

學 育 種 物 作

三

作物育种学

第三册

江苏农学院

一九七三年八月

录

第七章	远缘杂交与辐射引变	1
第一节	远缘杂交	1
第二节	辐射引变	16
第八章	田间试验方法	
第一节	田间试验在鉴定品种的重要意义	30
第二节	育种程序中品种试验的设计	48
第三节	育种试验常用的几种统计方法	54
第四节	品种平均数间的比较	65
第五节	育种试验的统计分析	79

第七章 远缘杂交与辐射引变

第一节 远缘杂交

一、远缘杂交在育种工作中的意义

远缘杂交通常是指亲缘关系较远的生物类型间的杂交。如不同属、种和亚种之间的杂交都属远缘杂交范畴，举例来说：水稻和高粱之间的杂交就是属间远缘杂交，陆地棉和海岛棉之间的杂交就是种间远缘杂交；秈稻和粳稻之间的杂交就是亚种间远缘杂交。

亲缘关系较远的生物类型之间由于地理上、季节上、和种生物学上的原因，在一般情况下互不杂交，而彼此独立地进行着各自的进化过程。但是事物总不是绝对不变的。远缘杂交在自然界不仅可能发生，而且还成为有些物种的形成途径。例如有人用实验研究证明芥菜 (*Brassica juncea*, $2N=36$) 就是通过中国油菜 (*B. campestris*, $2N=20$) 和黑芥 (*B. nigra*, $2N=16$) 杂交，而后发生染色体数加倍而产生的。类似的例子还可以在小麦、烟草、和棉花中找到。

远缘杂交在作物育种工作中的实际意义是多方面的。首先在新品种选育的工作中远缘杂交有一定的直接或间接应用的价值。其次某些远缘杂交的杂种一代所表现出来的杂种优势能满足农业生产上的一些特殊需要。此外，通过远缘杂交产生的雄性不育材料为杂种优势在生产上的广泛利用提供了更大的可能性。

在作物育种工作中往往遇到这样的情况，即通过近缘杂交（指种内的品种间杂交）在产量、品质、熟性和抗逆力等方面无

作物育种学

法超越一定的变异范围，而满足不了育种要求，在这种情况下，人们就希望借助 远缘杂交来突破种内变异的这种局限性。国内外在小麦、棉花、水稻、烟草和马铃薯等作物中通过远缘杂交就创造了不少具有特殊优点的原始材料，有的并在这些材料的基础上选育出优良的新品种，小麦育种工作中应用远缘杂交的实例较多。如我国通过普通小麦品种“南大2419”和圆锥小麦品种“华西5枝”种间杂交育成了茎秆粗壮，穗大粒多，在成熟前麦芒变黑的“南农大黑芒”，在国外通过小麦和冰草属间杂交育成了秆粗、粒大的丰产品种小麦冰草杂种599、89和1号等品种。通过二粒小麦品种“雅罗斯拉夫”和普通小麦品种“马奎斯”种间杂交育成了抗锈品种“希望”等。远缘杂交在棉花育种工作中也有成功的应用。

从陆地棉品种“红鸡脚叶棕紫无籽”和中棉品种的种子间杂交后代中选育出纤维长度达32—36毫米，衣分31—35%，吐絮集中，成熟早的新品种“长绒2号”和生长势强，结铃性好，苗期抗病性强，纤维长度30—32毫米，衣分37—39%，成熟中早的6031-2。国外通过陆地棉和野生种“毛棉”

(*Gossypium tomentosum*) 以及陆地棉和坎菩提棉杂交育成了叶肉厚，毛多的抗叶跳虫的新品种等。水稻中我国用籼稻和粳两亚种间的杂交也获得了一些有希望的品系。在马铃薯和烟草的育种工作中，野生种被广泛地利用为杂交亲本，以育成抵抗病虫害和品质优良的品种。

远缘杂交工作，自1958年大跃进以来受到了普遍的重视。各地都开展了广泛的群众性科学实验活动，创造了大量既有实际意义又有理论价值的材料。

利用远缘杂交亲种优势的典型例子便是陆地棉和海岛棉杂

作物育种学

种一代的利用。因为我国普通栽培的陆地棉的纤维品质如长度、细度和强度都不能满足特种纺织工业（如轮胎帘子布，的确良混纺原料等）的要求。而符合要求的海岛棉：又由于成熟迟、产量低或病虫害严重而不适合我国大部分棉区种植。在长江流域如果将陆地棉和海岛棉的适当的亲本品种进行杂交，则杂种第一代不仅可以适时成熟，而且产量能够接近或超过陆地棉，品质能够达到海岛棉的标准。根据浙江农业大学的报导，尽管杂种一代的铃重和衣分均低于陆地棉亲本。但由于果枝数、果节数，中后期结铃率、单株结铃数等指标均表现出显著的杂种优势，因而皮棉产量仍接近或超过陆地棉。杂种一代的纤维长度，纤维物理指标如细度与单纤维强度等亦能达到要求。如保加利亚 2362（陆地棉）× 米奴非（海岛棉）→ F_1 的纤维指标为：绒长 35.07 毫米，细度 8170 步/克，单纤维强力 3.98 克，断裂长度 32.55 千米洞庭一号（陆地棉）× 米奴非（海岛棉）→ F_1 的纤维指标为：绒长 36.76 毫米，细度 7183 步/克，单纤维强力 4.91 克，断裂长度 35.27 千米若一组合的纤维指标已经超过了进口的埃及棉。原南京农学院遗传选种组也获得相同结果。（见下表）

	细 度 (米/克)	单纤维强度 (克)	断裂长度 (千米)	主体长度 (毫米)
埃及棉奴非	7540	4.62	34.5	32.6
“卡那克	7496	4.36	32.7	31.9
(彭泽1号×长4923) F_1	8110	5.54	44.9	36.39

通过远缘杂交产生雄性不育材料，在小麦、大麦和水稻中

作物育种学

都有报导。例如用小麦属中的提莫菲维小麦 (*T. timopheevi*)，野生一粒系小麦 (*T. boeoticum*) 和山羊草属 (*Aegilops*) 中的 *Ae. caudata*, *Ae. ovata*, *Ae. umbellulata* 等物种和普通小麦杂交，并以普通小麦作为轮回亲本进行回交均可获得雄性不育材料。用野生大麦 (*Hordeum jubatum*) 和栽培大麦杂交并以后者作轮回亲本时，亦可获得雄性不育材料。此外用中国野生稻 *Oryza sativa f. spontanea* 的细胞质引入日本栽培稻中或印度秈稻品种钦苏拉——波罗 II 的细胞质引入粳稻之中以后亦可产生雄性不育性。

远缘杂交和近缘杂交（如种内品种间杂交）相比较有着一定的特殊性。首先，远缘植物之间一般不易杂交成功。其次，即使杂交成功，远缘杂种往往完全不孕或结实率极低，因此在作物育种工作中应用远缘杂交时必须克服上述两大障碍。此外，远缘杂种的性状分离一般较品种间杂种更为强烈。性状稳定所需的代数亦较多。因而在育种方法也带来了一些特殊的要求，只有妥善地解决了这些问题，才有可能通过远缘杂交，将远缘亲本有利性状按照人类的需要结合到稳定的后代系统中去，从而达到育种的目的。

二、远缘杂交不易成功的原因和克服的方法。

远缘植物之间的杂交，除了少数情况以外，是比较难以成功的。所谓远缘植物之间的不易支配，粗放而言就是指杂交当代不易结实的现象。这是进行远缘杂交工作必须克服的第一个障碍。但是产生远缘杂交当代不易结实这种现象的具体原因，（机制）在不同远缘亲本之间的情况是各不相同的。要弄清这些细节就必须从远缘杂交时的授粉、受精和胚胎发育的全部过程加以分析 and 剖视。国内外科学研究结果，表明：远缘植物之

间的两性因素（父本雄性因素指花粉、花粉管和雄配子，母本雌性因素指整个雌蕊）包括柱头、花柱、子房、胚中和雌配子）存在着明显的不亲和性。这种不亲和性可以反映在受精过程的不同阶段。其具体表现如下：

1. 远缘花粉在母本柱头上根本不能发芽。例如不萌发和花粉或花粉管发生爆裂；
2. 远缘植物花粉的花粉管无法进入子房。有的由于花粉管生长过慢或长度不够，无法进入子房。但亦有花粉管沿花柱伸长到接近子房时受阻停滞或折回；
3. 远缘植物花粉管虽能进入母本子房和胚中，但雄配子不能和雌配子融合。受精作用无法完成；
4. 受精后胚胎发育不正常。如幼胚发育到一定阶段停止生长或胚乳发育不正常影响了幼胚早期发育的营养供应，使幼胚发育中断。此外还可能出现无融合生殖或单一受精等现象影响胚胎发育的正常进行。

从以上胚胎学的分析 and 剖视来看，为要克服远缘植物之间的不易支配的困难，必须分别情况对症下药，才能取得有的放矢的效果。例如当不易支配是由于花粉管无法伸入子房时，则可采用切短花柱的方法使杂交得以成功。如以玉米为母本和一种野生植物加马草（*Tripsacum dactyloides*）杂交时，如将玉米花柱切至一寸以下，则可使 *Tripsacum dactyloides* 的花粉管伸进玉米子房，使杂交获得成功。但这还只是机械地从解剖形态的角度来分析问题和解决问题。而更为重要的还是要从生理的角度来分析 and 解决不易支配的问题。因为受精过程乃是一种极为复杂的两性因素之间的相互同化过程。因此要克服远缘植物间不易支配的问题必须创造一种有利于亲本两性因素相

作物育种学

互同化的条件。例如花粉不能发芽时就应创造一种有利于远缘花粉在母本柱头上发芽的条件。如在母本柱头上涂抹父本远缘植物的柱头分泌物或浸出液，或用父本柱头移植到母本花柱上去，混合授粉或重复授粉等。对于多胚珠植物来说，还应注意到受精胚珠的正常发育条件。以棉花为例，有时远缘花粉虽能使少数胚珠受精并发育，但由于受精胚珠过少，整个雌蕊（特别是子房）内部的养料积累既慢且少。因而造成杂种胚珠营养不良发育受阻最后子房脱落，致使杂交不易成功。为克服这种情况的不易支配问题，则可在杂交时混以母本花粉，使杂种胚珠能和同子房内的其他非杂种胚珠同时健康发育，防止子房脱落而获得成功。但用这种方法克服不易支配时，就必须从杂交种子和子一代幼株的形态特征来认辨真假杂种。

当然从根本上来讲远缘植物之间不易支配的原因，还是由亲本两性因素的不亲和性所造成的。而这种不亲和性是由于远缘植物之间的遗传差异所造成。因此克服远缘杂交不易支配的根本途径还在于削弱远缘亲本之间的不亲和性。

根据以上分析，可以看出远缘杂交的不支配并不是绝对不变的，而是可以通过各种途径不同程度地加以克服的。通常采用的方法大致如下：

1. 选择适当亲本。远缘杂交时经常可以发现，由于亲本品种不同，杂交成功率可以有很大不同。这证明对于异种植物性因素的亲和能力，即使在同一种物种之内也存在着很大的遗传差异。例如国内外许多研究证明在以普通小麦为母本与黑麦杂交时，母本小麦品种对于杂交成功率的影响有极为显著的差异。原南农遗传育种教研组研究证明不同小麦品种与黑麦杂交时结实率相差可达 5.5—11.4 倍。（见下表）

作物育种学

组合类别	亲本组合	1960 — 1961年			1961 — 1962年		
		结实率(%)	平均结实率(%)	I类与II类比值			
I	铜柱头×黑麦	60.39±1.60	64.43±1.35	551	46.25±2.49	52.38±2.04	1139
	13東門×黑麦	68.47±2.55			58.50±1.10		
II	面大2419×黑麦	11.51±1.09	11.69±0.81	100	4.75±1.06	4.60±0.87	100
	短茎多×黑麦	11.89±1.19			4.44±1.53		

此外因用遗传性不稳定的杂种作亲本，一般比用稳定品种作亲本时杂交容易成功。例如西北生物土壤研究所用小麦(302×碧玉)F₁与无兰冰草(*Agropyrum glaucum*) *Blytrigia* 偃麦草杂交时结实率为38.76 比用302为母本时结实率(6.25%)提高五倍，比用碧玉麦为母本时结实率(19.28%)高一倍。杨明藻用水稻(饭罗白×倍宜白)F₃与贵州稗草杂交，在杂交的2400余朵花中获得了12粒种子。

2. 混合授粉。杂交时在远缘父本花粉中混入少量母本花粉进行授粉，或在父本花粉中混以其他植物的花粉进行授粉。混合授粉的作用一方面在于不同花粉混合后，由于彼此间的相互作用，使远缘父本花粉改变了原来的性质。有利于被母本所接近。另一方面也在于所混合的花粉使母本雌蕊受到影响，从性质上削弱了对远缘父本花粉的不亲和性。

利用混合授粉方法克服远缘植物不易支配的困难在群众性科学实验中受到普遍重视，如江西何来昌在水稻与高粱杂交中曾渗入10%水稻花粉，使杂交获得了成功。又如广东邓炎棠在进行水稻远缘杂交时曾用高粱、玉米、狗尾草和稗草等花粉混合授

于水稻品种矮子粘柱头上，获得了成功。

对于多胚珠植物来说，混合授粉的作用还在于能使整个子房在授粉后比较正常地进行发育过程为远缘花粉进入母本胚珠和杂种胚珠的发育提供了有利的条件。棉花远缘杂交中采用混合授粉克服不易配性的研究，在国内外都曾获得成功。一般陆地棉 ($2n=52$) 和亚洲棉 ($2n=26$) 杂交是很困难的，授粉后不久花蕾即行脱落。研究表明这种杂交失败并不是由于花粉管生长不良或不能受精，而且由于胚珠发育后，几天破坏而死亡所造成。如在父本亚洲棉花粉中混以少量母本陆地棉花粉进行授粉，则杂交结铃率可高达75%。在这样一种混合授粉方法下获得的种子中，一部分种子比较大而且饱满，而另一部分种子则比较小而且皱缩。一般只有在后一部分种子后代中才能获得真正的远缘杂种，而前一部分种子大都只能产生自交后代。

3. 重复授粉 在第一次授粉后，间隔一定时间（如一日后）再重复授粉一次，或进行多次重复授粉，可能提高远缘杂交时的当代结实率。一般在柱头生活力维持较久的植物中，利用重复授粉提高远缘杂交成功率的效果更为显著。重复授粉之所以有效一方面由于母本雌蕊的成熟程度和生理状况不同对远缘花粉的亲合程度亦可能有差异。另一方面，前一次授粉后母本雌蕊有可能发生有利于接受远缘花粉的生理变化，为以后的授粉、受精创造了条件。

西北生物土壤研究所在小麦与偃麦草杂交时，应用重复授粉提高了当代结实率。（见下表）

4. 予先无性接近法，在杂交前把不易支配的母本植物嫁接到父本植物或另一种远缘植物上去，使母本植物在嫁接影响下削弱了对父本植物的不亲和性。应用这样一种叫做预先无性

授粉次数对杂交结实率的影响

杂交组合	授粉方法	结实率(%)
302小麦×长穗偃麦草	一次授粉	0.20
	二次授粉	7.37
碧玉麦×长穗偃麦草	一次授粉	18.78
	二次授粉	36.56
302小麦×天兰偃麦草	一次授粉	30.20
	二次授粉	51.04

接近的方法后，可使远缘杂交的成功率有所提高。例如福建农学院在陆地棉岱字15号和朱槿 (*Hibiscus rosa-sinensis*) 杂交时，将岱字15号嫁接在亚洲棉品种“常紫”上后，再用朱槿花粉授粉，获得了良好的结果。

国外有人在利用野生马铃薯作杂交亲本选育抗病虫品种时应用预先无性接近法使杂交结实率和平均每果种子数均有显著提高。

5. 媒介法：当两种远缘植物不能直接杂交时，可将母本和一个能与其交配的植物进行杂交产生一种名为“媒介者”的杂种，然后再用父本和“媒介者”杂交，可获成功。这种通过“媒介者”使两个不能直接杂交的植物能够间接地进行杂交的方法称为媒介法。例如有一种山羊草不能和黑麦直接交配，但如先和圆锥小麦杂交后，所产生的杂种（媒介者）和黑麦杂交

则产生了种子。

6. 其他：在远缘杂交时应应用一些化学药品（如蔗糖溶液、维生素乙和激素等）和物理因素（超声波，辐射处理等）的处理也可以提高结率。

据最近报导，国外有人在禾谷类植物远缘杂交时利用赤霉素和紫外线处理获得了成功。例如以二穗大麦为母本用黑麦授粉时如在授粉的第二天用低于150ppm浓度的赤霉素处理获得了成功。结果表明如用25ppm浓度处理6次时幼胚形成率可达26.0%；用50ppm浓度处理3次时，幼胚形成率为22.7%，用这样的方法获得了四个单倍体和两株杂种。又如以小麦为母本，燕麦为父本时，在去雄后用紫外线照射母本麦穗，然后授粉，共获得8粒杂种。其中有5粒种子的胚乳为正常种子的 $\frac{1}{3}$ 左右，但发芽正常，並长成健壮植株。其余3粒只有胚乳未能发芽。

（三）远缘杂种不孕的原因和克服的方法。

要获得远缘杂交的最终成功，除必须首先克服远缘亲本之间不易交配困难外，还应解决杂种后代结实性差的问题。这是通过远缘杂交进行育种工作时必须逾越的第二个障碍。

远缘杂种不孕的表现型式程度是多种多样，各不相同的。简要说来大致有下列几种情况：

1. 杂种的两性器官从外观上就可发现其异常表现，如只有雌蕊没有雄蕊，或多雌蕊等。
2. 杂种两性器官外观正常，但雌雄配子发育不全，缺乏活力，受精作用无法进行。在这种情况下，最常见的便是花药不能开裂或花皱缩等现象。
3. 雌雄配子发育正常，授粉受精亦可进行，但不能形成具有生活力的合子；亦即受精卵不能发育成胚。

4. 幼胚在发育过程中死亡等。

由此可见，远缘杂种的不孕性可以在生殖过程的不同阶段反映出来。此外远缘杂种的孕性可以从表现出高度不孕、部分不孕到孕性很高的程度差别，所有这些都说明确种不孕并不是绝对不变的，而是有可能加以控制的。

值得提到，远缘杂交的当代结实率和杂种后代的孕性之间并无直接联系，往往出现这样的情况，有时杂交当代较易结实，而杂种后代则高度不孕（如小麦与黑麦间的杂交），有时杂交当代很难成功，而杂种后代孕性倒不一定很低。还有杂种一代孕性高，而以后世代的孕性反而低（如亚洲棉和草棉间的杂交）等。

远缘杂种不孕的原因是一个比较复杂的问题，许多研究表明单纯从现象上看问题，是不可能得出全面正确的结论的。人们一般常用细胞学特征来说明远缘亲本之间亲缘关系的远近。但是产生杂种不孕的远缘亲本间在细胞学特征方面的有无差异有两种情况。一是两亲在染色体数量和结构上有明显差异（例如普通小麦（ $2n=42$ ）与黑麦（ $2n=14$ ）另一是两亲在染色体数量和结构上并无明显差异（例如秈稻与粳稻 $2n$ 均为 24）。

在这两种情况下都产生杂种不孕性，这是矛盾的共性即一般性，而两种情况下杂种不孕性的具体机制又各不相同这是矛盾的特殊性或特殊性。如何透过特殊认识一般才是弄清远缘杂种不孕根本原因和提出有效的克服方法的正确途径。

有关远缘杂种的大量细胞学研究表明，凡远缘亲本在染色体数量和结构上有明显差异时，杂种的减数分裂往往表现出系列不正规的情况。如中期染色体不配对，后期染色体分配不规则，形成不平衡的孢子和配子。结果不能进一步发育。以普

作物育科学

通小麦和黑麦的杂种第一代为例，普通小麦 $2n = 42$ ，黑麦 $2n = 14$ ，杂种第一代体细胞染色体数为 28. (21+7) 其中 21 个来自小麦，7 个来自黑麦，由于彼此间在结构上，亲缘上有距离所以在减数分裂中期 I 时不发生染色体联会（即配对）出现 28 个单价体的现象。后期 I 染色体分配极不规则，最后使大、小孢子形成许多小核，引起败育。见附图。（详见北农大普通遗传学 85 页、图 8-1、8-2）有时在杂种孢母细胞减数分裂时也可以看到极少数的配对染色体，这是在 21 个小麦染色体之间发生的同源联会。在这种情况下除了单价染色体外还可以看到少数发生同源联会的双价染色体。此外也有极少数孢子的染色体未经减数，仍为 28 个染色体。这样就产了巨型花粉粒。但即使发生同源联合或巨型花粉粒，杂种孕性仍然极低。

在具有多倍体关系的种属间杂交时，还可以从杂种减数分裂时的细胞学特征来分析远缘亲本间亲缘关系。以小麦为例，现存的小麦种族中可以大别为三大类。（见下表）

一粒小麦系	二粒小麦系	斯卑尔塔小麦系
$2n = 14$	$2n = 28$	$2n = 42$
染色体组 AA	染色体组 AABB	染色体组 AABBDD
一粒小麦 <i>Triticum-monococcum</i>	二粒小麦 <i>T. dicoccum</i> 硬粒小麦 <i>T. durum</i> 圆锥小麦 <i>T. turgidum</i> 波兰小麦 <i>T. polonicum</i> ----- -----	斯卑尔塔小麦 <i>T. spelta</i> 普通小麦 <i>T. vulgane</i> 长穗小麦 <i>T. compactum</i> ----- -----

如将斯卑尔塔系的普通小麦 ($2n=42$) 和二粒系的硬粒小麦 ($2n=28$) 进行杂交, 则可在杂种一代中观察到孢母细胞中的35个染色体 ($21+14$), 在减数分裂中期工时可以看到14个二价体与7个单价体, (一般用 $14\text{II}+7\text{I}$ 表示)。(详见北农大“普通遗传学”86页图8-3)在后期Ⅱ时二价体分开分别进入子细胞, 而单价体则在纵裂后随机分配到子细胞中或丢失。因此最后形成的孢子中, 染色体数可在14—21幅度内变动。

除了不育杂种的上述减数分裂不正常情况外, 还存在着不孕杂种的减数分裂完全正常的情况。这说明产生不孕杂种的两亲不仅在染色体数量上, 而且在染色体的结构和性质上并没有明显差异。例如有人发现用谷子 (*Setaria italica*, $2n=18$) 和狗尾草 (*S. viridis*, $2n=18$) 的杂种第一代的减数分裂中期工时观察到9对完全配对的染色体, 但却有70%花粉不孕和50%小穗不实。又如在粳稻品种银坊 ($2n=24$) 和秈品种南特号 ($2n=24$) 间的杂种第一代减数分裂时也发现12对紧密联会的染色体。但杂种高度不孕。

由此可见, 远缘杂种不孕的具体机制在不同情况下可能是各不相同的。而细胞学特征的不正常现象可能还只是杂种不孕的一种间接指标。而并非真正的根本原因。引起杂种不孕的根本原因可能仍需从两亲不亲和性能引起的杂种后代发育生理的反常方面来发现。因为生殖过程被破坏和扰乱往往还是这种不正常的生长发育所造成。有人研究小麦、冰草杂种多年生小麦的不孕型和可孕型的花粉的组织化学, 发现在不孕型的花粉中质体极少或完全缺乏, 生理可塑性物质(如过氧化物酶, 抗坏血酸酶, 氨基酸等)含量少或完全缺乏。这说明不孕型的花粉在生理上是有缺陷的。此外还有人发现这种多年生小麦的结

实率和通过减数分裂时期的气温有关。如在 $30-35^{\circ}\text{C}$ 通过时，平均结实率只有2%，而在 $20-25^{\circ}\text{C}$ 下通过时则平均结实率为18.8%，个别的可高达50%左右。从这里不难发现，引起减数分裂和整个生殖过程反常的生理机制，有可能为一定的外界条件所改变。这为克服远缘杂种不孕提供了有价值的依据和线索。

通常采用的克服远缘杂种不孕的方法有以下几种。

1. 人工诱致杂种的异源多倍体（双二倍体）。这种方法通常用于杂种在减数分裂时染色体不发生联会的情况下较多。如小黑麦杂种一代，可在种子发芽初期或苗期用0.05—0.1%秋水仙碱溶液处理数天，使压在生长的体细胞染色体数加倍，导致异源多倍体（亦称双二倍体）。可使结实率较未经处理的杂种获得程度不同的提高。

2. 注意授粉方式。虽然不孕杂种的大小孢子发生过程和雌雄配子都有不正常和败育现象。但是在两性因素之间往往雌性因素所受到的破坏和扰乱要比雄性因素为轻。有时出现花粉几乎完全败育，而胚中却有一部分有效，能够授受正常的雄配子进行受精作用。因此对不孕的远缘杂种要注意控制其授粉方法，防止其自交。许多工作证明不孕杂种在自由授粉和回交情况下，可以使杂种结实率得到一定程度的提高。例如西北生物土壤所在小麦与长穗偃麦草的杂种第一代进行自由授粉时，结实率最高可达112.26%。而人工强制自交时结实率只有1.9%，又如前华东农科所将陆地棉品种红鸡脚叶棕絮老籽 $\times$ 亚洲棉的 F_1 ，用斯字棉4号回交后克服了杂种不孕获得了后代。

3. 延长生育期。实践证明延长杂种的生育期，有可能使杂种的不正常发育生理得到程度不同的恢复。从而有利于孕性的提高。例如华东农科所在陆地棉和亚洲棉杂交产生的杂种一