $\times$ I、I $\times$ II、I $\times$ III、I $\times$ IV、I $\times$ V、I $\times$ VI、I $\times$ VII等七种类型,这七个类型亲本间的平均遗传距离依次为:0.696、1.728、1.999、2.676、4.05、7.64、17.33。

随着遗传距离在一定范围内的扩大,杂种优势有增大趋势。T—6—3和它同类亲本杂交杂种优势平均最小(22.87%),I $\times$ III的组合杂种产量优势平均23.48%,略大于I $\times$ I;I $\times$ III、I $\times$ IV、I $\times$ V、I $\times$ VI、I $\times$ VII的组合其产量优势(见表7)均大于I $\times$ I的组合。

但是,T质杂种产量优势与亲本的遗传差异从趋势上看并不是简单直线关系(图4)。在一定范围内扩大遗传距离可提高T质杂种产量优势,但随遗传距离进一步扩大,产量优势则有下降趋势,I $\times$ V、I $\times$ VI、I $\times$ VII类型组合的遗传距离大于I $\times$ IV,但产量优势没有后者高。究其原因,第V、VI、VII类亲本与T—6—3遗传差异过大,缺乏对当地生态环境的适应性所要求的综合性状,如矮变1号严重早衰青干,NPFP越冬性差等,影响到杂种的综合适应性;而第III、IV类亲本小偃4号、62(9)2—1、陕17—17、小偃7110、74(16)1、在当地具有一定的综合适应性,它们的T质杂种不仅优势强,而且单株产量也比较高。因此,亲本在具有基本适应性的前提下,扩大其遗传差异,才能获得高产强优组合。

亲本产量结构的差异和互补是形成高产强优组合的途径。在遗传距离计算中,共有

表 5 各性状的亲子相关与回归系数

性状	表型同亲回归系数 ($bF_1 \cdot VP$)	基因型同亲回归系数 ($\beta F_1 \cdot VP$)	F_1 与中亲值回归系数 ($bF_1 \cdot MP$)	F_1 与非共亲相关系数 ($rF_1 \cdot VP$)	F_1 与中亲值相关系数 ($rF_1 \cdot MP$)
单株产量	0.3218*	0.3532	0.6443*	0.7379*	0.7389*
单株穗数	0.1055	0.1211	0.2099	0.4372	0.4362
单穗重	0.6613**	0.7117	1.3209**	0.9138**	0.9134**
每穗粒数	0.2682	0.2793	0.3861	0.4715	0.3006
千粒重	0.3372	0.3492	0.6744	0.5944	0.5945
株高	0.4749*	0.4850	0.9497*	0.7770*	0.7769*
抽穗期	0.6436**	0.6503	1.2868**	0.8475**	0.8478**
单株生物学产量	-0.1052	-0.1255	-0.2154	-0.2157	-0.2159
经济系数	0.4062	0.4388	0.8212	0.6381	0.6463
穗长	0.2086	0.2147	0.4208	0.5626	0.5654
小穗数	0.5116*	0.5262	1.1541*	0.7324*	0.7588*
穗轴节片长度	0.3874**	0.3944	0.7728**	0.9077**	0.9085**
小花数	0.4949*	0.5531	0.9890*	0.7015*	0.7017*
套袋恢复度	0.0281	0.0357	0.0486	0.0270	0.0233
放任恢复度	0.3649	0.4786	0.7361	0.3998	0.4031
小穗粒数	0.3968**	0.4449	0.7925**	0.8619**	0.8613**

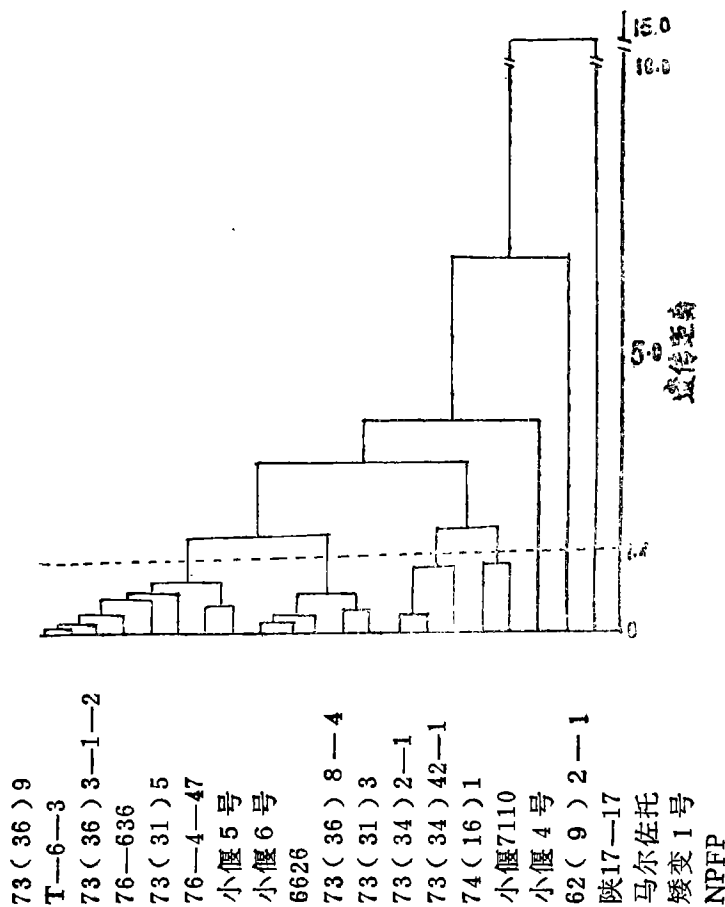


图 3 21个亲本聚类图

表 7 二十一个亲本分类结果

类群	亲本数	亲 本 名 称
I	8	T63, 73(36)9, 73(36)3-1-2, 76-636, 73(31)5, 76-4-47, 小偃5号, 小偃6号
II	5	6626, 73(36)8-4, 73(31)3, 73(34)2-1, 73(31)42-1
III	3	74(16)1, 小偃7110, 小偃4号
IV	2	陕17-17, 62(9)2-1
V	1	马尔佐托

Ⅵ	1	矮变1号
Ⅶ	1	N P F P

表 8 不同类群亲本的T质杂种 F₁ 的产量优势 (1981年)

类群组合	杂 种 优 势	产量杂种优势 (%)	类平均遗传 距 离
I × I	T73(36)9A × — 6 — 3	15.71	
	T73(36)3 — 1 — 2A × T — 6 — 3	13.29	
	T76—636A × T — 6 — 3	30.31	
	T73(31)5A × T — 6 — 3	34.03	
	T76—4—47A × T — 6 — 3	35.41	
	T小偃5号A × T — 6 — 3	13.24	
	T小偃6号A × T — 6 — 3	18.08	
	平 均	22.87	0.696
I × II	T6626A × T — 6 — 3	44.42	
	T73(36)8—48A × T — 6 — 3	-0.99	
	T73(31)A × T — 6 — 3	2.46	
	T73(34)2—1A × T — 6 — 3	26.09	
	T73(31)42—1A × T — 6 — 3	45.44	
	平 均	23.48	1.728
I × III	T74(16)1A × T — 6 — 3	10.83	
	T小偃7110A × T — 6 — 3	67.22	
	T小偃4号A × T — 6 — 3	24.32	
	平 均	34.12	1.999
I × IV	T62(9)2—1A × T — 6 — 3	49.18	
	T陕17—17A × T — 6 — 3	185.5	
	平 均	117.0	2.676
I × V	T马尔佐托A × T — 6 — 3	58.43	4.050
I × VI	T矮变1号A × T — 6 — 3	54.93	7.640
I × VII	TNPFPA × T — 6 — 3	49.48	17.330

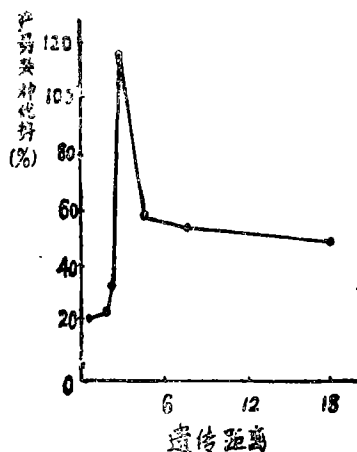


图4 亲本遗传距离与杂种产量优势的关系

12个特征根,从中选取四个较大的特征根及其相应的四个特征向量,其累计百分率达90.5%,特征根代表各综合指标遗传方差的大小,各特征根累计百分率代表综合指标对遗传方差贡献的百分率,各特征根相应特征向量各分量依次代表亲本群体的单株产量、单株穗数、单穗重、穗粒数、千粒重、小穗密度、小穗数、株高、抽穗期、单株生物学产量、穗长、小花数等12个性状对综合指标贡献的大小(见表8)。

从表8可见:单株穗数、单穗重、千粒重、株高、抽穗期、小穗密度、小穗数、单株生物学产量八个性状的差异对主成分影响较大即对遗传距离影响较大,因此,适当扩大亲本间这八个性状的差异有助于产量优势提高。而单株产量等5个性状对遗传距离影响不大,说明亲本间产量有无差异与杂种产量优势的大小关系不大。从亲子遗传关系分析已知:T质杂种产量与亲本产量显著相关,与此分析互相印证,因此必须尽可能提高双亲的产量水平。在亲本一定产量水平的基础上,保持亲本间产量结构上的差异,有利于高产强优组合的形成。试验中,单株产量在10克以上,产量优势在30%以上的四个组合,其亲本间产量结构的互补是十分明显的(表9),第一、三两组合主要由于穗数与单穗重的互补,第二组合主要由于穗粒数与千粒重互补,第四组合主要由于穗数和单穗重、同时由于穗粒数与千粒重的互补,因而这几个组合产量较高,优势较强。

总之,在亲本具有基本适应性和较高产量水平的前提下,扩大产量结构上的差异并且互补,是取得高产强优组合的途径。我们认为,T型杂交小麦的亲本,应是具有基本适应性的多种类型的材料。其育种目标显然有与纯系育种不同的特点。

(三) 亲本配合力强

根据亲子回归中遗传总方差的分解,估算了亲本群体的配合力。就参加试验的亲本材料而言,单株产量、单株穗数、单穗重、小花数、株高等六个性状的一般配合力效应方差占遗传总方差的70%以上(表10),说明供试亲本这六个性状的优劣,在很大程度上决定着T质杂种的表现。改进亲本的这些性状,即可提高亲本一般配合力,使其组合易于形成高产杂种。在20个保持系中,小偃4号、73(36)9、74(16)1、73(36)

表 9 四个较大的特征根 (λ_i) 及其相应特征向量

特 征 根	λ ₁	λ ₂	λ ₃	λ ₄	各特征分量相应性状
(λ _i)	5.12435	2.52089	1.79088	1.04503	
累计百分率 (%)	42.58	63.53	78.41	90.46	
	0.269	-0.214	0.158	-0.093	单株产量
	0.479	0.426	0.108	0.270	单株穗数
	-0.469	0.441	0.071	0.061	单 穗 重
	-0.395	-0.113	-0.112	-0.139	穗 粒 数
	0.050	0.387	0.165	-0.081	千 粒 重
	0.116	0.069	-0.383	0.443	小穗密度
	-0.011	0.195	0.471	-0.422	小 穗 数
	-0.124	-0.114	0.605	0.635	株 高
	-0.180	-0.458	0.102	0.229	抽 穗 期
	-0.417	0.011	-0.042	-0.087	单株生物学产量
	0.048	0.041	-0.390	0.046	穗 长
	-0.238	0.336	-0.138	0.282	小 花 数

3—1—2、76—4—47单株产量较高，它们相应的5个T质杂种的单株产量平均9.81克，高于20个组合平均值（9.1克）；单株穗数较多的小偃5号、矮变1号、76—4—47（平均穗数9.0）个，其T质杂种平均穗数8.43，比20组合平均值（7.67）高；单穗重 的情况也是如此。可以说，一般配合力高的性状，好材料即好亲本。而穗粒数、千粒重、抽穗期等八个性状相对来说特殊配合力较重要，亲本这些性状的表现对T质杂种的遗传影响因组合而不同，因此这些性状，亲本本身要好，同时更要注意组合配置。

表11 主 要 性 状 的 配 合 力

性 状	一般配合力 V _g . (%)	特殊配合力 V _s . (%)	性 状	一般配合力 V _g . (%)	特殊配合力 V _s . (%)
单株产量	73.02	26.98	经济系数	59.82	40.18
单株穗数	83.45	16.55	穗 长	63.22	36.78
单 穗 重	90.81	9.15	小 穗 数	53.06	47.01
穗 粒 数	45.04	54.96	穗轴节片长度	91.55	8.46
千 粒 重	55.80	44.20	小 花 数	71.37	28.63
株 高	70.20	29.80	单株生物学产量	50.89	49.12
抽 穗 期	59.29	40.71	小穗粒数	57.24	42.76

表10 四个产量优势较高组合的亲本产量结构互补情况

组 合	亲本系	单株产量	单株穗数	穗粒数	千粒重	单穗重	产 量 优 势
T陕17—17A×T63	保持系	2.94	8.4	13.5	24.0	0.394	185.5%
	恢 复 系	6.45	6.5	27.7	36.7	0.928	
	F ₁	13.4	9.8	32.25	43.3	1.446	
T76—4—47A×T63	保持系	9.45	9.2	41.9	25.5	1.014	35.41%
	恢 复 系	6.45	6.5	27.7	36.7	0.928	
	F ₁	10.76	8.5	36.39	36.34	1.54	
TN P FPA×T63	保持系	7.84	2.8	63.1	42.4	2.725	49.48%
	恢 复 系	6.45	6.5	27.7	36.7	0.928	
	F ₁	10.68	3.7	64.09	46.01	2.936	
T矮变1号T×T63	保持系	6.64	9.7	33.0	20.9	0.692	54.93%
	恢 复 系	6.45	6.5	27.7	36.7	0.928	
	F ₁	10.14	9.6	34.34	30.82	1.048	

注：产量、千粒重、单穗重单位为克。

T质杂种本身的产量性状多属加性效应为主,这与国内外一些用普通小麦品种研究的结果一致^[9,13]。T质杂种亲本以单株穗数、单穗重为基础改良其产量性状,一般可提高产量性状的一般配合力。

综上所述,普通小麦在导入T质不育体系后构成的杂交小麦,亲本选配仍遵从一般杂优育种的亲本选配原则,即:亲本性状优良;双亲的亲缘上在一定范围内有差异,优良性状互补;亲本一般配合力高。同时,T型杂交小麦的亲本选配又有其特点:(1)亲本要有较高产量水平;(2)双亲要有基本适应性,在此基础上适当扩大性状差异,才能选配高产强优组合;(3)亲本(特别是保持系)对T质有遗传上的协调性。因此,T型杂交小麦的亲本选育目标应有不同于纯系品种的地方。

结 语

T质杂种与相应A质杂种的产量及其构成因素的比较表明:一般而论,T质对杂种单株穗数优势有一些负影响,T质不育由于恢复不完全对穗粒数优势也有负影响,与此同时,对杂种千粒重优势和单穗重优势则有正的影响。可能主要由于小麦产量因素之间的自我调节,就单株产量而言,T质不表现显著的不良影响。在T质有影响的产量性状上,其影响大小及方向因核基因型而不同。

供试T质杂种的产量因素中,单穗重的变化对杂种产量影响最大,单株穗数次之,影响单穗重的穗部因素中,以穗粒数为最重要,千粒重次之;穗粒数主要受小花数多少的影响;供试T质杂种恢复在67.2—97.2%范围内(平均恢复度为81.6%)变动,对杂种单株产量、单穗重无显著影响。

根据以上结果,我们认为:通过亲本选配,提高T型杂交小麦的农艺性状是突破应用关的关键;目前T型杂交小麦未达到生产应用的要求,主要是亲本选配等育种方面的一些基本问题缺乏深入具体的研究。

普通小麦在导入T质不育体系后,杂种优势育种的亲本选配仍遵从一般杂优育种的亲本选配原则,即:亲本性状优良,配合力高,双亲有一定的亲缘关系上的差异,产量结构互补。

在这些基本原则基础上,又有其一些不同的特点:(1)双亲都要有较高产量水平;(2)双亲均要具有一定的基本适应性;(3)亲本(特别是保持系)应对T质有遗传上的协调性。

根据目前小麦早熟、抗病、矮秆、大穗的育种目标,结合T质杂种亲子遗传关系及杂交制种的要求,我们设想:T型杂交小麦的保持系应是早熟、多穗、抗病、大粒、具有显性矮化能力的类型;恢复系应是多花多粒大穗、抗病、中高秆、中晚熟类型。

在深入研究T型杂交小麦亲本选配规律的同时,亲本选育特别是恢复系选育方法的研究是一个迫切的课题。

主 要 参 考 文 献

- [1] 庄巧生等: 1963, 冬小麦亲本选配的研究, 1. 杂种第一代优势和配合力分析。《作物学报》2 (2): 117—129。
- [2] Brggle, L.W.: 1963. Heterosis in wheat—a review. *Crep Sci.* 3 : 407—412。
- [3] Hayward (缪世才译), 1975, 杂交小麦的现状与前景, 国外农业科技资料, 1978 (1): 12—21。
- [4] Rai, R.K.: 1978, Influence of the malesterility (*Triticum timopheevi* Zhuk. cytoplasm) on F_1 seed in common wheat. *Proc. 5th Intern. Wheat Genet. Symp.* 299—305。
- [5] Allan, R.E.: 1973. Yields of wheat hybrids of the *Triticum timopheevi* nucleo-cytoplasmic System. *Proc. 5th Intern. Symp.* 311—318。
- [6] 赵寅槐等: 1980. 杂种小麦研究中的几个问题, (油印本)。
- [7] 西北农学院农学系遗传教研组, 1979, T型杂交小麦杂种优势分析。陕西省遗传学会成立大会暨论文报告会论文汇编, 11—19。
- [8] Sage, G.C.M.: 1976. Nucleo-cytoplasmic relationships in wheat. *Advances in Agronomy*, 28 : 267—297。
- [9] 常协恒一郎: 1970, 《育种学》杂志20 (2): 69—75。
- [10] 藤垣顺三, 常协恒一郎: 1976, 《育种学》杂志26 (3): 179—187。
- [11] 华北农大农学系小麦选种组: 1976, 冬小麦杂种优势利用研究。《遗传学报》3 (3): 242—249。
- [12] 范濂: 1981, 当前小麦雄性不育杂种优势利用研究的几个问题。《河南农学院学报》, 1981第2期: 1—14。
- [13] D. R. 桑普林, H. G. 鲁宾逊 (朱世峰译): 1979, 杂种冬小麦雄性可育性和产量的配合力。《国外农学》——麦类作物 (1): 29—34。
- [14] Wilson, J.A.: 1968. Hybrid wheat development with *Triticum timopheevi* Zhuk. derivatives. *Proc. 3rd Intern. Wheat Genet. Symp.* 423—430。
- [15] 范濂、王福亭: 1980. 不同恢复源和母本基因型对提型雄性不育胞质杂交小麦几个主要性状的效应, 《河南农学院学报》(1): 1—8。

A Preliminary Study on Heterosis and Its Selection of Parental Material of Hybrid Wheat in T. Timopheevi Cytoplasm

Advisor, Profesor Li Zheng-de and

Lecturer Yang Tian-zhang

Postgraduate, He Pei-ru

(Abstract)

By using 20 F_1 of A-line (male sterile line with T. timopheevi cytoplasm) X a constant male parent R-line T-6-3 (restorer) and their parents that were B-lines (maintainer with T. aestivum cytoplasm) and T-6-3 and the partial F_1 of corresponding B-lines x T-6-3, the result obtained from analysing the reason why the heterosis of hybrid wheat was not outstanding through genetic analysis including path coefficient analysis, constant parent regression analysis and principal component analysis showed: (1) the hybrids with T. timopheevi cytoplasm had different yield structure but no difference in vigor of grain yield remarkably compared with them in T. aestivum cytoplasm, (2) the relationship between the fertility restoration and grain yield per plant was not remarkable according to the statistics when the degree of restoration was up to 80%, (3) the relationship between vigor for grain yield of hybrid wheat in T. timopheevi cytoplasm and its selection of parental material was very close.

This paper analysed the principle and feature of the selection of parental material of hybrid wheat in T. timopheevi cytoplasm systematically as compared with former works about this problem. The analytical results indicated that its principle of selection of parental material followed the general principles of crop heterosis breeding that characters were advantageous, combining abilities were higher, there were certain genetic distance between both parents, yield component was complemented each other; its features were that both the parents must have higher yield level, essential adaptability to habitat and certain genetic adaptability to T. timopheevi cytoplasm.