

大白菜与花椰菜种间杂交结实性调查

郭晓芹, 仪泽会, 惠麦侠, 卢有飞

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要:通过对大白菜与花椰菜及其异源三倍体、异源四倍体进行种间远缘杂交, 观察杂交当代结荚、结籽特异性; 对二倍体、多倍体蕾期和花期杂交, 以及二倍体与二倍体、二倍体与多倍体的正反交, 观察分析杂交后不同组合的结荚、结籽特性。结果表明: 蕾期自交与花期自交的结实性差异不大, 其中三倍体自交几乎得不到种子; 以染色体数目多的材料为母本, 杂交亲和力明显高于以染色体数量少的材料为母本的杂交组合。

关键词:大白菜; 花椰菜; 多倍体; 种间远缘杂交

中图分类号:S 634.103.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)17-0008-04

植物远缘杂交是推动植物进化的一种重要的动力, 是实现优良农艺性状从一个物种向另一个物种转移、创造植物新物种或新类型的重要途径。大量研究证明, 芸薹属植物种间远缘杂交, 其 F_1 代生长旺盛, 生长势强, 生物产量高, 表现出很强的杂种优势^[1-2], 国内外研究中, 芸薹属作物间已经通过远缘杂交创造了许多新的种质资源, 并育成了一些新的品种。Inomata^[3]、冯午等^[4]、赵德培等^[5]、Bajaj 等^[6]、梁红等^[7]以及陈树忠等^[8]分别获得了白菜与甘蓝的种间杂种、甘蓝与白菜的种间杂种、结球甘蓝与大白菜的种间杂种、甘蓝型油菜与芥菜的种间杂种、甘蓝与菜心的种间杂种以及甘蓝型油菜与羽衣甘蓝的种间杂种。近年来, 顾爱侠等^[9]获得了白菜型油菜与结球甘蓝的种间三倍体杂种。温贵聚等^[10]为丰富大白菜的抗病基因类型, 特别是培育根肿病抗性种质, 获得了白菜型油菜与黑芥的种间杂种。王爱云等^[11]获得了大白菜与诸葛菜的属间杂种。但有关大白菜与花椰菜的种间杂交, 迄今尚未见报道。

大白菜 [*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis* (Lour.) Olsson] 属十字花科芸薹属植物, 其染色体数为 $2n=2x=20$, 染色体基数 $x=10$, 染色体组为 A。花椰菜 (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L., $2n=18$) 为十字花科芸薹属甘蓝种的一个变种, 由十字花科甘蓝演化而来, 其染色体数为 $2n=2x=18$, 染色体基数 $x=9$, 染色体组

为 C, 具有较高营养价值及经济价值。现以具有不同染色体数的大白菜和花椰菜为试材, 调查大白菜、花椰菜及其异源三倍体、异源四倍体正反交的结实情况, 为芸薹属植物的远缘杂交育种提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试材为二倍体亲本大白菜品种‘B 热’ ($2n=AA=20$)、花椰菜品种‘Hoo14’ ($2n=CC=18$) 及其异源四倍体‘10-BH-1’ ($2n=AACC=38$)、异源三倍体‘10-BH-2’ ($2n=AAC=29$)。其中, 异源四倍体通过 2 个二倍体亲本杂交后胚挽救, 并用秋水仙素加倍获得。异源三倍体是由异源四倍体与大白菜回交后获得。以上材料均由西北农林科技大学园艺学院白菜课题组提供。

1.2 试验方法

1.2.1 二倍体及多倍体自交 对大白菜品种‘B 热’和花椰菜品种‘Hoo14’及其异源三倍体‘10-BH-2’和异源四倍体‘10-BH-1’, 在网棚内通过人工去雄、蕾期和花期授粉进行自交, 观察其亲和力及结实情况。其中, 蕾期授粉是在开花期选择生长正常的‘B 热’、‘Hoo14’、‘10-BH-2’、‘10-BH-1’材料各 3 株, 每株选择同生长部位的 3 个花序, 摘除已开放的花朵和小花蕾, 保留 1~2 d 内开花的大花蕾, 用套袋隔离的新鲜花朵的花粉进行蕾期人工自交授粉, 授粉后套袋隔离。花期授粉是在开花期选择生长正常的‘B 热’、‘Hoo14’、‘10-BH-2’、‘10-BH-1’材料各 3 株, 每株选择同生长部位的 3 个花序, 摘除已开放的花朵, 套袋隔离, 套袋 1~2 d 后选择当天开放的新鲜花朵进行人工自交授粉, 授粉后摘除未开放的小花蕾。待果荚成熟后进行统计。结荚率 = 结荚数 / 授粉花 (蕾) 数 $\times 100\%$; 结籽率 = 荚平均结籽数 / 荚平均胚珠数 $\times 100\%$ 。

第一作者简介:郭晓芹(1987-), 女, 硕士, 研究方向为蔬菜育种。E-mail: guoxiaoqin0925@yahoo. cn.

责任作者:惠麦侠(1968-), 女, 博士, 副教授, 硕士生导师, 现主要从事蔬菜育种等研究工作。E-mail: 421713580@qq. com.

基金项目:高校基本科研业务费科技创新专项重点资助项目(QN2011057)。

收稿日期:2012-05-17

1.2.2 二倍体与二倍体正反交 对大白菜品种‘B热’与花椰菜品种‘Hoo14’,在网棚内通过人工去雄、蕾期和花期授粉进行正反交,观察杂交亲和力及结实情况。方法是在开花期选择生长正常的‘B热’和‘Hoo14’材料各3株作为母本,每株选择同生长部位的3个花序,摘除已开放的花朵和小花蕾,保留1~2 d内开花的大花蕾,进行人工去雄,用相应父本套袋隔离的新鲜花朵的花粉进行杂交授粉,授粉后套袋隔离。待果荚成熟后进行统计。

1.2.3 二倍体与三倍体正反交 对大白菜品种‘B热’和花椰菜品种‘Hoo14’与大白菜-花椰菜的异源三倍体‘10-BH-2’,在网棚内通过人工去雄、蕾期和花期授粉进行正反交,观察杂交亲和力及结实情况。‘B热’和‘10-BH-2’的正反交是在开花期选择生长正常的‘B热’和‘10-BH-2’材料各3株作为母本,每株选择同生长部位的3个花序,摘除已开放的花朵和小花蕾,保留1~2 d内开花的大花蕾,进行人工去雄,用相应父本套袋隔离的新鲜花朵的花粉进行杂交授粉,授粉后套袋隔离。待果荚成熟后进行统计。‘Hoo14’与‘10-BH-2’的正反交方法相同。

1.2.4 二倍体与四倍体正反交 对大白菜品种‘B热’和花椰菜品种‘Hoo14’与大白菜-花椰菜的异源四倍体‘10-BH-1’,在网棚内通过人工去雄、蕾期和花期授粉进行正反交,观察杂交亲和力及结实情况。杂交方法与二倍体和三倍体正反交的方法相同。

2 结果与分析

2.1 二倍体与多倍体自交

由表1可知,‘B热’蕾期自交结籽率较其花期自交高出16.47%;而‘Hoo14’的蕾期自交结籽率与其花期自交相差较小(图1A);同时,‘B热’的自交结实率比‘Hoo14’要高,其蕾期自交高28.15%。三倍体‘10-BH-2’的蕾期和花期自交结实结果见表2。‘10-BH-2’蕾期和花期自交结实率均较低,而且花期自交结实率相对于蕾期自交明显更低,相差0.9%。四倍体‘10-BH-1’的蕾期和花期自交结实结果见表3。‘10-BH-1’的花期与蕾期自交结实率相差较少,花期稍高。二倍体自交与多倍体自交相比,多倍体自交结实率明显较低,其中,三倍体自交比四倍体更低,几乎不能获得种子(图1B、C)。

2.2 二倍体与二倍体正反交

由表1可知,以大白菜‘B热’为母本、花椰菜‘Hoo14’为父本进行的杂交,其坐荚率为100%;而花椰菜‘Hoo14’作为母本、大白菜‘B热’作为父本进行的杂交,其坐荚率为55.56%,要明显低于大白菜作为母本的杂交;同时,这2种杂交方式均未获得种子(图1D)。

2.3 二倍体与三倍体正反交

由表2可知,其中,大白菜‘B热’与‘10-BH-2’的正

反交,均全部结荚;而其结籽率,当三倍体作为母本时相对较高,比大白菜作为母本高2.84%。同时,花椰菜‘Hoo14’与‘10-BH-2’的正反交,结荚率相对较低,而且‘10-BH-2’作为母本时,结荚率比花椰菜作为母本高12.06%;但其正反交均未获得种子(图1F)。

2.4 二倍体与四倍体正反交

由表3可知,其中,大白菜‘B热’与‘10-BH-1’的正反交,均全部结荚;而其结籽率,当四倍体作为母本时相对较高,比大白菜作为母本高22.45%(图1E)。同时,花椰菜‘Hoo14’与‘10-BH-1’的正反交,结荚率相对较低,而且花椰菜作为母本时未结荚;且其正反交均未获得种子。

表1 两亲本自交及其正反交结实性比较

Table 1 Selfing and reciprocal crosses between parents

组合 Combination	授粉花蕾数 Pollinated buds	坐荚数 Formed pods num.	坐荚率 Formed pods rate/%	平均胚 珠数 Ovules/荚	平均籽 粒数 Seeds/荚	结籽率 Seed setting rate/%
‘B热’蕾 Bud	23	23	100.00	21.4	12.09	56.48
‘B热’花 Flower	31	31	100.00	20.4	8.16	40.01
‘B热’×‘Hoo14’	9	9	100.00	—	0.00	0.00
‘Hoo14’×‘B热’	9	5	55.56	—	0.00	0.00
‘Hoo14’蕾 Bud	10	10	100.00	35.3	10.00	28.33
‘Hoo14’花 Flower	12	10	83.33	32.5	10.40	32.00

注:—表示由于未获得种子没有进行统计。下同。

Note:— means no statistics because of no seed. The same below.

表2 异源三倍体自交及其与两亲本正反交结实性比较

Table 2 Selfing and reciprocal crosses between allotriploid and parents

组合 Combination	授粉花蕾数 Pollinated buds	坐荚数 Formed pods num.	坐荚率 Formed pods rate/%	平均胚 珠数 Ovules/荚	平均籽 粒数 Seeds/荚	结籽率 Seed setting rate/%
‘10-BH-2’蕾 Bud	83	83	100.00	27	0.25	0.94
‘10-BH-2’花 Flower	92	92	100.00	29.6	0.01	0.04
‘B热’×‘10-BH-2’	25	25	100.00	17.8	1.04	5.84
‘10-BH-2’×‘B热’	89	89	100.00	27.3	2.37	8.68
‘Hoo14’×‘10-BH-2’	7	2	28.57	—	0.00	0.00
‘10-BH-2’×‘Hoo14’	32	13	40.63	—	0.00	0.00

表3 异源四倍体自交及其与两亲本正反交结实性比较

Table 3 Selfing and reciprocal crosses between allotetraploid and parents

组合 Combination	授粉花蕾数 Pollinated buds	坐荚数 Formed pods num.	坐荚率 Formed pods rate/%	平均胚 珠数 Ovules/荚	平均籽 粒数 Seeds/荚	结籽率 Seed setting rate/%
‘10-BH-1’蕾 Bud	62	62	100.00	28.4	3.89	13.69
‘10-BH-1’花 Flower	75	75	100.00	29.2	5.77	19.77
‘B热’×‘10-BH-1’	27	27	100.00	22.2	1.15	5.17
‘10-BH-1’×‘B热’	53	53	100.00	27.6	7.62	27.62
‘Hoo14’×‘10-BH-1’	7	0	0.00	—	0.00	0.00
‘10-BH-1’×‘Hoo14’	86	52	60.47	—	0.00	0.00

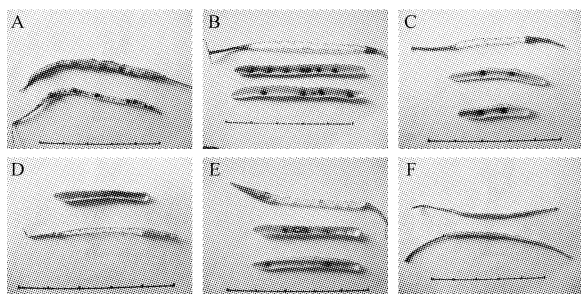


图1 各杂交组合果荚

注:A,Hoo14 蕾期;B,10-BH-1 蕾期;C,10-BH-2 蕾期;D,B 热 × Hoo14;E,B 热 × 10-BH-1;F,10-BH-2 × Hoo14。

Fig. 1 The pods of some hybridized combinations

Note:A,Hoo14 Bud U;B,10-BH-1 Bud U;C,10-BH-2 Bud U;D,Bre × Hoo14;E,Bre × 10-BH-1;F,10-BH-2 × Hoo14.

3 结论与讨论

大白菜与花椰菜为十字花科芸薹属的2个不同种,分属A染色体组和C染色体组,A染色体组的染色体基数为 $x=10$,C染色体组的染色体基数为 $x=9$ 。由于如染色体数目不同而引起遗传紊乱等原因,导致大白菜和花椰菜自然杂交和人工杂交均难以获得杂种^[12],在该试验中也未获得大白菜和花椰菜正反交的种子。

试验中,从不同杂交组合的结实情况可以发现,染色体数目较多的材料作为母本结荚和结籽较多,杂交成功的几率较高。用染色体数量多的多倍体作为母本同染色体数量少的二倍体作为父本进行杂交,亲和力比较好,结实相对正常;而用染色体数量较少的二倍体作为母本进行的杂交,几乎不能获得种子,且部分获得的种子中有在荚内发芽的现象(图1D、E)。同时,在多倍体作为母本时,大白菜作为父本比花椰菜作为父本,结荚率和结籽率更高。该试验结果进一步验证了前人所得出的芸薹属物种间杂交亲和性的强弱与染色体组型有关,染色体组型相同或相似的种间杂交亲和性强,具有部分同源染色体组的2个亲本的杂交亲和性较强^[13]。同时,染色体数量多的材料作为母本杂交的成功几率较大,这与前人所得到的结论是一致的^[14-15]。

用染色体数量少的大白菜作为母本与染色体数量多的多倍体作为父本进行杂交,所结的籽粒,大部分异常,表现出籽粒小、干瘪、不能发芽,或者种子未成熟时

在荚内发芽的特点。这可能是由于部分胚发育中途死亡,但虽然胚乳发育已经中止,营养物质的输送并未停止,因此可见部分营养物质在荚内堆积,出现棉絮状物质(图1E)^[16]。另外,远缘杂交难以获得杂种,也可能是由于异源花粉黏合程度较低,花粉黏合时间延迟,花粉不能粘附在柱头上萌发;或者少数萌发的花粉,其花粉管生长迟缓,并且发生扭曲、分叉畸形,同时由于乳突细胞内产生大量胼胝质从而不能到达胚囊,导致受精受阻。或者受精后,由于远缘杂交不亲和,在胚胎的发育过程中胚乳衰败,最终导致胚死亡。

参考文献

- [1] 王国槐,官春云,陈社员,等. 十字花科芸薹属种间杂交营养优势的利用研究[J]. 作物学报,2003,29(1):54-58.
- [2] 王国槐,官春云,陈社员. 十字花科种间杂交亲和和性不育细胞质遗传效应[J]. 中国油料作物学报,2005,27(2):66-68.
- [3] Inomata N. Production of interspecific hybrids between *Brassica campestris* and *Brassica oleracea* by culture in vitro of excised ovaries[J]. Jap J Breed,1977,4:295-304.
- [4] 冯午,陈耀华. 甘蓝与白菜种间杂交的双倍体后代[J]. 园艺学报,1981,8(1):37-40.
- [5] 赵德培,张纪增. 通过幼胚培养获得结球甘蓝与大白菜的种间杂种[J]. 中国农业科学,1981(2):46-51.
- [6] Bajaj Y P S, Mahajan S K, Labana K S. Hybridization of *Brassica napus* and *B. juncea* through ovary, ovule and embryo culture[J]. Euphytica,1986(35):103-109.
- [7] 梁红,覃广泉,何丽贞. 甘蓝与菜心种间杂种的幼胚培养及 F_1 代的快速繁殖[J]. 中国蔬菜,1994(6):25-26.
- [8] 陈树忠,殷家明,唐章林. 甘蓝型油菜与羽衣甘蓝远缘杂交初步研究[J]. 西南农业大学学报,2000,22(3):208-210.
- [9] 顾爱侠,申书兴,陈学平. 大白菜与结球甘蓝异源三倍体的获得及细胞学观察[J]. 园艺学报,2006,33(1):73-77.
- [10] 温贵聚,赵泓,郭仰东,等. 大白菜和黑芥种间杂种的获得及鉴定[J]. 华北农学报,2008,23(4):105-109.
- [11] 王爱云,李梅,胡大有. 白菜型油菜和诸葛菜远缘杂交的子房培养及杂种鉴定[J]. 中国油料作物报,2009,31(2):143-148.
- [12] 满红,张成合,王新娥,等. $4x$ 菜薹与 $4x$ 芥蓝种间杂交获得异源四倍体及其鉴定[J]. 园艺学报,2007,34(5):1163-1168.
- [13] 曹永强,谢甫锦,张惠君,等. 大豆不同亲本正反交后代开花期吉片叶绿素含量遗传研究[J]. 大豆科学,2007,26(3):431-434.
- [14] 潘家驹. 作物育种总论[M]. 北京:中国农业出版社,1994:127-147.
- [15] 姚行成,杜雪竹,李再云. 芸薹属栽培种与近缘种的远缘杂交及进展[J]. 华中农业大学学报,2006,25(6):693-705.
- [16] 郑明福,丁苗萸,汪端华,等. 芸薹属种间远缘杂交结实的特异性观察[J]. 中国农学通报,2010,26(7):207-209.

Study of Seed Characteristics from Interspecific Hybridization between Chinese Cabbage and Cauliflower

GUO Xiao-qin, YI Ze-hui, HUI Mai-xia, LU You-fei

(College of Horticulture, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

聚丙烯酰胺不同施用方式对土壤水分和番茄生长的影响

张蕊¹, 于健², 耿桂俊³, 宋耀兴², 白岗栓⁴

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 内蒙古自治区水利科学研究院, 内蒙古 呼和浩特 010020;
3. 中国水电顾问集团 西北勘探设计研究院, 陕西 西安 710065; 4. 西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 为了促进聚丙烯酰胺(PAM)在番茄生产中的应用, 在河套灌区开展了 PAM 不同施用方式对土壤水分和番茄生长的影响研究。结果表明: 不同施用方式提高了土壤水分, 特别是在番茄幼果期具有显著作用, 其中撒施效果较强, 沟施、混施较弱。不同施用方式中, 仅撒施提高了番茄的光合速率和蒸腾速率, 促进了番茄根、茎、叶生长, 极显著提高了番茄产量和土壤水分利用效率, 而沟施、混施则极显著降低了番茄产量及水分利用效率; 建议 PAM 在番茄生产中采用撒施。

关键词: 聚丙烯酰胺(PAM); 施用方式; 土壤水分; 番茄; 生长状况; 产量

中图分类号: S 641. 206⁺. 1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2012)17-0011-05

内蒙古河套灌区光热资源丰富, 土地资源广阔, 是我国第二大优质加工番茄(*Lycopersicon esculentum*)生产基地^[1-2], 但该区域地处干旱、半干旱荒漠草原带, 无灌溉便无农业产出。随着国家对黄河流域水资源调配, 河套灌区灌溉水日趋短缺, 但另一方面浪费又很普遍^[3-4], 亟需开展节水灌溉。聚丙烯酰胺(PAM)是一种线型、水溶性高分子化合物, 在农业生产中常作为土壤结构调理剂, 可调节土壤结构, 增加水分入渗, 提高水分利用率, 具有保水、保土、保肥、增产等效用^[5-6]。有关 PAM 在农业生产中的应用研究较多^[7-13], 但在番茄生产中应用较少。现通过 PAM 不同施用方式对土壤水分及番茄生长

的影响, 寻找 PAM 在番茄生产中的最佳施用方式, 为节水栽培及番茄高产、稳产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于内蒙古自治区巴彦淖尔盟的磴口县坝楞村, 地处河套灌区西部, 年均气温 7.6℃, 无霜期 136~144 d, 年降雨量 142.7 mm, 年蒸发量 2 381.8 mm。试验地土壤为灌淤土, 土层厚度 1.0~1.5 m, 田间持水量 23.23%, 凋萎系数 11.07%, 耕层土壤有机质约 10.0 g/kg, 0~80 cm 土层土壤容重为 1.48 g/cm³, 地下水位 3.0 m 以下。番茄定植前 0~80 cm 土层土壤含水率平均为 22.06%(折合水层厚度 261.24 mm)。

1.2 试验材料

供试材料为 PAM, 白色粉末, 分子量为 1 200 万 Da (Da 表示一个碳 12 原子质量的 1/12), 具有一定的保水作用^[7,14]。参照前人的研究结果^[8-12,15], PAM 施用量为 45 kg/hm²。供试番茄品种为“石番 97-10”。供试番茄 5 月 20 日定植, 定植时番茄苗为五叶一心, 带基质移栽。

第一作者简介: 张蕊(1987-), 女, 陕西西安人, 在读硕士, 现主要从事农业生态等研究工作。E-mail: lincerzr@nwsuaf.edu.cn.

责任作者: 白岗栓(1965-), 男, 陕西富平人, 研究员, 现主要从事果树栽培及保水剂方面的研究工作。E-mail: gshb@nwsuaf.edu.cn.

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划资助项目(2011BAD29B03, 2011BAD31B05); 水利部科技推广计划资助项目(TG1144)。

收稿日期: 2012-05-16

Abstract: The specificity of pod-bearing and seed-bearing of hybrid contemporary was observed by interspecific distant hybridization between Chinese cabbage, Cauliflower and their allotriploid, allotetraploid. The specificity of pod-bearing, seed-bearing of different combinations was also observed and analyzed for selfing crosses of diploids and polyploid pud and flower periods, reciprocal crosses of diploid and diploid, diploid and polyploid. The results showed that the difference of pud period selfing and flower period selfing was little, and allotriploid selfing almost could not obtain seeds. With which chromosome number was large as female parent, their hybrid affinity was significantly higher than hybrid combinations which chromosome number was small as female parent.

Key words: Chinese cabbage; cauliflower; polyploid; interspecific distant hybridization