

# 温热玉米杂交种基本营养 生长期遗传的初步研究

陈彦惠, 常胜合, 吴连成

(河南农业大学 农学院, 河南 郑州 450002)

**摘要:** 用 2 个温热杂交组合的  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $BC_1$ ,  $BC_2$  6 个世代材料, 对玉米抽雄、散粉、吐丝期进行遗传研究。结果表明, 不同温热杂交组合基本营养生长期的遗传特点不同。由对光周期反应较迟钝的亚热带自交系 CML322 所配成的温热杂交组合, 其基本营养生长期较之亲本有明显提早的趋势, 符合加性—显性遗传模式; 温带早对亚热带晚呈显性或部分显性; 对光周期反应敏感的亚热带自交系 CML312 表现异常, 基本营养生长期指标在自交系内及其  $F_1$  内变异较大; 对含有杂合基因型分离世代  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $BC_1$ ,  $BC_2$  的比较可见, 明显表现杂合基因型提早的遗传特点, 温带遗传成分在杂种后代中所占的比重, 对基本营养生长期的提早和光周期钝感表现出剂量效应。

**关键词:** 玉米; 基本营养生长期; 遗传; 温热种质

中图分类号: S513.03 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2000)02-0015-06

基本营养生长是指玉米出苗至抽雄、散粉、吐丝的生长发育阶段, 可以作为反应外来种质适应性、光周期反应敏感性的一个重要指标。研究表明, 温带玉米的抽雄、散粉、吐丝期是一个数量性状, 主要受主效基因的控制, 遗传力较高, 早熟表现杂种优势<sup>[1, 2]</sup>。热带亚热带种质在温带玉米育种中的利用, 是拓宽种质遗传基础取得育种突破的一个重要途径<sup>[3, 4]</sup>, 近年来受到了人们的普遍重视。但其主要障碍是光周期的敏感性<sup>[5]</sup>, 热带亚热带种质在温带长日照条件下种植, 由于受光周期的影响, 出现基本营养生长期延迟、雌雄不协调、营养生长优于生殖生长、植株高大等一系列问题。因此温热种质杂交种基本营养生长期的遗传有其一定的特殊性, 但迄今国内未见这方面的报道。本试验的目的就是探索基本营养生长期的遗传特点, 为热带亚热带种质在温带育种中的有效利用, 克服光周期敏感性提供依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

选用丹 340×CML322 和 478×CML312 2 个温热杂交组合, 丹 340, 478 是温带常用自交系, 在河南表现出较好的适应性, CML322, CML312 自交系引自墨西哥国际玉米小麦改良中心(CIMMYT), 属于亚热带种质选出的自交系, 1997 年冬在海南南繁组配成了  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $BC_1$ ,  $BC_2$  6 个世代的遗传研究材料。

收稿日期: 1999-06-10

基金项目: 国家“九五”重点科技攻关项目; 河南省杰出青年科学基金资助项目

作者简介: 陈彦惠(1958-), 男, 农学博士, 教授, 主要从事玉米遗传育种研究工作。

## 1.2 方法

1998 年春将 2 个杂交组合的  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $BC_1$ ,  $BC_2$  种植在河南农业大学试验农场。试验采用顺序排列, 3 次重复, 小区行长 4 m, 行距 0.67 m, 株距 0.27 m, 种植密度 56 250 株/ $hm^2$ , 每个重复中基因型一致的  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $F_1$  为 4 行区, 分离世代  $F_2$  为 8 行区,  $BC_1$ ,  $BC_2$  为 6 行区。在  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $F_1$  小区中分别随机选 30 株,  $F_2$  小区中选 240 株,  $BC_1$ ,  $BC_2$  小区中分别选 45 株作为样本, 采用单株挂牌的方法, 记载每个单株的抽雄、散粉、吐丝日期。对每个性状作出个体分布图, 按照 Mather<sup>[6]</sup> 提出的三参数遗传模型对调查性状进行遗传分析。并估算了广义遗传力。

## 2 结果与分析

### 2.1 丹 340×CML322 抽雄、散粉、吐丝期的遗传分析

2.1.1 6 世代 3 个性状的平均数和个体分布 6 个世代 3 个性状的平均数、个体分布范围和变异系数列于表 1。由表 1 可见, 温带亲本  $P_1$  除 2 株因病毒病未能抽雄, 其他 28 株均能正常抽雄, 集中在 70~72 d, 平均为 70.7 d。亚热带亲本  $P_2$  的 30 株也能正常抽雄, 分布在 75~80 d 之间, 平均为 76.2 d, 比  $P_1$  晚 5.5 d。杂种  $F_1$  植株能全部抽雄, 分布在 61~71 d, 平均为 68.6 d, 比温带早亲  $P_1$  还早 2.1 d, 其中有 70% 植株抽雄早于  $P_1$ , 由此可见, 杂种  $F_1$  表现出明显的超早亲优势。 $F_2$  的 240 个样本中, 除有 3 株因病毒病未能抽雄外全部可抽雄, 分布在 68~81 d 之间, 有 11 株超早亲, 1 株超晚亲, 平均值为 72.2 d, 介于双亲之间, 稍倾向于早亲, 但比  $F_1$  晚 3.6 d。用温带亲本  $P_1$  回交  $BC_1$  的 45 个样株均能正常抽雄, 其中有 31 株(占 71%)比早亲抽雄还早,  $BC_1$  平均值与  $F_1$  平均值相当, 早于  $P_1$  亲本, 表现明显的超早亲优势。用亚热带亲本回交的  $BC_2$  植株均可抽雄, 分布在 68~75 d 之间, 有 3 株超早亲, 平均值介于双亲之间, 与  $F_2$  相当, 比  $P_1$  晚 1.7 d, 比  $P_2$  早 3.7 d。从以上杂合世代的平均值和个体分布看, 表现出了明显的杂合基因型倾早的遗传特点。对含有杂合基因型分离世代  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $BC_1$ ,  $BC_2$  的比较可见, 温带遗传成分在杂种后代中所占的比重, 对基本营养生长期的提早表现出剂量效应。

表 1 丹 340×CML322 杂交组合 3 个性状的样本数(N)、平均值(X)、变异范围(Rg)和变异系数(CV)

世代	抽雄期(d)				散粉期(d)				吐丝期(d)			
	N	X	Rg	CV	N	X	Rg	CV	N	X	Rg	CV
$P_1$	28	70.7	70~72	1.02	28	74.2	72~76	1.69	28	77.0	75~79	1.92
$P_2$	30	76.2	75~80	1.74	30	79.9	78~82	1.31	30	80.2	79~83	0.94
$F_1$	30	68.6	67~71	1.79	30	71.6	70~73	1.50	30	74.1	73~76	1.22
$F_2$	237	72.2	68~81	2.58	229	76.9	72~86	3.32	225	78.8	71~94	4.64
$BC_1$	45	68.7	66~73	2.18	45	71.4	69~76	2.12	45	73.7	71~76	2.28
$BC_2$	45	72.4	68~75	2.39	45	76.3	72~81	2.48	45	77.8	75~82	2.63

从表 1 还可见, 散粉、吐丝与抽雄期表现基本一致。双亲生长正常, 温带亲本早, 亚热带亲本晚;  $F_1$  平均值早于温带亲本, 出现明显的超早亲优势;  $F_2$  平均值介于双亲之间, 但偏向早亲, 分离出比早亲更早、比晚亲更晚的个体, 分离变异较大, 平均值晚于  $F_1$ ;  $BC_1$  平均值接近  $F_1$ , 早于温带亲本;  $BC_2$  平均值接近  $F_2$ , 介于双亲之间偏向早亲, 但也出现有早于或晚于双亲的极端

个体。从  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $BC_1$ ,  $BC_2$  含有杂合基因型的分离世代看, 均明显表现出杂合基因型倾早的遗传特点。

2.1.2 3 个遗传参数的估计和检验 对  $P_1$ ,  $P_2$  抽雄、散粉、吐丝期平均值进行差异显著性检验, 均达到了显著水平, 因此可进一步进行三参数的遗传分析。

将抽雄、散粉、吐丝期三参数和机误值( $A \pm S_A$ ,  $B \pm S_B$ ,  $C \pm S_C$ ) 及  $t$  值列入表 2。由表 2 可见, 所有的  $t$  值均小于 2, 说明 A, B, C 均不显著, 表明抽雄、散粉、吐丝期这 3 个性状的遗传符合加性—显性遗传模型。因此, 这 3 个性状是受加性和显性的控制, 它们的遗传效应包括了不同基因位点间的加性效应和同一基因位点间的显性效应。

根据各世代方差估算的抽雄、散粉、吐丝期广义遗传力分别为 63.4%, 80.44% 和 89.49%, 说明 3 个性状的遗传力较高, 在育种中可以根据表现型进行选择。

表 2 抽雄、散粉、吐丝期的 A, B, C 估值

	抽雄期	$t$ 值	散粉期	$t$ 值	吐丝期	$t$ 值
$A \pm S_A$	$-1.9 \pm 1.92$	0.99	$-3.0 \pm 2.18$	1.51	$-3.7 \pm 2.18$	1.70
$B \pm S_B$	$0.0 \pm 2.25$	0.00	$1.1 \pm 2.35$	0.47	$1.3 \pm 2.50$	0.52
$C \pm S_C$	$4.7 \pm 4.34$	1.08	$10.3 \pm 6.10$	1.69	$9.8 \pm 8.54$	1.15

2.2 478 × CML312 抽雄、散粉、吐丝期的遗传分析

由表 3 可见, 温带亲本  $P_1$  和 30 个样株均能正常抽雄, 平均为 72 d, 集中分布在 71~ 74 d, 变异系数较小。亚热带亲本  $P_2$  有 3 株未能正常抽雄, 平均为 83.3 d, 比  $P_1$  晚 11.3 d, 个体分布在 80~ 91 d, 变异系数较大, 说明这一亚热带自交系在郑州长日照条件下, 表现出明显的不适应性。 $F_1$  样株全部能抽雄, 个体分布在 72~ 81 d, 平均为 74.6 d, 介于双亲之间, 比  $P_1$  晚 2.6 d, 比  $P_2$  早 8.7 d, 明显倾向于早亲, 说明温带自交系的早抽雄对热带自交系的晚抽雄表现出部分显性效应, 杂种  $F_1$  的抽雄期基本能适应郑州的生态环境, 但是变异系数较大。 $F_2$  238 个样株中, 有 25 株未抽雄, 占样株总数的 10%。在能抽雄的 213 个样株中, 分布在 66~ 82 d, 变异系数较大, 其中有 2 株超早亲,  $F_2$  平均数介于双亲之间, 略倾向于早亲, 稍晚于  $F_1$ 。 $BC_1$  的 45 株全部能抽雄, 分布在 67~ 75 d, 变异系数比  $P_1$  大, 但小于  $P_2$ ,  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $BC_2$ , 其平均值与  $P_1$  相等, 比  $P_2$  早 11.3 d, 比  $F_1$  早 2.6 d, 且出现有 3 株超早亲。由此可见,  $BC_1$  对郑州的生态

表 3 478 × CML312 杂交组合 3 个性状的样本数(N)、平均值(X)、变异范围(Rg)和变异系数(CV) d

世代	抽雄期				散粉期				吐丝期			
	N	X	Rg	CV	N	X	Rg	CV	N	X	Rg	CV
$P_1$	30	72.0	71~ 74	1.46	30	75.0	74~ 77	1.24	30	78.2	76~ 82	2.34
$P_2$	27	83.3	80~ 91	3.09	27	95.8	87~ 106	5.87	23	105	101~ 112	2.58
$F_1$	30	74.6	72~ 81	3.08	27	77.4	74~ 83	3.24	27	80.9	76~ 86	3.56
$F_2$	213	75.2	66~ 82	3.18	196	79.0	70~ 88	3.88	191	82.9	73~ 106	6.62
$BC_1$	45	72.0	67~ 75	2.07	45	74.8	70~ 80	2.43	45	77.5	73~ 88	3.77
$BC_2$	45	76.6	72~ 83	3.50	40	81.9	77~ 86	2.77	40	87.4	80~ 101	5.18

环境具有良好的适应性, 在 6 个世代材料中,  $BC_1$  的适应性仅次于温带亲本自交系。因此, 用温带材料回交温热杂交组合  $F_1$  能够更有效地改进亚热带材料的不适应性。 $BC_2$  的 45 个样株中, 有 1 株未能抽雄, 占总数的 2.2%, 抽雄分布在 72~ 83 d, 变异系数较大, 平均比  $P_1$  晚 4.6 d, 比  $P_2$  早 6.7 d, 比  $F_1$  晚 2 d。对含有杂合基因型分离世代  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $BC_1$ ,  $BC_2$  的比较可见, 明显

表现杂合基因型倾早的遗传特点, 温带遗传成分在杂种后代中所占的比重, 对基本营养生长期的提早表现出剂量效应。

表 3 结果还显示, 温带自交系散粉、吐丝正常, 变异系数小; BC<sub>1</sub> 散粉、吐丝正常且早于温带自交系, 分离出较多的超早亲个体, 说明能较好地适应郑州生态环境, 但变异系数稍大于温带自交系; 亚热带自交系 P<sub>2</sub> 散粉、吐丝期分别比 P<sub>1</sub> 晚 20.5 d 和 24.8 d, 且有 10% 个体不能散粉, 23% 的个体不能吐丝, 变异系数较大, 说明 P<sub>2</sub> 是一个对光周期反应敏感、基本不能适应郑州生态环境的亚热带自交系; 不能吐丝的个体比不能抽雄、散粉的个体明显多, 可见雌穗比雄穗对光周期敏感性更大; F<sub>1</sub> 样本中有 3 株(占 10%) 未能散粉、吐丝, 平均略晚于温带亲本, 变异系数较大。说明温带早熟表现部分显性效应; F<sub>2</sub> 有 18% 的植株不能散粉, 20% 的植株不能吐丝, 平均数介于双亲之间, 但明显倾向于温带亲本, 出现个别超早亲个体, BC<sub>2</sub> 样本中有 5 株(占 11.11%) 未能散粉、吐丝, 平均数介于双亲之间。在杂合基因型世代中, BC<sub>2</sub> 的散粉、吐丝最晚。对含有杂合基因型分离世代 F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, BC<sub>1</sub>, BC<sub>2</sub> 的比较可见, 明显表现出杂合基因型倾早的遗传特点。应当指出, 由于出现了不散粉、不吐丝的植株, 计算的平均数和变异系数的结果存在一定的误差, 尤其是 F<sub>2</sub>。

2.3 2 个组合 ASI 和 PSSI 的遗传分析

抽雄至吐丝天数(ASI)、散粉至吐丝天数(PSSI)一般被认为是反映光周期敏感性的指标<sup>[7]</sup>。从表 4 可见, 丹 340, CML322 2 个自交系的 ASI, PSSI 值较小, 说明它们对光周期反应钝感, 基本能适应郑州的生态条件。由于双亲间 ASI、PSSI 值差异较小, 杂种后代 F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, BC<sub>1</sub>, BC<sub>2</sub> 的平均值介于双亲之间。

在 478× CML312 组合中, P<sub>1</sub>, BC<sub>1</sub> 的样株均能正常散粉吐丝, 但 P<sub>2</sub>, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, BC<sub>2</sub> 中均有部分样株未能散粉和吐丝, 因此表中 P<sub>2</sub>, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, BC<sub>2</sub> 的 ASI, PSSI 值要小于实际值。由表 4 可见, 亚热带自交系 CML312 的 ASI, PSSI 值分别为 21.7 和 9.2, 表现出明显的雌雄不协调, 对光周期反应具有较强的敏感性。但它与温带自交系 478 杂交后代的光周期敏感性明显减小, 说明钝感对敏感表现显性或部分显性效应。ASI, PSSI 值的大小依次为 P<sub>2</sub>, BC<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>1</sub>, P<sub>1</sub>, BC<sub>1</sub>。对杂合基因型不同世代比较可见, 温带遗传成分在杂合基因型中所占的比重对光周期反应的钝感性具有一种剂量效应, 温带遗传成分多, 光周期反应的敏感性就弱。其中占 75% 温带遗传成分的 BC<sub>1</sub>, 比温带 478 自交系的 ASI, PSSI 值还略小, 表明了它能较好地适应郑州的生态环境。

表 4 2 个组合 6 世代的抽雄至吐丝天数(ASI)和散粉至吐丝天数(PSSI)的平均值

组 合		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	BC <sub>1</sub>	BC <sub>2</sub>
ASI	丹 340× CML322	6.3	4.0	5.5	6.6	5.0	5.4
PSSI	丹 340× CML322	2.8	0.3	2.5	1.9	2.3	1.5
ASI	478× CML312	6.2	21.7	6.3	7.7	5.5	10.8
PSSI	478× CML312	3.2	9.2	3.5	3.9	2.7	5.5

3 结论与讨论

3.1 光周期敏感性不同的温热杂交组合的遗传特点有一定差异

本研究结果表明, CML322 基本上是一个对光周期反应迟钝的亚热带自交系, 在郑州温带生态环境下可以正常生长发育, 由它与丹 340 组成的温热杂交组合较之亲本有明显提早的趋势, 说明杂交组合前期生长发育进程较双亲快,  $F_1$  和  $BC_1$ ,  $F_2$ ,  $BC_2$  分离世代中比温带亲本同期或提早的个体较多,  $F_1$ ,  $BC_1$  平均值表现明显的超亲优势。经三参数遗传分析抽雄、散粉、吐丝 3 个性状的遗传符合加性—显性遗传模式, 表明决定这个温热杂交组合抽雄、散粉、吐丝期的遗传主要是加性和显性效应, 温带材料的早熟性对热带亚热带材料的晚熟性表现出显性或部分显性效应, 这与人用温带材料对生育期的研究结果一致<sup>[1]</sup>。本研究选用的另一个亚热带自交系 CML312, 对光周期反应较敏感, 在郑州温带生态环境下生长发育不正常。由它组成的温热杂交组合的抽雄、散粉、吐丝较之亲本虽然也表现出提早趋势, 温带材料对光周期反应的钝感基因表现出显性或部分显性等特点, 但与丹 340 × CML322 组合相比, 其分离各世代中与温带亲本同期或提早的个体和对光周期反应钝感的个体均较少,  $F_1$  没有超早亲优势,  $BC_1$  超早亲优势很小。对  $BC_1$ ,  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $BC_2$  比较可看出, 温带遗传成分在杂种后代中所占的比重, 对抽雄、散粉、吐丝的提早和光敏感性的反应表现出一定的剂量效应。温带遗传成分多, 光周期反应的敏感性就弱。其中占 75% 温带遗传成分的  $BC_1$ , 比温带自交系的 ASI, PSSI 值还略小, 能较好地适应郑州的生态环境。因此, 在育种的热导过程中, 通过温热自交系杂交的系谱法或回交的方法可以得到具有热带血缘、生育期提前、雌雄较协调的个体, 而且用回交法克服光周期敏感性更快些。

### 3.2 CML312 抽雄、散粉、吐丝期在自交系内和 $F_1$ 内表现一定的分离现象

与温带自交系相比, CML312 自交系及其  $F_1$  的变异系数明显增大。其可能的原因, 一是 CML312 自交系对光周期反应敏感, 表现出明显的不适应性, 对控制光周期反应的基因位点不纯合。因为 CML312 自交系的选育过程是在低纬度的短日照条件下进行, 在生育期的选择上仅仅是选出了适应短日照环境的基因型, 由于对光周期敏感性没有选择压, 也就无法对光周期敏感特性进行选择, 因此对控制光敏感性的基因位点就不一定纯合, 到长日照条件下就可能表现分离现象。二是由于基因位点的不纯合和对长日照环境的不适应使个体间的发育进程不同。发育遗传学研究表明<sup>[4]</sup>, 生物个体发育的不同阶段受不同基因或基因组的控制, 在玉米前期生长发育过程中, 由于基因位点间较小的差异, 可能会导致控制抽雄、散粉、吐丝(即生殖生长分化发育)基因启动时间的差异, 最终反映出的发育进程存在差异。但这还有待于分子发育遗传学的进一步研究证实。

## 参考文献:

- [ 1 ] 西北农学院主编. 作物育种学[ M ]. 北京: 农业出版社, 1979.
- [ 2 ] 姜明月, 王金君, 张丽颖. 玉米生育期的遗传分析[ J ]. 国外农学—杂粮作物, 1994, ( 1 ): 18– 21.
- [ 3 ] 刘纪麟. 玉米育种学[ M ]. 北京: 农业出版社, 1992.
- [ 4 ] 陈彦惠. 玉米遗传育种学[ M ]. 郑州: 河南科技出版社, 1996.
- [ 5 ] 张世煌. 系统引进和利用外来种质[ J ]. 作物杂志, 1995, ( 1 ): 7– 9.
- [ 6 ] 高之仁. 数量遗传学[ M ]. 成都: 四川大学出版社, 1986.
- [ 7 ] Ellis H. 不同玉米栽培品种光周期、叶片数及雄穗分化至抽雄间隔期的研究[ J ]. 国外农学—杂粮作物, 1993, ( 1 ): 18– 21.

# A Preliminary Genetic Study on the Basic Vegetative Growth Stage of the Hybrids Between Subtropical and Temperate Lines in Maize

CHEN Yarr hui, CHANG Sheng he, WU Liarr cheng

( Agronomy College, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** This paper reported genetic performance of the basic vegetative growth stage using  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $BC_1$ ,  $BC_2$  generations from 2 temperate  $\times$  tropical combinations. The results showed that the performance of the days to anther, days to shed and days to silk has an earlier tendency for the cross than for the parents in the combination of 340 (temperate line)  $\times$  CML322 (subtropical line with insensitive to photoperiod), and inheritance of the basic growth period belonged to the genetic model of additive-dominance. The performance of the basic vegetative stage in the CML312 line with sensitivity to photoperiod is abnormal with higher CV within the line and  $F_1$ . The early tendency of heterogeneous genotype and the quantitative effect for earlier days to anther, days to shed, days to silk because of the different temperate genetic component ratio in 6 generations were observed.

**Key words:** Corn; Basic vegetative stage; Inheritance; Temperate  $\times$  tropical cross