

# 春甘蓝耐抽薹性研究进展

杨小明, 李成琼, 宋洪元

(西南大学 园艺园林学院 重庆 400715)

**摘要:** 对近年来国内外有关甘蓝的春化、抽薹特性以及鉴定方法的研究进行了综述, 并结合育种现状对以后春甘蓝耐抽薹育种提出了展望。

**关键词:** 甘蓝; 春甘蓝; 春化; 耐抽薹性

**中图分类号:** S 635 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2009)01-0111-04

结球甘蓝是我国重要的蔬菜作物之一, 排开播种可做到周年供应。但在春甘蓝栽培中, 往往因气候及栽培管理不当等原因, 使春甘蓝发生“先期抽薹”现象。从而严重影响甘蓝的品质和产量, 给生产带来巨大损失。为解决甘蓝的先期抽薹问题, 前人曾作过很多研究, 但大多是在栽培方面探讨了如何防止先期抽薹。要从根本上解决这个问题, 只有培育出耐抽薹的春甘蓝品种。而要培育耐抽薹的春甘蓝品种, 就必须了解它的抽薹特性及其遗传规律。现对近年来有关甘蓝的抽薹特性以及鉴定方法的研究进行综述, 为春甘蓝的耐抽薹育种打好理论基础。

## 1 甘蓝的春化及抽薹特性

春甘蓝在南方进行越冬栽培, 第2年5~6月收获, 从播种到收获, 历时约8个月。在这么长的时期内, 低温占主要时期, 很容易使植株受低温的影响, 在未完成结球之前, 已通过发育, 发生先期抽薹的现象。结球甘蓝属于绿体春化型, 幼苗需长到一定大小, 在一定的低温下持续一定时间, 才能通过春化。也就是说甘蓝要通过春化进入生殖生长必须同时满足3个条件: 即一定大小的营养体、通过春化的温度、低温持续一定的时间。此外, 还应该满足光照及其它因素对春化及抽薹的影响。幼苗需长到一定大小, 这与品种不同而异, 如丹京3~4片叶、黄苗10叶、牛心7~8片叶以上, 茎粗达到一定程度粗度(0.6~1.6 cm以上)的植株才能接受春化的影响; 通过春化的温度一般为0~15℃; 低温持续的时间(因品种和植株的大小温度不同而异)一般为20~30 d或更长的时间才会通过春化阶段<sup>[1]</sup>。通过了春化阶段

的植株就可以发生先期抽薹。春化作用是先期抽薹的基础。所以, 研究春甘蓝的春化特性有重要的意义。

### 1.1 甘蓝营养体大小对春化及抽薹的影响

营养体的大小是结球甘蓝通过春化的基础条件, 营养体必须在一定大小时才能进入花芽分化阶段。这里所指的“一定大小”的标准、依据有所不同, 诸如幼苗茎的直径、苗的日龄、叶数等, 并且这些标准跟品种特性有很大关系。一般规律是早熟品种春化所需营养体小(茎粗0.6 cm以上、展开叶5~6片), 晚熟品种所需的营养体较大(茎粗1.3 cm以上、展开叶6片以上), 中熟品种介于两者之间。如冬性强的春丰甘蓝的幼苗, 具有10片左右的外叶, 茎粗1.6 cm时, 在4℃左右温度下经过1个月时间也不易通过阶段发育; 而冬性弱的像丹京甘蓝, 具有4片左右的外叶, 茎粗为0.6 cm时, 在0~15℃的温度下, 只需20 d左右的时间幼苗就能通过阶段发育<sup>[2]</sup>。王超等<sup>[3]</sup>对7份抽薹特性有差异的春甘蓝自交系为试材, 在6、8、10叶龄分别进行低温处理。发现苗龄越大, 通过春化的阶段发育时间越短。6片真叶以前对低温敏感性差, 要经过2个月低温处理才能通过阶段发育, 8片真叶45 d就可以, 而10片真叶只需30 d就可以。并指出春化处理的形态指标不应单以根茎作指标, 还要考虑叶片等的大小。试验中茎粗在0.60 cm以下, 而叶子在8片左右的材料照样开花。李长缨等<sup>[4]</sup>运用冬性有极显著差异的2个甘蓝材料进行试验, 发现7~8叶苗龄、5℃低温诱导50 d, 就可使花芽分化达极显著差异。

### 1.2 温度对甘蓝春化及抽薹的影响

温度是植物发育的必要条件。温度对甘蓝成花抽薹的作用主要有两个方面: 一是低温成花诱导, 即春化作用; 二是适度的温度促进花芽及花薹发育。一般认为甘蓝通过花芽分化的低温范围为0~15℃, 2~7℃通过较快, 大多数品种在15.6℃以上不能通过春化, 而温度过低通过春化也较迟缓。在大白菜的研究中, 奥岩松<sup>[5]</sup>在3、8、13℃处理下, 发现8℃对大白菜的花芽分化与抽

第一作者简介: 杨小明(1984), 男, 硕士, 研究方向为蔬菜遗传育种。

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2006BAD01A7-2-03); 重庆市“十一五”科技攻关资助项目(10376); 农业部公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(nyhyzx07-007)。

收稿日期: 2008-08-11

薹开花过程最为合适。Guttormsen<sup>[6-7]</sup>在处理 1~3 周株龄的 Nagaoka 50 时发现, 当温度在 18℃以上时先期抽薹大大减少, 在 12℃时能够促进先期抽薹。于锡宏<sup>[8]</sup>用不同的温度处理青花菜的花芽分化, 发现 14℃处理下的早熟青花菜可以完成花芽分化的各个过程; 18℃处理下的植株花芽虽能分化, 但花芽分化的各个过程不能完成; 22℃处理下的植株一直处于营养生长状态而花芽未分化。李长缨<sup>[4]</sup>在甘蓝冬性鉴定方法及标准的研究中, 对旅 1-4-15-42-4 的生长前期用 5℃恒温进行春化处理, 100 d 后转为植株生长温度, 诱导温度为 15℃, 30 d 后旅 1-4-15-42-4 花芽分化就达到了 7 级水平, 缩短了春化诱导时间。另外, 低温对春化有积累作用, 当春化中突遇高温, 常使低温产生的效应逆转, 出现去春化现象。花薹的伸长需要一定的温度条件, 种株抽薹、开花温度以 10~22℃为宜, 12~16℃最为适宜, 而且温度越高花薹生长越迅速, 温度低于 10℃时抽薹速度显著降低, 低于 5℃时花茎则难于伸长<sup>[9]</sup>。

### 1.3 温度持续时间对甘蓝春化的影响

不同的品种在冬季低温影响下, 通过阶段发育快慢有所不同。西南农学院园艺系蔬菜学教研组的资料表明<sup>[1]</sup>: 大灰叶、楠木叶等品种, 在基部直径达到 0.6 cm 以上, 大灰叶需在 15℃以下的低温 15 d, 楠木叶需 30 d 才开始孕蕾。牛心甘蓝的基部要在 1.15 cm 以上, 需在 15℃以下的低温 30 d, 才能由生长转为发育。王超等<sup>[3]</sup>试验发现, 甘蓝幼苗通过春化的阶段发育与苗龄、处理时间都有关, 春季早熟栽培, 越是苗大遇到短期低温就越容易抽薹, 6 片真叶以前对低温敏感性差, 要经过 2 个月低温处理才能通过阶段发育, 8 片真叶 45 d 就可以, 而 10 片真叶只需 30 d 就可以抽薹。惠麦使用 7℃春化温度处理大白菜, 处理 14、17、20、24、31 d, 花芽分化的早晚顺序为 31>24>20>17>14 d。在 3、9、11℃处理下, 这种影响也有相同的趋势。张德双等<sup>[4]</sup>采用 0、15、20、25、30 d 春化处理对 5 份大白菜和 5 份小白菜抽薹和开花的影响进行了研究。冬性强的大白菜材料, 春化时间以 20 d 为宜, 冬性弱的材料以 15 d 为佳。对小白菜而言, 春化天数以 15 d 为佳, 冬性强的材料初花天数为 46 d, 冬性弱的为 38 d 左右。

### 1.4 光照对春化及抽薹的影响

从阶段发育理论考虑, 低温感应与花芽分化的早晚有关, 而长日感应影响花芽分化后的抽薹开花阶段。结球甘蓝属于长日照蔬菜, 品种间对日照长短的要求有差异, 适宜强光照, 喜晴朗天气, 但在自然环境中, 往往因过强光照而伴随高温的影响, 造成生长不良。生产上牛心尖球型、扁圆型品种完成阶段发育对光照要求不严格, 而圆球型品种必须经过较长的光周期, 才能顺利完成阶段发育、抽薹、开花<sup>[11]</sup>。在光周期对抽薹的研究中,

大白菜的研究比较多些, 张凤兰<sup>[12]</sup>等对易抽薹大白菜种株苗期的遮光处理试验发现, 在花芽分化以前开始遮光对开花的延迟作用更有效, 而在花芽分化完成后则作用减小。说明日长不仅对大白菜抽薹开花有影响, 而且对花芽分化也有影响。以 Moë<sup>[13]</sup>对 Nagaoka 50 进行光照与低温处理, 发现在短日照下, 花芽分化与未熟抽薹的关键温度为 12~15℃。而在自然光照下 15~17 h, 15℃以上就能通过花芽分化。

### 1.5 其他因素对抽薹的影响

春甘蓝在结球和抽薹过程分别为球叶的分化和花芽的分化。二者对莲座叶养分分配的利用存在着竞争关系, 一旦两个过程的平衡被打破, 则一个过程被促进, 另一个过程被抑制, 即这种动态平衡可以调整春甘蓝植株的养分分配系数。花芽分化即使已经进行, 花薹尚未伸长, 薹高占叶球高度的 1/2 以下并不影响春甘蓝的商品价值, 只要及时采收, 花薹不抽出。春季栽培不可避免地会遇到利于春化的低温, 低温的积累量与抽薹早晚有直接关系。当低温积累量不足时, 植株也能进行缓慢的阶段发育, 表现为以营养生长为主, 叶片数增长快, 能够形成叶球。花芽分化和花薹伸长缓慢, 随着时间的推移, 花薹最终会从叶球上顶出来, 导致抽薹。把这一过程控制在叶球成熟以后很关键, 采用晚抽薹品种是克服未熟抽薹的前提。春甘蓝的晚抽薹性和开花叶片数的多少呈显著正相关, 即晚抽薹品种往往易于保证在生殖生长之前有足够结球的叶片数。

播种期也是影响春甘蓝先期抽薹的重要因素之一。黄凯美<sup>[4]</sup>等通过对 15 个越冬甘蓝品种在 5 个不同播种期下的花芽分化、先期抽薹及产量比较分析, 认为弱冬性或偏春性早熟品种, 在杭州地区播种期应提早到 9 月 10 日左右; 冬性强的品种, 播种期在 10 月 20 日左右为宜, 才能避免越冬甘蓝先期抽薹。李成琼<sup>[13]</sup>等认为不同品种、不同播期对先期抽薹率的影响达极显著水平; 同一品种不同播期的先期抽薹率也达极显著水平。不同品种对产量影响达极显著水平, 而不同播期对产量影响不显著。春甘蓝在长江中下游地区的适宜播期为 10 月下旬, 通过提前播种的方法筛选不易先期抽薹的春甘蓝品种是行之有效的。

## 2 耐抽薹鉴定方法的研究

### 2.1 鉴定方式

按鉴定方式可分为田间鉴定和室内苗期人工处理鉴定两种方式。

2.1.1 田间鉴定 田间鉴定是将材料播种于大田中, 随机调查, 来年统计其先期抽薹率等指标。田间鉴定是最直接, 最能反映抽薹实际情况的鉴定方法, 而且简单易行。但由于自然春化受气候条件及幼苗生长状况等多种因素的影响, 一次鉴定很难得到可靠的结果。多年鉴

定虽可靠且真实,但周期过长,延缓育种的进程。

2.1.2 室内苗期人工处理鉴定 室内苗期人工处理鉴定是待甘蓝幼苗长至一定大小时,使之处于人工控制的温度和光照的环境中,然后进行相关指标的鉴定。室内苗期鉴定不受季节、气候及土壤营养状况的影响,且鉴定周期缩短,并可以获得可重复的结果<sup>[16]</sup>。李长缨等运用冬性有极显著差异的2个甘蓝材料(7224-9、旅1-4-15-42-4),对低温诱导花芽分化的温度、诱导的起始苗龄、诱导持续的时间及诱导后花芽生长的温度及时间进行了比较试验。提出以7~8叶苗龄、5℃低温诱导50 d,光周期12 h,而后转入昼温/夜温为25~30℃/15~20℃,15 d的条件下测定花芽分化指数,以此对甘蓝进行冬性鉴定。从5℃诱导开始到调查只需65 d,比通常田间鉴定提早约35 d,达到了早期鉴定的目的。

## 2.2 鉴定指标

按鉴定指标研究可分为形态指标和生理生化指标。

2.2.1 形态指标 通常春季抽薹后调查先期抽薹百分率是一个较早利用来鉴定耐抽薹性的方法。但随着对早期鉴定耐抽薹强弱的关注,形态指标的鉴定成为研究重点。王超、张韬等<sup>[17]</sup>对春甘蓝材料的农艺性状的遗传相关和途径进行了分析。结果表明抽薹早晚受叶球紧实度的影响最大,与叶球紧实度呈极显著的正相关,球宽与抽薹期、心柱高度和紧实度呈显著负相关。李长缨等通过室内低温诱导甘蓝幼苗花芽分化,诱导一定时间后,计算花芽分化指数,花芽分化指数越低其冬性越强。并尝试将各基因型甘蓝按花芽分化指数,划分成冬性强弱不同的4个水平。花芽分化指数在0~7之间为极强冬性品种,7~15之间为强冬性品种,15~45之间为中冬性品种,大于45为弱冬性品种。余阳俊等<sup>[18]</sup>通过大白菜室内苗期试验显薹期及短缩茎长等鉴定认为,短缩茎长与平均显薹期均可作为耐抽薹鉴定指标,但显薹期作标准试验结果可重复性差,易受环境因子干扰,而短缩茎长鉴定具有简便、快速、高效、准确的特点。Mero<sup>[19]</sup>则认为茺菁的外叶数与抽薹有一定的关系,可以依据抽薹时的外叶数来判断它的耐抽薹性。

2.2.2 生理生化指标鉴定 从生化角度出发一般认为茎尖生长点是接受低温的部位,即正在进行细胞分裂的组织才具有感受春化的能力,并通过细胞分裂传递春化效应。目前用生理生化指标鉴定甘蓝先期抽薹的研究很少,大白菜和冬小麦研究比较多些。程斐<sup>[20]</sup>发现在花芽分化临界期前后生长点的CTK、多胺都出现了一个高峰。CTK高峰出现比多胺早2~4 d,结球性好的晚抽薹品种较结球性差的早抽薹品种CTK和3种多胺(亚精胺、腐胺、精胺)在各个点含量均低,这一结果可作为品种和原始材料选择的一个参考生理指标。惠麦侠<sup>[21]</sup>通过研究发现,低温处理20 d大白菜幼芽中可溶性蛋白质

含量急剧上升,处理25 d后则下降。耐抽薹性强的品种蛋白质含量低于同一低温天数处理下耐抽薹性弱的品种。可溶性蛋白质含量与花芽分化过程密切相关,因此测定低温处理20 d大白菜幼芽中可溶性蛋白质含量,可作为鉴定的一项参考生理指标。任江萍等<sup>[22]</sup>发现在春化过程中,冬小麦可溶性蛋白质含量不仅增加,而且有新蛋白产生。英国Mercia品种与中国京841都产生53.2 kd、46 kd 2种新的蛋白质,且在春化、脱春化中稳定存在。这2种蛋白质正是春小麦有而冬小麦未经春化没有的,表明这2种蛋白质的产生与冬性小麦春化过程密切相关。

大量试验证明,碳水化合物在成花中具有重要的作用。邓俭英<sup>[23]</sup>发现在萝卜花芽分化过程中生长点总糖、蔗糖、还原糖(果糖、葡萄糖)的含量都处于上升的趋势,尤其是还原糖,上升的幅度相对较大。蔗糖作为植物中最常见的碳水化合物,在成化过程中可能不是作为能量供体物而是作为一种信号物质发挥作用的。孙乃波等<sup>[24]</sup>在研究草莓花芽分化过程中发现,可溶性总糖在3个草莓品种中都呈逐步提高的趋势,需冷量长的品种高于需冷量短的品种。

## 3 抽薹性状的遗传规律研究

为了有效选育耐抽薹品种,抽薹性状的遗传规律一直都是研究的重点。张韬等<sup>[25]</sup>通过ABC尺度遗传测验,证明春甘蓝遗传性状符合“加性—显性”遗传模型,并且加性效应的作用更重要。显性效应表现为不完全显性,早抽薹对晚抽薹为显性,但遗传力低,易受环境影响。从加性效应比显性效应重要这一角度出发,在品种的选育过程中,应重视基因加性效应的利用,使隐性晚抽薹基因的得到最大限度的表达,而避免早抽薹显性基因的表达。从遗传力这一角度出发,由于甘蓝抽薹性状的遗传力低,受环境影响大,这就说明育种中在后期世代进行选择能收到较好的效果。

Mero等<sup>[26]</sup>分析了白菜与甘蓝型油菜的种间杂交后代抽薹性遗传规律,提出抽薹期早晚性状是受两个主效加性基因决定的,并且早抽薹性对晚抽薹性为显性。Honma<sup>[27]</sup>在1985年通过大白菜和茺菁的杂交,得出了抽薹期受2个主效加性基因决定的相似结果。程斐等认为,大白菜的抽薹期是受核基因控制的数量性状决定,与细胞质遗传无关。该性状由加性基因效应和显性基因效应控制,其中前者比后者更重要,显性基因效应只表现为部分显性,这与甘蓝的遗传性状相似。但是大白菜抽薹期的广义遗传力和狭义遗传力都有较高值,表明该性状受环境因素小,晚抽薹的表现型与基因型相关程度大,亲本能够较稳定地将其晚抽薹性遗传给以后的各个世代。因此,在早代就可以通过对植株的表型选择而比较正确地判断其基因型,在育种工作中可以采用系

谱法和混合选择法<sup>[28-30]</sup>。

#### 4 展望

综观春甘蓝的耐抽薹育种研究, 其先期抽薹的原因, 以及利用栽培措施来防止先期抽薹的研究较多, 但在遗传机理、相关育种方法选择、抽薹性与相关性状等研究较少。所以不能只局限于栽培措施上解决这一问题, 还要利用生物技术来研究春化及先期抽薹的遗传机理, 从细胞遗传学和分子遗传学水平对晚抽薹基因进行定位, 使常规方法和分子标记技术合理结合, 为甘蓝的耐抽薹性育种打下基础。

#### 参考文献

- [1] 浙江农业大学. 蔬菜栽培学各论(南方本)[M]. 北京: 中国农业出版社, 1985: 92-93.
- [2] 刘奇文. 春甘蓝先期抽薹的原因及防止措施[J]. 江西农业科技, 2004(2): 22-23.
- [3] 王超, 张韬, 吴世昌. 春甘蓝抽薹特性的研究[D][J]. 东北农业大学学报, 2003, 34(2): 129-132.
- [4] 李长缨, 简元才. 甘蓝冬性鉴定方法及标准的研究[J]. 华北农学报, 1999, 14(3): 123-127.
- [5] Guttormsen G, Moe R. Effect of plant age and temperature on bolting in Chinese cabbage[J]. Scientia Horticulturae, 1985, 25(3): 217-224.
- [6] Guttormsen G, Moe R. Effect of day and night temperature at different stages of growth on bolting in Chinese cabbage[J]. Scientia Horticulturae, 1985, 25(3): 225-233.
- [7] 于锡宏, 蒋欣梅. 不同温度对青花菜花芽分化的影响[J]. 植物生理学通讯, 2007, 42(1): 89-92.
- [8] 侯金星. 春化条件对大白菜花芽分化的影响[D]. 山东农业大学硕士学位论文, 2004.
- [9] 张德双, 徐小谢, 徐家炳. 春化天数对大白菜、小白菜现薹和开花的影响[J]. 华北农学报, 2003, 18(1): 75-78.
- [10] 王世强, 刘友福. 结球甘蓝对环境条件的要求[J]. 瓜类栽培, 2006(9): 11-12.
- [11] 张凤兰, 徐家炳. 苗期遮光对易抽薹型大白菜抽薹开花的影响[J]. 中国蔬菜, 1996(3): 22-25.
- [12] Moe R, Guttormsen G. Effect of photoperiod and temperature on bolting

in Chinese cabbage[J]. Scientia Horticulturae, 1985: 49-54.

- [13] 黄凯美, 骆银儿, 龚利强. 品种和播期对越冬甘蓝先期抽薹和产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(11): 2375, 23-99.
- [14] 李成琼, 温登华. 春甘蓝品种播期对先期抽薹及产量影响[J]. 长江蔬菜, 1990(1): 40-41.
- [15] 余阳俊, 赵岫云, 徐家炳. 等. 大白菜低温生长性鉴定初步研究[J]. 华北农学报, 2001, 16(4): 140-141.
- [16] 王超, 张韬, 范金霞. 春甘蓝抽薹特性的研究III[J]. 东北农业大学学报, 35(1): 17-20.
- [17] 余阳俊, 赵岫云, 徐家炳. 等. 大白菜室内苗期耐抽薹鉴定方法[J]. 中国蔬菜, 2002(1): 29-30.
- [18] Mero C E, Honma S. A method for evaluating bolting—resistance in Brassica species[J]. Scientia Horticulturae Volume 24 Issue 1, October 1984: 13-19.
- [19] 程斐, 张蜀宁, 孙朝晖. 等. 春大白菜品种选育的形态与生理指标[J]. 园艺学报, 1999, 26(2): 120-122.
- [20] 惠斐侠. 大白菜耐抽薹性及其鉴定方法的研究[D]. 西北农林科技大学硕士学位论文, 2003.
- [21] 任江萍, 潘登魁, 尹钧. 小麦春化过程中蛋白质变化的研究[J]. 山西农业大学学报, 1999(4): 6-9.
- [22] 邓俭英. 萝卜花芽分化形态发育及其生理生化的研究[D]. 浙江大学硕士学位论文, 2003.
- [23] 孙乃波, 张志宏. 草莓花芽分化过程中叶片碳水化合物和蛋白质含量的变化[J]. 安徽农业科学, 2006, 34: 2328-2329.
- [24] 张韬. 春甘蓝抽薹性状遗传及相关研究[D]. 东北农业大学硕士学位论文, 2002.
- [25] Mero C E, Honma S. Inheritance of bolt resistance in an interspecific cross of Brassica species. I. Brassica napus L. × B. campestris L. ssp. pekinensis[J]. Heredity, 1984, 75: 407-410.
- [26] Mero C E, Honma S. Inheritance of bolting resistance in an intraspecific Chinese cabbage × turnip cross[J]. Hort science, 1985, 20(5): 881-882.
- [27] 程斐等. 大白菜抽薹性状的遗传规律研究[J]. 南京农业大学学报, 1999, 22(1): 26-28.
- [28] 武峻新. 蔬菜耐未熟抽薹性的研究及利用[J]. 北方园艺, 2005(6): 4-6.
- [29] 李庆典, 程斐. 大白菜抽薹特性的研究进展[J]. 莱阳农学院学报, 1997, 14(4): 265-268.

## The Progress of Study on the Bolting Tolerance in Spring Cabbage

YANG Xiao-ming, LI Cheng-qiong, SONG Hong-yuan

(College of Horticulture and Landscape, Southwest University, Chongqing 400715, China)

**Abstract:** Advance in the cabbage vernalization, bolting character, the identifications of resistance to bolting and breeding actuality of bolting tolerance were reviewed in this paper. The prospect of breeding of spring cabbage to bolting tolerance was discussed well.

**Key words:** Cabbage; Spring cabbage; Vernalization; Bolting tolerance