

白菜类蔬菜多倍体诱变研究进展

房桂萍, 范孟媛, 成玉富*, 杨旭, 陈学好

扬州大学园艺与植物保护学院 江苏扬州

【摘要】白菜原产于我国,分结球白菜和不结球白菜,结球白菜又称大白菜,不结球白菜又称小白菜、青菜、菜薹等;是我国各地主要的叶菜之一,在蔬菜生产和市场供应中占有重要地位。多倍体植物在形态上具有巨大性,表现为根、茎、叶、花的增大。白菜类蔬菜主要以柔嫩叶丛、叶球、花薹或嫩茎为食用器官,巨大而肥嫩的食用器官正是消费者需要的。多倍体植株形态巨大性的特点在白菜上的表现尤其重要,也最具开发价值。本文概述了白菜多倍体育种概况、秋水仙素诱导白菜多倍体的方法、多倍体的鉴定方法和白菜多倍体特性,探讨了多倍体诱导技术在白菜育种中的研究与应用潜力。白菜四倍体相比较二倍体植株更重、叶片增大、叶片更加圆润,从而使白菜品种更加健壮,产量更高,也能满足民众的消费需求。白菜四倍体的品质更优,叶绿素、可溶性蛋白、氨基酸、维生素 C 和可溶性糖的含量较二倍体明显增加,粗纤维含量下降。并且四倍体白菜与二倍体杂交不亲和,不会与其他二倍体白菜天然杂交,易于留种保纯。因此,诱变白菜多倍体,培育白菜多倍体新品种,并且在生产中推广应用具有重要的意义。

【关键词】白菜;多倍体;诱变

【基金项目】国家自然科学基金(31972395)

Research progress on polyploidy mutagenesis of chinese cabbage vegetables

GuiPing Fang, Mengyuan Fan, Yufu Cheng*, Xu Yang, Xuehao Chen

Yangzhou University, School of Horticulture and Plant Protection, Yangzhou University, Yangzhou

【Abstract】 Chinese cabbage is native to China, divided into Chinese cabbage and non-heading Chinese cabbage, Chinese cabbage is also known as celery cabbage, non-heading Chinese cabbage is also known as pakchoi, garden sabb, flowering Chinese cabbage, etc.; it is one of the main leafy vegetables in various parts of China, and occupies an important position in vegetable production and market supply. Polyploid plants are morphologically enormous, manifested by the enlargement of roots, stems, leaves, and flowers. Chinese cabbage vegetables mainly use tender leaf clusters, leaf bulbs, flowers or young stems as edible organs, and the huge and tender edible organs are exactly what consumers need. The characteristics of the morphological gigantism of polyploid plants are particularly important in the performance of Chinese cabbage, and they are also of the most development value. In this paper, the overview of Chinese cabbage multiplication sports species, the method of colchicine induction and polyploidy of Chinese Cabbage species, the identification method of polyploidy and the characteristics of Chinese cabbage polyploidy are summarized, and the research and application potential of polyploidy induction technology in cabbage breeding is discussed. Compared with diploid plants, Chinese cabbage tetraploid plants are heavier, the leaves are enlarged, and the leaves are more rounded, so that the Chinese cabbage varieties are more robust, the yield is higher, and it can also meet the consumption needs of the people. The quality of tetraploidy in Chinese cabbage is better, and the content of chlorophyll, soluble protein, amino acids, vitamin C and soluble sugars is significantly increased compared with diploid, and the content of crude fiber is decreased. An

*通讯作者: 成玉富

d tetraploid Chinese cabbage and diploid hybridization is not affinity, will not be naturally hybridized with other diploid Chinese cabbage, easy to keep seeds and pure. Therefore, it is of great significance to mutagenic Chinese cabbage polyploidy, cultivate new varieties of Chinese cabbage polyploidy, and promote and apply in production.

【Keywords】 Chinese cabbage; Polyploidy; Mutagenesis

白菜属于十字花科 (*Cruciferae*) 芸薹属 (*Brassica*) 白菜种 (*B.campestris Chinensis* L.), 一、二年生草本植物, 包括大白菜亚种 (结球白菜亚种) [*B.campestris* L. *ssp.pekinensis* (Lour) Olsson] 和小白菜亚种 (不结球白菜亚种) [*B.campestris ssp.Chinensis* Makino], 最早起源于中国。此类蔬菜以软嫩的叶丛、叶球、花薹或茎杆为可食用部位, 风味佳, 富含多种维生素、矿物质以及少量蛋白质、糖类、纤维素等^[1]。按照《中国蔬菜栽培学》(第二版) 园艺学分类方法, 白菜类蔬菜可以分为大白菜 (结球白菜) 和小白菜 (不结球白菜); 大白菜 (结球白菜) 又分为散叶白菜变种、半结球变种、花心变种和结球变种; 小白菜 (不结球白菜) 又分为普通白菜类、塌菜类、菜薹类、薹菜类、多头菜类、油菜类等变种^[2]。白菜种的亚种及变种的染色体均为 $2n=2x=20$, 且可以相互杂交, 是中国重要的原产蔬菜, 种质资源丰富, 品种类型多样, 在中国分布广泛, 北方地区以大白菜为主, 南方地区以小白菜为主, 是居民喜食的蔬菜, 其种植面积和消费量在中国居各类蔬菜之首。

1 白菜多倍体育种概况

据统计, 在自然界中大约有 30%~35% 的被子植物, 70% 的禾本科属于多倍体植物, 为了对植物进行品种改良, 促进其进化, 育种工作者们自 20 世纪 30 年代开始就热衷于多倍体诱导育种的相关研究^[3]。白菜种是十字花科芸薹属中重要的蔬菜作物, 白菜基因组较小, 是适合多倍体育种和遗传研究的蔬菜作物之一。因此, 白菜多倍体育种历来受到高度重视, 自 20 世纪 80 年代以来, (刘惠吉等 1988、1990、1995、2002) 利用体细胞染色体人工加倍等方法先后选育出了 ‘苏州青’、‘矮脚黄’、‘寒优 1 号’ 和 ‘暑优 1 号’ 等四倍体小白菜品种^[4-7]; (王子欣等 1992) 和 (王玉海等 2002) 利用自然发生的 $2n$ 配子, 通过杂交选育获得了 ‘翠宝’、‘翠绿’、‘多抗 6 号’ 等四倍体大白菜品种^[8]。此外, 白菜

生产一直饱受病毒病的严重威胁, 目前尚无免疫的或高抗病毒病的白菜品种。然而, 不同品种对病毒病的抗性有差异, 一般色泽深者较色泽浅者抗病。诱导西瓜、甜瓜、黄瓜等蔬菜多倍体的结果表明, 多倍体植株叶肉组织增厚、叶缘素含量高、叶片色泽浓, 叶片巨大肥厚, 抗病性也较强。因此, 开展白菜多倍体育种, 就有可能获得抗病的白菜品种, 同时也贴合菜农们对白菜种高产、高效益的期望。

2 多倍体白菜品种秋水仙素诱导方法

自 20 世纪 30 年代以来, 育种家一直热衷于多倍体诱导育种。特别是 1937 年 Blakeslee 和 Avery 发现秋水仙素 (colchine) 可以诱导染色体进行加倍以后, 由此揭开了秋水仙素诱导多倍体育种的狂潮。早在 1974 年就有人用 1% 的秋水仙素加上羊毛脂软膏处理白菜品种青麻叶。采用秋水仙素诱导多倍体的方法有溶液浸渍法和滴液法等, 白菜种一般采取溶液浸渍法^[8]。

2.1 秋水仙素活体诱导

早在 20 世纪 80 年代, (刘惠吉等 1990) 便开始尝试用秋水仙素进行白菜品种的多倍体诱导。他们采用秋水仙素 0.4% 水溶液加等量的羊毛脂处理矮脚黄白菜子叶期的幼苗, 15 天之后进行第二次重复处理, 最终获得了四棵同源四倍体的矮脚黄白菜, 诱变率达到了 0.8%^[9]; (张合成等 1999) 所采用方法是秋水仙素茎尖处理技术, 将 0.1%~0.3% 秋水仙素药液在气温 10℃ 下处理白菜幼苗生长 24h、48h 和 72h, 经过适宜浓度筛选和变异株染色体数目鉴定, 最后的加倍成功率达到 35.74%^[10]; (户秋稳等 2015) 利用优良二倍体晚抽薹不结球白菜 ‘五月慢’ 为试验材料, 采用质量浓度为 1.5 和 2.0 g/L 秋水仙素诱导其茎尖生长点, 每天早晚各处理 1 次, 每次点滴处理 4 次~6 次, 一共 4 个处理, 以蒸馏水为对照。在 4 个处理中, 2.0 g/L 秋水仙素处理 6 次的诱导效果最好, 四倍体诱变率最高达 5.90%^[11]; 潘静雯等 2020) 为了培育出高产优质的不结球白菜

四倍体苏州青, 采用浓度分别为 0.1%、0.2% 和 0.3% 的秋水仙素水溶液, 处理在苏州青二倍体幼苗植株的子叶生长点上, 以点滴蒸馏水为对照, 每天处理 2 次, 每次 20 μ L, 共处理 5 天, 试验结果表明 0.2% 的加倍效果最好, 四倍体诱变率达到了 8.42%^[12]。早期大家采用秋水仙素活体诱导的方法比较多, 此方法操作简单, 方便处理, 但活体诱导较难得到纯和四倍体, 嵌合体发生率较高。

2.2 秋水仙素种子处理诱导

采用秋水仙素处理材料的方法有: 浸渍法、滴液法、涂抹法和注射法。其中, 浸渍法方法简单、操作方便, 诱导效率高^[13]。利用不同浓度的秋水仙素溶液直接浸泡种子的方法在菊花脑、小白菜^[14,15]等多种植物上已成功的诱导出了多倍体。(刘惠吉等 1995) 便通过两种四倍体诱导白菜的方法来进行试验, 第一种方法是采用 0.2%~0.4% 的秋水仙素溶液来浸湿干种子, 分别处理 24~48h, 然后用清水冲洗再播种; 第二种方法是用同浓度的秋水仙素溶液处理幼苗生长点, 每天上、下午各 1 次, 连续 3 天, 处理期间进行遮阴^[16]。(黄钰等 2019) 用 0.01%~0.03% 的秋水仙素浓度处理黑菜二倍体萌动的种子, 处理时间为 8h 左右比较合适, 四倍体诱变的变异率在 0.5%~2.75% 之间^[17]。采用秋水仙素种子处理诱导的方法, 其缺点是容易导致种子畸形, 降低种子的萌发率, 影响幼苗的分化率。

2.3 秋水仙素组织培养诱导

(张建军等 2011) 认为在离体培养中对培养材料进行秋水仙素处理, 能够克服传统多倍体诱导的缺陷, 大大提高多倍体诱导的成功率。他采用了三种秋水仙素离体培养处理方法: 第一种是用秋水仙素来处理子叶, 将灭菌种子置于 100~1000mg/L 的秋水仙素溶液中浸泡 24~48h, 然后取出子叶进行常规组培。第二种是秋水仙素处理愈伤组织, 取 2~3mm 的愈伤组织转入含 100~500mg/L 秋水仙素的液体培养基中, 40r/min, 振荡 24~48h, 然后转入固体诱导培养基做常规组培。第三种是秋水仙素处理再生芽, 将 5mm 左右的芽转入含 100~500mg/L 秋水仙素的液体芽诱导培养基, 用和处理愈伤组织相同的方法进行振荡和常规培养。通过试验表明, 用含有不同浓度的秋水仙素的固体培养基处理带有 3~4 片真叶的再生苗, 再从中诱导出再生芽, 得到四倍体的

效果最好。‘莴菜’和‘瓢儿菜’两种白菜的加倍诱导率分别达到了 13.33%、6.52%^[18]。秋水仙素组织培养诱导多倍体植株的方法易于重复进行, 方便纯化, 嵌合体发生率较低, 时效快。

2.4 秋水仙素 2n 配子诱导

关于 2n 配子的筛选和 2n 配子发生的遗传已经在马铃薯(肖增宽等, 1986) 和大白菜(张成合等, 2007) 上有报道^[19], 关于利用秋水仙素诱导 2n 配子获得多倍体的研究在东方百合(郑思乡等, 2004)、白杨(康向阳等, 2004) 等已有研究^[20,21], 但在白菜上报道较少。白菜自然发生 2n 配子的频率很低, (钟程等 2010) 用 0.20% 秋水仙素 510 μ L 微量注射 3mm 的二倍体白菜花蕾, 处理 1 次, 诱导 2n 配子效果最好, 2n 配子频率达 20.20%, 是未经秋水仙素处理对照的 3.63 倍。以四倍体雄性不育系为母本, 以 2n 配子频率较高、经济性状优良的二倍体为父本进行有性多倍化杂交从而获得四倍体新种质, 为多倍体育种提供新方法^[22]。

3 白菜品种多倍体的特征特性

3.1 巨大性

多倍体白菜品种由于染色体组加倍的增加而呈现出巨大性, 其巨大性往往表现在根、茎、花、叶的增大, 从而使白菜品种更加健壮, 产量更高, 也能满足部分地区民众喜食大棵菜的消费习惯。(刘惠吉等 1994) 研究的四倍体黑菜和二倍体相比较, 叶片加厚, 单株更重并增产了 16.7%^[23], (解卫华等 2002) 研究的四倍体结球白菜叶片也表现出这一特性^[24]。多倍体植株形态巨大的特点在白菜上的表现尤其重要, 也最具开发价值, 白菜主要以叶片供食用, 巨大而肥嫩的叶片正是消费者需要的。

3.2 抗逆性

多倍体白菜品种不仅提高了基因活性, 而且还增强了植株的生态适应性和抗逆性^[25]。多倍体白菜种一般植株肥壮、茎秆粗壮, 因而抗倒伏能力较强, 有的还具有抗干旱、抗病虫害等其他抗性。(刘惠吉等 1990, 1992, 1994) 培育成功耐热和耐寒的“南农矮脚黄”、“热优 2 号”、“寒优一号”小白菜品种, (张振超等 2007) 通过试验发现不结球白菜的四倍体抗寒性优于二倍体, 成功的培育出性状优良的四倍体抗寒不结球白菜^[26], 都强有力的证明了多倍体白菜的抗逆性强于二倍体。

3.3 低稔性

稔性是指植物形成正常生殖器官或正常开花和结实的能力。同源多倍体的稔性比二倍体的低, 主要是因为多倍体在减数分裂时染色体配对出现紊乱的结果, 其主要表现在种子发育不良和花粉活力下降等方面。(尚爱芹等 1999) 诱导的四倍体菜心人工自交结实率显著低于二倍体, 平均达到 42.3%, 而八倍体的菜心植株几乎不育^[27]。当奇数多倍体在减数分裂形成配子的过程中时, 染色体不能正常配对, 从而导致植物不育, 利用这一特性, 瓜果蔬菜生产上便可以进行无籽化生产, 如: 三倍体无籽西瓜“黑蜜二号”、“雪峰无籽”、“洞庭无籽”等我国主栽西瓜品种^[28], 还可以在三倍体柑橘、无籽葡萄、苹果等生产实践上进行运用。

3.4 营养成分含量提高

多倍体白菜的营养成分较二倍体显著提高(刘惠吉等 1990) 选育的四倍体不结球白菜“南农矮脚黄”显著提高了 VC、氨基酸、Ca、P 和 Fe 的含量, 粗纤维含量下降了 12.7%, 综合品质显著提高^[7](黄钰等 2019)。诱导的黑菜四倍体的叶绿素、可溶性蛋白、VC 和可溶性糖的含量都比二倍体显著增加, 粗纤维的含量则显著降低, 黑菜四倍体品质明显提高^[17]。

4 多倍体白菜品种鉴定方法

在白菜多倍体的诱导过程中, 及时并准确的鉴定出多倍体植株是多倍体育种的重要环节。采用合适的鉴定方法不仅可以缩短植株培养的周期, 而且还可以提高多倍体育种的成效。

4.1 形态学鉴定法

对于诱变形成的多倍体白菜材料, 运用形态学观察是最直观明了、简单便捷的鉴定方法。通过对诱变植株生长发育期的外在特征来初步鉴定其倍性, 多倍体植株一般茎秆粗壮且短, 生长发育迟缓, 叶变厚, 叶色变深, 叶片变宽, 叶形指数变小。白菜品种的外观形态鉴定主要靠四个阶段来进行识别: 幼苗期、营养生长期、花期、结荚期。此方法可以减少很多育种工作量, 不足之处是存在经验因素较大, 可能会因人而异, 鉴定的准确度不高。(杜先明等 1995) 通过观察矮脚白菜四倍体和二倍体的植株形态发现, 四倍体的子叶明显增大, 第一片真叶的出现期比二倍体要迟 1-2d, 四倍体矮脚黄和多

倍体矮脚白始花期比其二倍体都迟 2-3d^[29]。

4.2 细胞学鉴定

可以通过测定叶片气孔平均长度和花粉粒大小以及比较气孔保卫细胞叶绿体数目来筛选和鉴定白菜品种的倍性。采用植株叶片气孔特征来鉴, 其倍性的方法简单好操作, 只要几分钟便可以鉴定出一份材料, 不失为鉴定倍性简单高效的一种方法。相较于二倍体, 四倍体气孔平均长度变长, 花粉粒普遍增大, 保卫细胞中的叶绿体数目增多, 性状明显发生改变。(解卫华 2002) 诱导结球白菜发现四倍体气孔平均长度比二倍体增加了 34.6%, 保卫细胞叶绿素含量也比二倍体多出了 46.9%^[24]。

4.3 流式细胞仪鉴定

采用倍性分析仪进行鉴定, 即用流式细胞仪测定法迅速测定植株叶片单个细胞核内的 DNA 含量, 根据 DNA 含量的曲线图鉴别出植株的染色体倍性^[30]。流式细胞仪测定法具有样品制备简单, 灵敏度和分辨率较高, 数据重复性好, 测试速度快等特点, 而且, 也可以快速地鉴定细胞是否是处于 S 期, 所以流式细胞测定法特别适用于样品较多的植株倍性检测分析。缺点是流式细胞仪花费很高, 维护人员需较高的专业水平以及仪器操作复杂。

4.4 染色体直接计数法

染色体直接计数法是鉴定多倍体最直观的方法, 通常有植物染色体的常规压片法和去壁低渗法两种。

压片法一般以植株分裂旺盛的根尖、茎尖、愈伤组织等部位为材料, 用醋酸洋红或卡宝品红等染色压片, 可以观察到较多的处于有丝分裂中期的细胞和染色体, 制片中需要很好的操作技能。而去壁低渗法则是先用纤维素酶和果胶酶去除细胞壁, 得到原生质体, 再将细胞进行低渗处理, 用低渗溶液处理可以提高染色体的分散程度。去壁低渗法与常规压片法相比有许多优点, 既可用于染色体计数, 也可用于染色体组型分析 Gimsa 分带等研究, 该方法需要良好的实验条件和丰富的经验。

5 多倍体白菜品种的应用潜力

与二倍体白菜相比, 四倍体的植株更重、叶片增大、叶柄宽厚、叶片更加圆润, 这些都能体现出四倍体植株巨大性的特征。多倍体植株形态巨大性的特点在白菜上的表现尤其重要, 白菜主要以叶片

供食用, 巨大的叶片正是消费者需要的。白菜四倍体的叶绿素、可溶性蛋白、氨基酸、VC 和可溶性糖的含量较二倍体有所增加, 粗纤维含量下降。可溶性蛋白、氨基酸、可溶性糖、维生素 C 都是人体所需要的营养物质, 这些在四倍体白菜中含量有显著的增加, 这更有利于人体摄入更多的营养物质, 满足了蔬菜品质育种的期望。并且白菜四倍体与二倍体杂交不亲和, 不会与其他二倍体白菜天然杂交, 易于留种保纯。可见, 选育四倍体白菜可以很好的解决目前白菜生产存在的问题。

随着城乡居民生活水平的不断提高, 国民对蔬菜的需求也日益增加, 白菜类蔬菜是秋冬季节主栽品种, 其生产需要进行大规模种植规划。因此, 培育适合不同栽培条件和不同目的地的高产、优质、抗病虫害、抗寒、晚抽薹等不同类型的白菜品种是白菜育种的当务之急。运用多倍体诱导方法来改良白菜品种特性, 可以加快育种进程。目前, 已经有不少关于用秋水仙素来诱导白菜品种四倍体的相关报道, 为进一步的理论研究提供了方法。诱变成功的一大批白菜四倍体品种也在生产中得到推广应用, 取得了良好的效果。

参考文献

- [1] 王小佳主编. 蔬菜育种学各论[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [2] 吕家龙主编. 蔬菜栽培学各论(南方本, 第三版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- [3] 郭启高, 宋明, 梁国鲁. 植物多倍体诱导育种研究进展[J]. 生物学通报, 2000(02):8-10.
- [4] 王志敏, 牛义, 宋明, 李渝. 多倍体诱导在蔬菜育种上的应用[J]. 生物学杂志, 2004, (06):35-38.
- [5] 刘惠吉, 范建刚, 王华, 等. 苏州青白菜同源四倍体的育种研究——I. 快速获得四倍体突变株[J]. 南京农业大学学报, 1988(04):97-98.
- [6] 刘惠吉, 曹寿椿, 王华, 等. 南农矮脚黄四倍体不结球白菜新品种的选育[J]. 南京农业大学学报, 1990(02):33-40.
- [7] 刘惠吉, 张蜀宁, 王华. 青梗、优质、抗热同源四倍体白菜杂交新品种暑优 1 号的选育[J]. 南京农业大学学报, 2002 (03):22-26.
- [8] 王玉海, 牟金贵, 刘学岷, 等. 大白菜新品种多抗 3 号[J]. 中国蔬菜, 2002(05):51.
- [9] 刘晓东, 曹彩霞, 牟金贵, 等. 多倍体大白菜育种研究进展[J]. 华北农学报, 2008, 23(S2):177-182.
- [10] 张成合, 申书兴, 王彦华, 等. 白菜同源四倍体的诱导及其细胞学研究(英)[J]. 河北农业大学学报, 1999(02):53-56.
- [11] 户秋稳, 吕炜, 张蜀宁, 等. 优质晚抽薹四倍体不结球白菜的创制及特性[J]. 南京农业大学学报, 2015, 38(05):757-763.
- [12] 潘静雯, 王红尧, 李林, 等. 不结球白菜同源四倍体苏州青的诱导鉴定[J]. 中国农学通报, 2020, 36(30):68-74
- [13] 刘亚娟, 李名扬, 屈云慧. 秋水仙素在园林花卉多倍体育种中的应用[J]. 安徽农学通报(上半月刊), 2009, 15(07):155-157.
- [14] 陈发棣, 蒋甲福, 房伟民. 秋水仙素诱导菊花脑多倍体的研究[J]. 上海农业学报, 2002(01):46-50.
- [15] 杜先明, 郑素秋. 小白菜多倍体诱变试验[J]. 湖南农学院学报, 1995(01):25-29.
- [16] 刘惠吉. 蔬菜作物多倍体研究及应用[J]. 长江蔬菜, 1995(03):3-5.
- [17] 黄钰. 黑菜四倍体诱变及其初步鉴定研究[D]. 扬州大学, 2019.
- [18] 张建军, 殷丽青, 范昆华, 等. 应用组织培养诱导白菜和莴苣四倍体[J]. 上海农业学报, 1997(04):21-27.
- [19] 张成合, 申书兴, 尚爱芹, 等. 大白菜 2n 配子发生的遗传分析[J]. 园艺学报, 2000(04):295-296.
- [20] 郑思乡, 毛琪, 吴福川, 等. 东方百合 2n 配子杂交后代多倍体诱导研究初报[J]. 云南农业大学学报, 2004(06):635-637.
- [21] 康向阳, 张平冬, 高鹏, 等. 秋水仙碱诱导白杨三倍体新途径的发现[J]. 北京林业大学学报, 2004(01):1-4.
- [22] 钟程, 张蜀宁, 于旭红, 等. 白菜 2n 配子诱导及有性多倍化创制四倍体的研究[J]. 园艺学报, 2010, 37(11):1789-1795.
- [23] 刘惠吉, 王华等. 四倍体耐寒黑菜的选育[J]. 南京农业大学学报, 1994, 17(2):118~120
- [24] 解卫华. 结球白菜同源四倍体诱导技术的研究[D]. 南京农业大学, 2002.

- [25] 郭启高,宋明,梁国鲁.植物多倍体诱导育种研究进展[J].生物学通报,2000(02):8-10.
- [26] 张振超,张蜀宁,张伟,等.四倍体不结球白菜的诱导及染色体倍性鉴定[J].西北植物学报,2007,27(1):28-32.
- [27] 尚爱芹,张成合,刘世雄,等.菜心多倍体诱变及其细胞学观察[J].河南科学,1999(S1):13-16.
- [28] 张蜀宁,张杰,孙成振,等.同源四倍体青花菜花粉活力及结籽性研究[J].福建农业学报,2011,26(02):238-242.
- [29] 杜先明,郑素秋.小白菜多倍体诱变试验[J].湖南农学院学报,1995(01):25-29.
- [30] 邓云,张蜀宁,孙敏红,等.采用秋水仙碱创制优质、抗热同源四倍体不结球白菜[J].武汉植物学研究,2006(02):159-162.

收稿日期: 2022年3月5日

出刊日期: 2022年6月23日

引用本文: 房桂萍, 范孟媛, 成玉富, 杨旭, 陈学好, 白菜类蔬菜多倍体诱变研究进展[J]. 农业与食品科学, 2022, 2(1): 1-6

DOI: 10.12208/j.jafs.20220001

检索信息: 中国知网 (CNKI Scholar)、万方数据 (WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊

版权声明: ©2022 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。 <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS