

• 研究报告 •

玉米隐性核不育双杂合保持系的选育

II. 提高保持系生活力的研究^①

季良越 季洪强 罗福和 胡彦民 黄西林

(河南农业大学农学系, 郑州 450002)

摘要 试验采用两种方案选育不同自交系背景的隐性核不育双杂合保持系。不同保持系在成株率、双杂合体比例、花粉败育率等特性上有明显差异, 表明不同自交系对染色体重复缺失承受力的差异, 将双杂合结构转育到更多自交系背景中, 有可能筛选出农艺性状优良、生活力强的保持系。通过同一自交系双杂合体互交或不同自交系双杂合体杂交, 改良保持系农艺性状已初见成效。ms₂ 双杂合保持系保持雄性不育株率 99.72%, 符合生产杂交种子的要求。文章还讨论了两种选育方案的效果和保持系的应用前景。

关键词 核不育, 染色体重复缺失, 双杂合体, 双杂合保持系

The Study on Breeding Recessive Nuclear Male-sterile Maintainers in Maize

II. Raising the viability of Maintainers

Ji Liangyue Ji Hongqiang Luo Fuhe Hu Yanmin Huang Xilin

(Department of Agromomy, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002)

Abstract Recessive genic male-sterile double heterozygous maintainers in various inbred line backgrounds were developed using two different breeding procedures. The maintainers showed significantly differences in plant viability percentage, double heterozygote percentage, abortive pollen percentage and other traits. This implied different tolerances of various inbred lines to D_p-D_r chromosome complement. Maintainers possessing good viability can be selected when double heterozygous constitution was transferred to more inbred lines. The agronomic traits and viability was improved by sibcrossing among double heterozygotes with the same inbred line background or crossing among different double heterozygotes. The maintainers could maintain 99.72% progeny plants to be male-sterile, this satisfies essential requirement for production of commercial hybrid corn. The merits and demerits of two approaches for breeding double heterozygous maintainers and the applied prospect of maintainers are discussed.

Key words Neucleus male sterility, Duplicate-dificent chromosome complement, Double heterozygote, Double heterozygous maintainer

^①国家自然科学基金(批准号: 39270448)和河南省自然科学基金资助项目。

率、双杂合体百分率较高, 花粉败育率较低, 而且花粉量大, 容易繁殖留种, 但是获白双杂合保持系的抗性差, 综合农艺性状不如黄早四双杂合保持系。Mo17 双杂合保持系成株率低, 花粉败育率高, 双杂合体百分率远远低于 50% 的理论比例, 只有 3.64%, 说明 Mo17 保持系产生的含重复缺失染色体的雌配子受精能力差, 含重复缺失染色体的籽粒发育也很差, 不易出苗。Mo17 双杂合体还表现雌雄极不协调, 繁殖留种困难。经卡方测验, 3 个自交系背景的双杂合保持系的成株率和双杂合体百分率分别达到 0.05 和 0.01 的差异显著水平。3 个自交系双杂合体花粉败育率大小顺序与 3 个自交系花粉自然败育率大小顺序相同, 因而在转育双杂合保持系时, 要选择雌雄协调、雄穗发达、花粉量大、花粉自然败育率低的自交系进行转育。

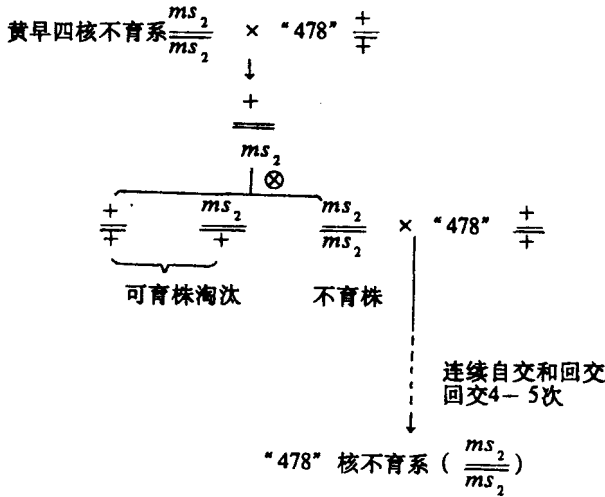


图 1 转育“478”核不育系的步骤

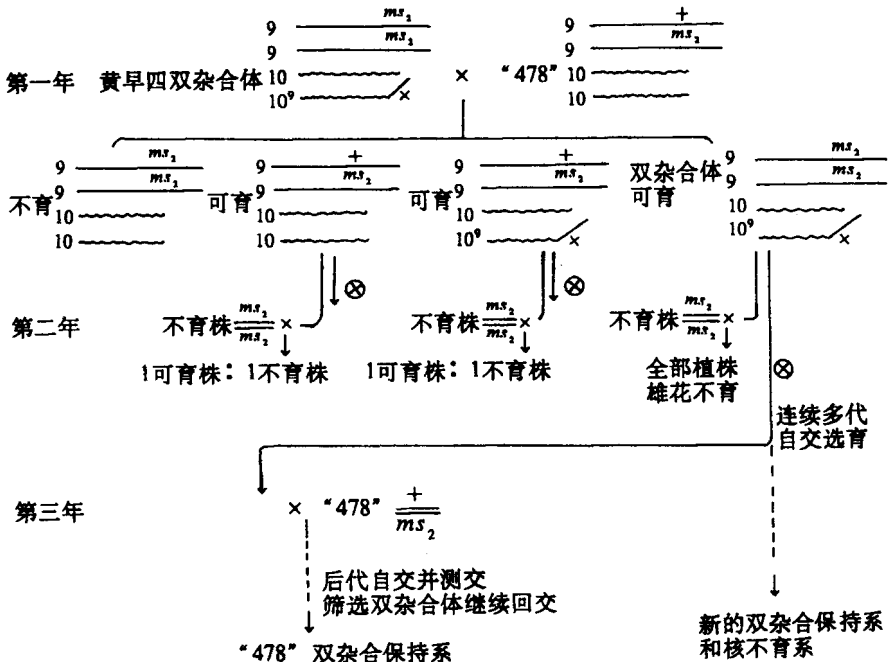


图 2 选育双杂合保持系的第二种方案

不同自交系背景双杂合保持系生活力的差异,反映了自交系对染色体重复缺失的承受力不同。1996年,我们转育的回交2代“478”双杂合保持系的出苗率、生长势、双杂合体百分率,雄穗散粉和雌穗等性状均明显好于回交2代“8112”双杂合保持系(未列出),再一次证明了不同自交系背景对染色体重复缺失的承受力有差异。因此,把双杂合结构转育到更多自交系中,可能筛选出生活力更强的保持系。

表1 不同自交系背景双杂合保持系比较¹⁾ (1992年资料)

自交系	播 种 籽粒数	总株数 ²⁾	成株率(%) ($\frac{\text{株 数}}{\text{播种籽粒数}}$)	双杂合体百分率(%) ($\frac{\text{双杂合体株数}}{\text{总株数}}$)	双杂合体 花粉败育率 (%)	双杂合体 株 高 (cm)	自交系花粉 败育率 (%)
黄早四	380	123	32.37	12.20	16.85	90.60	6.12
获 白	133	58(2)	43.61	21.43	8.34	89.33	3.98
M017	368	111(1)	30.16	3.64	19.21	114.5	8.11

1) 表中数据是双杂合体全部籽粒育苗移栽条件下获得的; 2) 括号内数据是不能区分双杂合体或不育株的植株数。

2.2 双杂合体杂交后代的表现

2.2.1 黄早四双杂合体之间的互交

1990年,刚选育出的黄早四双杂合保持系出苗差、长势弱、双杂合体百分率低、雌雄不协调、花粉量少,而且穗小粒瘪。将黄早四双杂合体互交,对互交后代,每年选择穗子较大、大小籽粒区分明显的脱粒种植。从栽培措施上采用种植小籽,育苗移栽的方式,以提高双杂合体的出苗率。田间选雌雄协调、花粉量大、生长健壮的植株相互授粉。通过多代互交选育,黄早四双杂合保持系的成株率、双杂合体百分率、株高等性状有明显提高,花粉败育率基本不变,而且雄穗花粉量较大,雌雄协调,选育效果列表2。

从表2数据看出,除1995年外,在种植小籽育苗移栽的条件下,成株率逐年提高,1996年达43.1%。1995年成株率只有14.29%,主要原因是1994年7月初一场大雨后,黄早四全部青枯,造成籽粒成熟差,出苗率降低。通过互交双杂合体百分率提高也十分明显,94、95、96年均稳定在80%左右,这是因为经过选育的黄早四双杂合体的雌穗发育较好,大小籽粒区分明显,种植小籽,提高了保持系中双杂合体百分率。

表2 黄早四双杂合体互交选育的效果¹⁾

年 份	播 种 籽粒数	总株数	成株率(%) ($\frac{\text{株 数}}{\text{播种籽粒数}}$)	双杂合体百分率(%) ($\frac{\text{双杂合体株数}}{\text{总株数}}$)	花粉败育率 (%)	双杂合体 株 高 (厘米)
1991	63	16	25.40	37.5	14.64	78.63
1993	2653	706	26.61	19.55	16.56	110.24
1994	626	198	31.63	79.29	16.07	
1995	98	14	14.29	78.57	16.56	111.8
1996	327	141	43.12	82.98	16.67	103.1

1) 表中数据是在双杂合体的小籽育苗移栽条件下获得的。

2.2.2 不同自交系背景双杂合体之间的杂交

对黄早四双杂合体和获白双杂合体杂交后代进行选育,到1996年为F₄代,表3列出了95、96年在不同种植方式下黄早四和杂种双杂合保持系的成株率、双杂合体百分率、花粉败育率和双杂合体株高。经卡方测验,杂种F₃、F₄代双杂合体的花粉败育率显著低于黄早四双杂合体,分别达到0.01和0.05的差异显著水平,1995年在相同种植条件下,株高极显著高于黄早四双杂合体。成株率和双杂合体百分率受种植方式影响较大。1995年,在小籽育苗条件下,杂种双杂合保持系的成株率为53.96%,显著高于黄早四的14.3%,经卡方测验达0.01

差异显著标准, 两者的双杂合体百分率差异不显著。1995 年, 在全部籽粒直播条件下, 杂种成株率为 50%, 黄早四为 45.97%, 杂种也高于黄早四, 但差异未达到显著水平; 杂种双杂合体百分率为 25.72%, 黄早四为 7.41%, 杂种高于黄早四保持系, 卡方测验达 0.01 差异显著水平。1996 年杂种 F_4 代双杂合体在小籽直播的生产条件下, 成株率达 29.67%, 尽管比 96 年黄早四小籽育苗条件下的成株率低, 但与 1993、1994 年黄早四小籽育苗条件下的成株率相当 (表 2)。杂种双杂合体比例达 81.35%, 与黄早四小籽育苗的双杂合体比例相似, 而且雄穗散粉和雌穗结实性都较好。上述结果说明杂交选育是有成效的, 杂种双杂合保持系的成株率、双杂合体百分率有所提高, 花粉败育率下降, 杂种小籽在直播的生产条件下能较好的出苗生长。

表 3 不同种植方式下杂种和亲本黄早四双杂合保持系的比较

年份	播 种 籽粒数	总株数 ¹⁾	组 合	种植方式	成株率 (%)	双杂合体 百分率 (%)	花 粉 败育率 (%)	双杂合体 株 高 (厘米)
1995	98	14	黄早四	小籽育苗	14.29	78.57	16.56	111.8
	556	300(4)	(黄早四 × 获白) F_3	小籽育苗	53.96	76.69	8.46	141.70
	235	108	黄早四	直播 ²⁾	45.96	7.41		97.0
	692	346	(黄早四 × 获白) F_3	直播 ²⁾	50.00	25.72		149.35
1996	327	141	黄早四	小籽育苗	43.12	82.98	16.67	103.1
	1102	327	(黄早四 × 获白) F_4	小籽直播	29.67	81.35	11.03	135.62
	3825	1193(8)	(黄早四 × 获白) F_4	直播 ²⁾	31.19	29.28		136.27

1) 括号内数据是不能区分双杂合体或不育株的植株数; 2) 双杂合体全部籽粒 (包括大籽、小籽) 播于大田。

2.3 双杂合保持系保持后代雄性不育株率

双杂合保持系作父本与核不育系杂交, 保持后代植株雄性不育的能力是保持系能否用于玉米制种的关键。1992~1994 年 3 年中用双杂合体作父本与核不育株授粉, 共鉴定了测交后代 7 499 的株雄花育性, 其中 21 株散粉, 7 478 株雄性不育, 不育株率为 99.72%, 符合玉米制种要求。

保持系与核不育系的杂交后代出现了 0.28% 的可育株, 这是因为双杂合体染色体重复缺失位点与 ms_2 基因之间发生了同源染色体的交换, 使可育基因重组到正常第 9 染色体上 (图 3), 这样, 可育基因得以通过花粉传递到子代, 使测交后代出现散粉株。测交后代出现 0.28% 的散粉株, 反映了双杂合体染色体重复缺失位点与 ms_2 基因之间的遗传距离为 0.28cM。



图 3 双杂合体 ms_2 基因与染色体重复缺失发生重组

3 讨 论

3.1 两种选育方案的比较

本研究我们用两种不同方案选育双杂合保持系都获得了成功。用第一种方案选育出黄早四, 获白和 Mo17 自交系背景的保持系^[1], 用第二种方案选育出“478”、“8112”自交系背景的双杂合保持系。用第一条方案选育, 因杂易位邻近 I 式分离的机率低, 出现双杂合体的理论频率仅为 7.4%^[1], 杂交后代选择小籽种植虽能提高双杂合体比率, 但是, 含重复缺失染色体的雌配子受精能力差, 在自交系背景下双杂合体籽粒发育也差, 出苗率

低, 双杂合体实际出现的频率仍较低, 所以, 必须有较大的群体才能获得成功, 选育工作量相对也较大。采用第二种方案选育(图 2), 因双杂合体产生含重复缺失染色体的雌配子的理论比例为 50%, 父本产生的雄配子有一半携带 ms_2 不育基因, 所以, 杂交后代出现双杂合体的理论比例为 25%, 选择小籽种植, 使双杂合体出现的比例更高。我们在黄早四双杂合体与“478”($+ / ms_2$)、“8112”($+ / ms_2$)的杂交一代, 种植小籽, 通过测交鉴定出的双杂合体比例分别高达可育株的 62.48% 和 27.07%。在回交一代和回交二代中, 由于杂种优势下降, 出现双杂合体的比例有所下降, 但仍高于第一种选择方案。

第一种方案选育双杂合体我们用了 7 年时间, 第二种方案转育双杂合体所需时间更长, 至 1996 年, 经过 6 年 2 次回交, 转育得到的“478”、“8112”双杂合保持系与原自交系仍有差异, 还需继续回交。然而, 用第二种方案, 将杂交一代得到的双杂合体通过连续自交选育, 可以较快得到性状稳定的新的双杂合保持系和核不育系。因此, 在有了较适应的双杂合体条件下, 采用第二种方案选育较简便, 不仅可以将双杂合结构转育到自交系中, 而且可以选育新的双杂合保持系和核不育系。1982 年, 刘仲元报道^[2], 将 oh 43 双杂合体作母本, 自交系作父本杂交, F_1 代选择“准双杂合体”自交, 从自交后代筛选双杂合体, 我们也曾用这种方案进行过选育, 没有获得成功, 因为 F_2 代分离出 8 种类型, 双杂合体比例极低。

3.2 双杂合保持系的应用前景

试验表明, 双杂合保持系给核不育系授粉, 后代 99.72% 植株雄性不育, 能为生产提供基本全不育种子, 但是保持系本身生活力弱, 产量低, 而且自交后代分离出双杂合体和核不育两类植株, 不适合在生产上应用。我们通过 6 年选育, 保持系的生活力和双杂合体比例已有较大提高, 若采用第二种选育方案, 通过更广泛的杂交, 在杂交后代选育新的双杂合保持系和核不育系, 可以进一步提高保持系的产量和双杂合体比例, 最终达到用于生产的目。但是, 因双杂合体含染色体重复缺失, 破坏了遗传物质的固有平衡, 短期内很难将双杂合保持系的产量提高到正常自交系水平。

参 考 文 献

- 1 季良越等. 玉米基因雄性不育双杂合保持系的选育研究. 作物学报. 1993, 19 (3): 262~267
- 2 刘仲元. 玉米两系法的研究(初报). 遗传学报. 1982, 9 (1): 78~83
- 3 Patterson E B. Genic male sterility and hybrid maize production. Proc. 7 th. Meeting Maize and Sorghum Sect., Euearpia, Zagreb, Yugoslavia. 1973, Sept., 3~6

1997-01-03 收稿, 1997-04-10 修回.

· 会 讯 ·

全国玉米种质资源扩增、改良与杂种优势利用学术讨论会召开

由中国作物学会倡议和组织, 河南省农业科学院承办的“全国玉米种质资源扩增、改良与杂种优势利用学术讨论会”于 1997 年 9 月 15~18 日在郑州召开。到会代表 81 人, 提交论文 67 篇, 显示了我国近年来在玉米种质资源研究和利用方面取得了重大进展, 反映了最新成果。主要表现在: (1) 挖掘地方品种资源, 提供系列新种质; (2) 引进国际著名种质; (3) 杂种优势模式已经形成, 研究工作进入分子水平; (4) 实验方法技术上已渐配套和系列化; (5) 新的优势模式进入应用阶段, 分子标记工作达到国际水平。但在种质拓宽, 克服遗传脆弱性方面仍存在许多问题, 研究工作也缺少组织协调。为此, 会议提出了“实施种质扩增计划, 促进杂优利用的建议”、“玉米标准测验种的规范”和“促进玉米育种材料交换的倡议书”等。这些建议受到了有关部门的重视。

(曾孟潜)