

大白菜远缘杂交研究进展

葛耀相¹, 白彩虹², 王栓全², 周 颀¹, 梁文育¹

(1. 柳州市农业科学研究所, 广西 柳州 545003; 2. 西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 对大白菜与不同属间以及属内种间植物的远缘杂交研究进行了综述, 指出大白菜远缘杂交育种中存在的远缘杂交不亲和, 杂种不育和后代变异复杂等主要问题以及克服方法, 并对大白菜远缘杂交研究进行了展望。

关键词: 大白菜; 远缘杂交; 研究进展

中图分类号: S 634. 103. 6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001—0009(2010)01—0219—05

大白菜(*B. c. ssp. pekinensis*)亦称结球白菜、黄芽白或包心白, 原产于我国, 是深受我国人民喜爱的蔬菜之一。其种质资源丰富, 生态类型多样, 产量高, 品质好, 营养丰富, 并且耐贮藏运输, 是我国尤其是长江流域及南方各省普遍栽培的重要蔬菜种类之一^[1]。然而, 由于人们片面追求高产及集约化品种的选育、推广, 生物种内长期积累的遗传多样性受到了极大的侵蚀, 造成了大白菜遗传基础单一, 极大地限制了大白菜产量、品质、抗性的进一步提高。而大白菜属间和种间的远缘杂交育种是拓宽大白菜育种遗传基础研究的重要手段之一。

植物学分类上, 不同种属或者亲缘关系更远的植物类型间进行的杂交称为远缘杂交。通过远缘杂交可有效打破种、属间的隔离, 把 2 个或者多个物种经过自然界长期进化积累起来的有益特性进行重新组合而形成新的类型和品种。从 1934 年, 禹长春通过大量杂交得到白菜与甘蓝的少数杂交种子以来, 许多育种工作者对大白菜远缘杂交进行了大量尝试与研究, 积累了丰富的实践经验。现对大白菜的远缘杂交研究情况进行了概述, 以期对从事大白菜远缘杂交育种科技工作者今后的研究有所帮助。

1 大白菜与不同属以上植物间的杂交

大白菜是芸薹属十字花科作物, 其与不同属植物间的远缘杂交难度较大, 成功率小。

1987 年 Kanako 等用萝卜与大白菜杂交, 得到了萝卜—白菜(RR-AA)种子, 杂种与萝卜连续回交分别得到了大约 7 种 *Raphanus sativus*-*Brassica. oleracea* 和 8 种

R. sativus-*B. campestris* 单体附加系^[2]。李明山等^[3]在大白菜与萝卜属间杂交也得到了新种子, 且 F₁ 代幼胚在授粉后 15 d 内能正常生长。周芳菊等人^[4]用湖北白菜与樱岛大根(萝卜属)进行了正反属间的杂交, 以樱岛大根为母本, 湖北白菜为父本得到了 4 株, 真杂种有 3 株, 杂种纯度为 75%, 叶色介于父母本之间, 茎基部无膨大, 植株开花后高度不育; 以湖北白菜为母本, 樱岛大根为父本得到了 11 株, 真杂种 2 株, 杂种纯度为 18. 18%, 叶形有樱岛大根小分叶, 茎基部有膨大。李再云等^[5]用大白菜与诸葛菜(*Orychophragmus violaceus* (L.) O. E. Schulz)杂交, 得到了杂交后代, 经自交和回交得到一系列的异附加系、异代换系和易位系。Liu 等^[6]用大白菜和诸葛菜杂交得到杂种, 但是试验发现有些杂种的幼苗根尖的染色体数目明显高于初花时子房的染色体数目。Li 和 Heneen 通过大量的有性杂交, 得到白菜“矮脚黄”和诸葛菜杂种 1 株, 该株具有父母本的中间形态, F₁ 植株部分可育, 花粉可染性为 51. 30%, 体细胞染色体为混倍体。巩振辉等^[7]用大白菜品种 NW₄ 与白芥品种 Trialba(白芥属)杂交, 并用不同浓度和组合的生长素及细胞分裂素处理, 均得到大白菜×白芥杂种种子, 大白菜×白芥杂种种子色泽介于双亲之间, 幼苗叶型呈多样化, 苗根尖或幼叶体细胞染色体分析发现有 10、20、22 条染色体的 3 个个体, 其中 22 条染色体植株为大白菜(2n=20)与白芥(2n=24)的双单倍体, 为真杂种。

2 大白菜与芸薹属种间的远缘杂交

芸薹属有包括大白菜在内的约 40 个种, 我国有 13 个栽培种。研究表明, 具有相同或者相近染色体组的种间杂交亲和性较强, 容易得到杂种^[8-9]。由于亲缘关系近, 大白菜在这方面的研究和报道很多。

1959 年, 日本学者 Nishi S 首次得到了较稳定的大白菜与结球甘蓝的杂种后代^[10]。文雁成^[11]通过甘蓝与大白菜种间杂交获得了 50 个甘蓝型油菜杂交组合, 600 个植株。600 个植株中有 275 株(45. 9%)可育, 311 株

第一作者简介: 葛耀相(1982-), 男, 广西南宁人, 硕士, 现主要从事蔬菜育种与栽培技术研究工作。E-mail: sprant110@sohu. com.
基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2006BAD09B07); 中国科学院西部发展计划资助项目(kzcx2-xb2-05); 陕西省科技攻关资助项目(2007K01-21)。
收稿日期: 2009-10-10

(51.8%)不育株, 可育株与不育株嵌合体 14 株(2.3%), 经田间试验, 杂种后代的农艺性状与亲本尤其是母本相近, 耐热和抗霜霉病、菌核病都有显著提高。金海霞等^[12] 用大白菜细胞质雄性不育系 CMS₂₂ 与叶用芥菜可育品系 X₀₉₋₁ 和 X₁₂₋₁ 杂交, 并用叶用芥菜为轮回亲本连续 7 代回交, 获得 2 份不育性稳定的叶用芥菜细胞质雄性不育系, 该不育系的不育株系和不育度均为 100%。植株形态与轮回亲本相近, 有正常的结籽能力。梁红等^[13] 用白菜自交系品种与甘蓝自交系品种杂交, 得到杂种 99 个, 杂种后代仅有 3 株成活, 2 株为二倍体, 1 株为四倍体, 都表现不结球, 花粉败育, 株型、叶形、叶色蓝绿和叶面披蜡质白霜等方面接近甘蓝, 但叶面和叶缘有小刺毛, 又表现出白菜的特点, 叶绿素含量介于白菜与甘蓝之间。二倍体杂种在生长势、株高和保卫细胞叶绿体数目上表现明显的杂种优势。祝朋芳等^[14] 以 Ogura 改良胞质大白菜 (*Brassica campestris* ssp. *pekinensis*) 为母本, 与羽衣甘蓝 (*B. oleracea* var. *acephala*) 进行种间杂交, 杂种 F₁ 代较大程度上克服了不育源的黄化性状, 继承了父本的皱褶或微波浪状莲叶、蜡粉、光滑叶面、低温下浅红心叶、红叶脉性状, 也体现了母本的雄蕊败育和浅叶色性状, 存在着一定比率的偏母性状假杂种, 预期真杂种比率为 84.78%。钟新民等^[15] 以大白菜为母本, 甘蓝型油菜、甘蓝为父本进行人工远缘杂交试验, 结果表明: 大白菜×甘蓝型油菜的亲合程度较高, 大白菜×甘蓝的亲合程度很差, 二者有效结实指数分别为 0.35~4.29 和 0.01~0.58, 真杂种率分别为 36%~100% 和 0。栗根义等^[16] 将人工合成的甘蓝型油菜与白菜杂交并与亲本回交得到了白菜—甘蓝附加系。顾爱侠等^[17] 用大白菜与结球甘蓝杂交得到了异源三倍体杂种。王丹等^[18] 用芥菜型油菜作母本、白菜作父本进行种间杂交获得了有胚地杂交种子。崔辉梅等^[19] 以甘蓝型油菜 Ogura 型雄性不育材料为母本, 白菜自交系‘新选 1 号’、‘矮脚黄’为母本进行种间杂交和连续回交, 在 BC₃ 代获得了不育性稳定的白菜 Ogura 型细胞质雄性不育系。余阳俊等^[20] 用芜菁与早抽薹大白菜 (BY) 杂交得到晚抽薹性较多地杂种后代。吴才君等^[21] 以白菜‘矮脚黄’自交系 (母本)、芜菁‘白曼菁’自交系 (父本) 杂交得到了与亲本间存在显著基因表达差异的 F₁ 代。赵利民等^[22] 利用甘蓝型油菜萝卜细胞质雄性不育材料 RC₉₇₋₁ 为不育源与配合力好的 17 份大白菜材料采用种内杂交, 得到了抗病性强, 适应性广, 优质、丰产、稳产的杂种‘金秋 70’和‘金秋 90’。

3 大白菜远缘杂交育种存在的问题

虽然远缘杂交育种在转育有利基因、创造新的遗传类型上取得了很大的成绩, 但植物属间和种间在形态学和遗传学等方面都存在很大的差异, 如何打破 2 个物种

之间的界限, 获得 2 个或者多个物种有益特性的杂交种子以及杂交种子后代正常生长发育的问题, 都是从事植物远缘杂交工作者所面临重要课题。

3.1 种间杂交不亲和性

生物界种内和种间的关系完全不同, 种内可以自由杂交, 而种间一般不易杂交, 种间的杂交不亲和一方面是在受精前的障碍, 另一方面为受精以后, 在胚胎发育过程中, 由于胚乳的弱败, 导致胚的最终死亡, 主要表现为以下几点。

3.1.1 柱头不亲和 异源花粉被授到柱头上后, 要经过吸收、萌发和花粉管进入柱头、伸进花柱、进入胚囊、释放内容物、配子融合等一系列过程。如果柱头干燥将会使异源花粉不能附着在柱头上。十字花科植物为干燥型柱头^[23], Lewis 和 Crowe 观察到十字花科植物种间杂交和属间杂交时花粉常常不能在柱头表面萌发, 同时授粉后, 柱头乳突细胞内沉积的大量胼胝质也是远缘杂交时柱头拒绝异源花粉的反应^[24]。巩振辉^[7] 在甘蓝与白菜、白芥与白菜的远缘杂交, 孟金陵^[25] 在进行甘蓝型油菜与白菜的杂交中都出现了异源花粉柱头萌发缓慢, 与花粉管接触的柱头乳突细胞与花粉管中普遍产生胼胝质, 花粉管常常难以穿入柱头的现象。

3.1.2 花柱不亲和 与自花授粉不亲和相似, 种间杂交中的异源花粉管在花柱中也有处于发育停滞状态。也有因花柱长度过长, 而使花粉不能达到胚囊释放配子而造成远缘杂交不亲和^[2,4]。

3.1.3 胚囊不亲和 花粉随花粉管进入异种胚囊并释放精子, 但有时精子并不能有效的与雌配子结合实现双受精, 或者仅发生精子与极核融合的单受精。雌雄配子在胚囊表现不亲和在芸薹、茄科、烟草等属的种间杂交均有报道^[25]。

3.1.4 受精后不亲和 受精后不亲和主要表现在胚胎发育障碍, 从而引起杂交不结实或结实率极低。即异种或者异属植物进行杂交时花粉能在柱头上萌发到胚囊释放精细胞完成受精过程, 但由于胚和胚乳不能正常发育或者胚的发育受抑制, 而使发育出现障碍。胡金良等^[26] 在矮脚黄白菜与甘蓝型油菜杂交的胚胎学研究中观察到胚和胚乳的发育进程较为缓慢。

3.2 远缘杂种的不育性

远缘杂交不育有杂种不活、杂种不育和杂种衰败 3 种现象, 表现为杂种不能发育; 发芽后在苗期植株夭亡; 植株不能开花; 植株完全不结实或者结实性差。产生的原因可能是由于亲本基因组之间的不协调, 或者一个亲本的基因组与另一个亲本的细胞质之间的不协调引起的。这种不协调可引起杂种在幼苗期或者花期致使代谢合成过程受阻。钟新民^[15] 在大白菜×甘蓝型油菜得到的杂种种子成苗率为 67%, 而大白菜×甘蓝得到的杂

种种子成苗率为 0.27%，金海霞^[12]用大白菜与叶用芥菜得到了雄性不育材料。

3.3 远缘杂交 F₁ 代变异复杂

由于杂种的遗传物质异源性很强，杂种一代通常表现为广泛的分离，杂种一代的性状都表现为介于 2 个亲本性状之间或者更靠近某一亲本的性状，如植株长势、株型、叶型、叶色、叶表面特征等营养生长性状或者植株抽薹早晚、花器、花色、分枝能力等主要的生殖生长性状^[7, 27]。

4 克服大白菜远缘杂交不亲和的方法

4.1 用生物、化学、物理机械方法处理柱头

4.1.1 蕾期授粉 在雌蕊蕾期，柱头上的起识别作用的蛋白质尚未合成或含量极低，此时用成熟的花粉授粉可躲过 2 个亲本之间的识别反应而使授粉成功或者用已被杀死的亲和花粉混和在亲和的花粉中授给成熟的雌蕊，以欺骗柱头的识别反应。顾爱侠等^[28]以四倍体大白菜为母本与二倍体结球甘蓝杂交，采用蕾期去雄授粉和其它方法结合，获得了总体形态偏近于大白菜，生长势极强，株高 2 m 的杂交后代。

4.1.2 重复授粉法 先用不亲和的花粉多次给雌蕊授粉，当柱头的识别蛋白被消耗完以后再用目标花粉授粉^[14]。

4.1.3 化学法处理柱头 用化学物质处理柱头，如有机溶剂(乙烷、乙酸乙酯等)；激素(赤霉素 α -萘乙酸，2, 4-D)等可能是化学物质破坏了柱头识别蛋白物质，促进了花粉发芽和花粉管的伸长，有利于完成受精作用^[15]。

4.1.4 物理机械法 用毛笔毛刷轻轻刷柱头，使柱头轻微伤口，或者用辐射诱变法、激光和高压静电处理，李光池等^[29]用辐射诱变大白菜得到突变品系作父本，与王兆红萝卜细胞质雄性不育系为母本杂交，得到了 F₁ 代种子，证明辐射能够提高远缘杂交成功率。张旻^[25]用激光和高压静电对羽衣甘蓝花粉进行不同时间剂量的辐照，然后授到大白菜的雌蕊上，得到的白菜与羽衣甘蓝的杂交结实率发生了明显变化，不同剂量的处理均比对照提高，最高可达到 26.18%。原因可能是由于激光和高压静电处理花粉后花粉表面的某些物质发生了改变从而干扰了来自于柱头上的抑制信息的传递，使柱头上影响受精作用的蛋白质发生了改变，促进了花粉的萌发。

4.2 子房培养和胚胎培养

随着生物技术的发展，各国学者更多地利用胚胎挽救和子房培养的方法获得远缘杂交种子。子房培养主要用来克服早期的杂种胚败育，胚培养主要用来挽救胚在心形期至鱼雷形期败育或生育停滞的杂种胚。1978 年，Inomata 首次成功将子房培养应用于大白菜与甘蓝的种间杂种胚的挽救^[30]。此后许多学者在白菜与不同属种间的杂交进行了子房培养。巩振辉等^[7]在大白

菜×白芥中运用子房培养技术获得了子房发育好，数目多的杂种种子，并表明，激素对远缘杂交种子的形成并非必要条件，但是在 White 培养基中添加适宜的生长素，杂种的子房发育、杂种的产生有明显的促进作用，其中以 1.5 ~ 2.0 mg/L IAA 最为明显。顾爱侠^[31]等以二倍体大白菜为母本与四倍体结球甘蓝杂交，在以不添加激素 NAA 的改良 White 为基本培养基进行子房培养得到了成活的绿色胚株。

4.3 体细胞融合

体细胞融合是克服远缘杂交不亲和的一条新途径，绕过了有性交配过程，使亲本基因结合起来，创造了自然界没有的新类型，具有速度快、耗时短的优点。体细胞融合的主要环节包括原生质体的制备、诱导原生质体融合、杂种的原生质体的甄选以及诱导分化成植株等^[32]。梁丹等^[33]利用培养好的甘蓝和白菜的幼苗在果胶酶与纤维酶的作用下分离出原生质，再利用 PEG 融合液将这 2 个原生质融合，得到了稳定的、可育的细胞杂种植株。

5 远缘杂种不育的克服方法

大白菜种间或者属间杂交的杂种一代植株常表现活力弱、早期夭折，即使结实，结实率也很低，具有高度的不育，常采用以下方法克服。

5.1 游离小孢子培养

自从 1989 年日本学者 Sato^[34]在进行大白菜游离小孢子培养技术并成功从 1 个品种中得到小孢子胚和再生植株以来，国内外对大白菜种间和属间杂种小孢子培养技术已进行了系统的研究^[35, 36]。卢钢^[37]等对白菜和芜菁的 6 个杂种 F₁ 代进行了游离小孢子培养，表明杂种胚状体发生的最佳时期是单核中期至单核靠边期，33℃、24 h 热激处理可以明显提高杂种小孢子胚的诱导率，培养基内加入活性炭也可改善胚的分化。赵玉靖^[38]等大白菜与结球甘蓝杂种一代进行了游离小孢子培养，成功获得了再生植株，并表明花蕾期低温处理 12 ~ 24 h，与 NLN 培养基蔗糖浓度 13% 较蔗糖浓度 10% 更适于该异源三倍体杂种小孢子培养。

5.2 染色体加倍

双亲亲缘关系较远，在种子发芽的初期或者苗期有 0.1% ~ 0.3% 秋水仙碱液处理若干时间，使体细胞染色体加倍，能大大提高芸薹属植物的结实率。

5.3 回交法

通过回交法将不育材料的杂交结实能力恢复到正常的可育品系水平，大白菜与叶用芥菜杂交得到杂种与叶用芥菜回交 7 代，杂种结实能力已经达到了普通芥菜品系水平^[12]。白菜与甘蓝杂交得到的二倍体杂种与白菜回交可得到低度育性的籽粒^[3]。刘畅等以四倍体大白菜与二倍体结球甘蓝种间杂交获得异源三倍体与二

倍体回交衍生后代为试材, 通过细胞学及生殖特性研究, 获得了4个大白菜—结球甘蓝单体附加系、3个双倍体附加系以及1个大白菜三倍体^[27]。另外, 染色体加倍与回交也是控制杂种后代疯狂分离的常规途径^[3]。

6 展望

远缘杂交材料具有广泛的遗传变异, 创造新类型的潜力很大, 加强大白菜远缘杂交的研究力度, 对拓宽大白菜新品种选育的遗传基础具有重要意义。与其它一些作物相比, 如小麦、水稻远缘杂交的进展相比, 还没有能够产生有突破性价值的育种材料^[39], 但大白菜在属内种间以及属间的远缘杂交也取得了一些有价值的株系或者品系。随着分子生物技术的加速发展, 大白菜远缘杂交不亲和、杂种不育、后代分离严重机理得到深入的研究, 将会产生更多有重要价值的远缘杂交种。

参考文献

- [1] 浙江农业大学. 蔬菜栽培学各论[M]. 北京: 农业出版社, 1996: 37-38.
- [2] 完颜瑞红. 甘蓝型油菜×新疆野生油菜、白菜×诸葛菜杂种及后代的遗传分析[D]. 武汉: 华中农业大学, 2007: 1-2.
- [3] 张国庆, 顾宏辉, 许玲, 等. 白菜型油菜与甘蓝杂交子房培养再生苗生根及成活率的影响因素研究[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2005, 31(6): 719-723.
- [4] 周芳菊. 芸薹属与萝卜属间杂种的获得及SSR分子鉴定[D]. 湖南农业大学, 2006: 25-26.
- [5] 李再云, Ceccarelli M, Minelli S, 等. 高频率产生芸薹属非整倍体和纯合植株及基因原位杂交分析. 中国科学(C辑), 2002, 32(3): 218-224.
- [6] Liu M, Li Z Y. Genome doubling and chromosome elimination with fragment recombination leading to the formation of Brassica rapa-type plants with genomic alterations in crosses with *Orychophragmus violaceus*[J]. Genome, 2006.
- [7] 巩振辉, 何玉科, 王鸣. 白菜×白芥属间杂种子房培养技术研究[J]. 园艺学报, 1995, 22(3): 245-250.
- [8] 刘忠松, 李枸, 官春云, 等. 甘蓝型油菜与芥菜型油菜种间杂交研究[J]. 中国油料作物学报, 2001, 23(2): 8.
- [9] 徐书法, 轩正英, 冯辉, 等. 芸薹属农作物种间杂交的亲性和性[J]. 中国蔬菜, 2004(3): 28-29.
- [10] Nishi S. On the breeding of interspecific hybrids between two genomes, "c" and "a" of Brassica through the application of embryo culture techniques[J]. Japan. J. breed, 1959, 8: 221-222.
- [11] 文雁成, 张书芬, 王建平, 等. 对甘蓝与白菜种间杂交合成的甘蓝型油菜的研究[J]. 中国油料作物学报, 1999, 21(4): 8-11.
- [12] 金海霞, 冯辉, 徐书法. 通过大白菜胞质不育系与芥菜远缘杂交选育新的芥菜胞质不育系[J]. 园艺学报, 2006, 33(4): 737-740.
- [13] 梁红, 冯辉. 白菜与甘蓝的种间杂交及其杂种后代的研究[J]. 园艺学报, 1990, 17(3): 203-210.
- [14] 祝朋芳, 魏毓棠. Ogura 胞质大白菜与羽衣甘蓝种间杂交的亲性和性[J]. 园艺学报, 2006, 33(5): 1090-1092.
- [15] 钟新民, 吕建华. 大白菜与甘蓝型油菜、甘蓝远缘杂交试验[J]. 山西

农业科学, 1998, 26(1): 35-37.

- [16] 栗根义, 高睦枪, 杨建平. 白菜—甘蓝染色体附加系的性状遗传[J]. 华北农学报, 1996, 11(2): 96-110.
- [17] 顾爱侠, 申书兴, 陈雪平, 等. 大白菜与结球甘蓝杂交获得异源三倍体及其生殖特性的研究[J]. 园艺学报, 2006, 33(1): 73-77.
- [18] 王丹, 王文和, 史滢滢. 芥菜型油菜与白菜正反交地胚胎学研究[J]. 植物学通报, 2006, 23(2): 158-163.
- [19] 崔辉梅, 曹家树, 张明龙, 等. 白菜和芜菁 Ogura 型雄性不育系与保持系地获得及其细胞学观察[J]. 园艺学报, 2004, 31(4): 467-471.
- [20] 余阳俊, 张凤兰, 赵岫云, 等. 大白菜及种内杂种校白菜×大白菜、芜菁×大白菜的晚抽薹遗传效应研究[J]. 华北农学报, 2005, 20(3): 17-21.
- [21] 吴才君, 曹家树, 何勇, 等. 白菜与芜菁亚种间杂交种及其亲本莲座期基因差异表达[J]. 园艺学报, 2004, 31(4): 508-510.
- [22] 赵利民, 柯桂兰. 大白菜萝卜细胞质雄性不育系 RC₇ 的选育及其特性研究[J]. 西北植物学报, 2007, 27(12): 2404-2410.
- [23] 刘宏波, 刘忠松. 油菜远缘杂交亲和性研究进展[J]. CROP RESEARCH, 2006(5): 456-458.
- [24] Lewis D, Crowe L K. Unilateral interspecific incompatibility in flowering plants[J]. Heredity, 1958, 12: 233-256.
- [25] 张旻. 不亲和性和远缘杂交亲和性的研究[D]. 东北林业大学, 2003.
- [26] 胡金良, 徐汗卿, 刘惠吉. 同源四倍体矮脚黄白菜与甘蓝型油菜杂交的胚胎学研究[J]. 南京农业大学学报, 1997, 20(4): 19-23.
- [27] 刘畅. 大白菜与结球甘蓝杂交衍生后代鉴定[D]. 河北农业大学, 2008.
- [28] 顾爱侠, 申书兴, 陈雪平, 等. 大白菜与结球甘蓝杂交获得异源三倍体及其生殖特性的研究[J]. 园艺学报, 2006, 33(1): 73-77.
- [29] 李光池, 鹿英杰, 刘吉业. 大白菜辐射诱变与远缘杂交的研究[J]. 核农学报, 1992, 13(1): 1-3.
- [30] Inomata N. Production of interspecific hybrids in *Brassica campestris* × *B. oleracea* by culture in vitro of excised ovaries. III. Development of excised ovaries on various culture media[J]. Japan J. Breed, 1979, 29(2): 115-120.
- [31] 顾爱侠, 赵玉靖, 郝丽娟, 等. 二倍体大白菜与四倍体结球甘蓝杂种的获得及其SSR鉴定与GISH分析[J]. 植物遗传资源学报, 2008, 9(2): 144-150.
- [32] 李玉辉, 陈学森, 郑洲. 果树远缘杂交育种研究进展[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2003, 34(1): 139-143.
- [33] 梁丹, 于丹, 王火旭. 甘蓝与大白菜的原生质融合[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(8): 3448-3449.
- [34] Sato T. Plant regeneration from isolated microspore culture of Chinese cabbage (*Brassica campestris* ssp. *Pekinensis*) [J]. Plant cell reports, 1989(8): 486-488.
- [35] 李维薇, 蔺忠龙, 白现广, 等. 大白菜游离小孢子培养最新研究进展[J]. 北方园艺, 2009(2): 133-135.
- [36] 郭瑞锋, 王秀英, 巫东堂, 等. 大白菜游离小孢子培养技术研究进展[J]. 山西农业科学, 2008, 36(3): 7-11.
- [37] 卢钢, 曹家树. 白菜和芜菁杂种小孢子培养研究[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2001, 27(2): 161-164.
- [38] 赵玉靖. 大白菜与结球甘蓝异源三倍体小孢子植株的获得与鉴定[J]. 植物遗传资源学报, 2007, 8(3): 294-297.
- [39] 郑殿升, 盛锦山. 主要作物远缘杂交概况[J]. 植物遗传资源科学, 2002, 3(1): 55-60.

植物叶片气体交换和叶绿素荧光动力学在抗温度胁迫中的研究

韵 敏, 王 四 清

(北京林业大学 园林学院 北京 100083)

摘 要: 对目前国内外叶片气体交换和叶绿素荧光动力学在植物抗温度胁迫中的研究进行了综述, 从不同植物的生理指标变化中寻找找到相同稳定的变化规律, 即叶绿素荧光动力学中的光系统 II(PSII)最大光化学量子产量 F_v/F_m 和净光合速率 P_n 与植物抗温度胁迫能力呈现正相关性。希望能用上述 2 种指标作为筛选抗性品种的标准, 找到低能耗品种并分类栽培种植达到节能减排的目的。

关键词: 叶绿素荧光动力学; 节能减排; 叶片气体交换; 低能耗
中图分类号: Q 945. 11 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001—0009(2010)01—0223—03

植物生长虽然需要适宜的温度, 但是在其生长过程总会遇到不适宜的温度, 即温度胁迫。当植物受到温度胁迫时, 很多生理功能会受到不同程度的影响, 其中光合作用受到的影响是不容忽视的, 研究其变化具有很重要的意义。就目前来看, 研究光合作用主要体现在两个方面: 叶片气体交换和叶绿素荧光动力学。

叶片气体交换中的重要参数有: 光合速率、蒸腾速率、气孔导度、胞间 CO_2 浓度、光合作用光响应曲线和光合作用 CO_2 响应曲线等等; 叶绿素荧光动力学中重要参数有: 固定荧光 F_0 、最大荧光产量 F_m 、光系统 II(PSII)最大光化学量子产量 F_v/F_m 、光化学淬灭 q_P 、非光化学淬灭 q_N 等等。

第一作者简介: 韵敏(1985-), 女, 在读硕士, 研究方向为观赏园艺与园林植物。E-mail: yunmin124779@163.com。
基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2006BAD07)。
收稿日期: 2009—09—20

国内外对于叶片气体交换和叶绿素荧光动力学在植物抗温度胁迫中的研究范围十分广泛, 涉及的研究对象多种多样, 从农作物, 到观赏植物, 甚至到藻类植物都有研究成果, 但是在不同植物类别里的研究程度或深度却不尽相同。

1 叶片气体交换和叶绿素荧光动力学在农作物中的研究

叶片气体交换和叶绿素荧光动力学在农作物中的研究比较早。Smillie^[1] 等应用叶绿素荧光鉴别了小麦、黄瓜、菜豆、甘蓝品种之间耐冷性差异, 取得了满意的成果。就目前资料来看, 叶片气体交换和叶绿素荧光动力学在农作物中的研究其研究对象多种多样: 玉米^[2]、甜椒^[3]、辣椒^[4]、豆类^[5]、棉花^[6]、西瓜^[7]、番茄^[8]、黄瓜^[9]等。这些研究都表明, 温度胁迫对叶片气体交换和叶绿素荧光动力学参数都有一定程度的影响, 即遭遇温度胁迫后, P_n 、 F_v/F_m 2 个主要参数会产生不同程度的下降, 而且随着温度胁迫时间的延长, 其下降的幅度也越大;

Research Advances on Distant Hybridization in Chinese Cabbage

GE Yao-xiang¹, BAI Cai-hong², WANG Shuan-quan², ZHOU Xin¹, LIANG Wen-yu¹

(1. Agricultural Science Research Institute of Liuzhou City, Liuzhou, Guangxi 545003; 2. College of Agronomy, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: The research on distant hybridization between Chinese cabbage and different genus or wide crosses between different species of Brassica plants were reviewed. The main difficulties of distant hybridization breeding were cross-incompatibility, hybrid sterility, complexity of descendibility and aberrance of crossed offspring, and some methods to overcome them. Distant hybridization reseach in Chinese cabbage was prospected.

Key words: *chinese cabbage*; distant hybridization; progress