

甘蓝叶球不同叶片叶绿素和类胡萝卜素含量变化研究

马 超, 张恩慧*, 桑玉芳, 许忠民

(西北农林科技大学园艺学院, 陕西杨凌 712100)

摘 要: 对 3 个甘蓝品种叶球不同叶位叶片的叶绿素、类胡萝卜素的含量变化研究表明, 甘蓝叶球不同叶片叶绿素含量和类胡萝卜素含量变化趋势基本相似, 由外向内其含量变化可分为 3 个区段: 色素含量速减区、色素含量缓减区和色素含量近零区; 叶绿素 a、b 及类胡萝卜素含量与叶绿素含量之间均呈现极显著的正相关, $r \geq 0.989$, 其中叶绿素 a 对叶绿素含量的贡献最大; 品种之间, 叶球叶绿素总含量秦甘 80 表现最高, 秦甘 70 次之, 秦甘 60 最低, 表明甘蓝品种间叶球叶绿素含量存在一定差异。

关键词: 甘蓝; 叶球; 叶绿素; 类胡萝卜素

中图分类号: S635.1

文献标识码: A

文章编号: 1004-1389(2007)01-0035-04

Changes of Chlorophyll and Carotenoid Content in Different Leaves of Cabbage

MA Chao, ZHANG En-hui*, SANG Yu-fang and XU Zhong-ming

(College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling Shaanxi 712100, China)

Abstract: Chlorophyll and carotenoid content of three cabbage varieties in different leaves was studied in the experiment. The results showed that chlorophyll and carotenoid content in different cabbage leaves varied similarly, which consisted of fast reducing section, slowly reducing section and near zero section from outer leaves to inner leaves; There was striking correlation between Chl. a, Chl. b, car and Chl. a+b, $r \geq 0.989$, among which Chl. a has the most obvious relationship with Chl. a+b; Among three varieties, the total chlorophyll content of Qingan 80 was the highest, and the second was Qingan 70 while Qingan 60 was the lowest. It showed that difference lied in total chlorophyll content of different varieties.

Key words: Cabbage; Leaf; Chlorophyll; Carotenoid

甘蓝(*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) 是重要的蔬菜种类之一, 在其营养生长阶段主要由外叶和叶球组成, 叶球是主要的食用器官。甘蓝除外叶大量制造养分外, 叶球也是进行光合作用的组成部分, 同时也是光合产物积累的主要场所^[1]。光合作用是植物叶绿体利用二氧化碳和水把光能转变成化学能的过程, 因而植物叶片叶绿素含量的多少与产量形成有着极其密切的关系^[2,3]。甘蓝叶片中叶绿素含量同样也决定着甘蓝

产量潜力, 同时甘蓝叶球叶片的绿色程度直接影响着甘蓝叶球的食用品质, 也成为甘蓝鲜食和脱水加工品种的育种目标。类胡萝卜素吸收、传递光能到中心色素分子, 保护叶绿素不被光氧化破坏^[4]。因此, 研究甘蓝叶球不同叶位叶片叶绿素和类胡萝卜素含量的变化, 对于筛选甘蓝育种资源和选育高产、高光效、适于鲜食和脱水加工蔬菜品种选育具有一定的参考价值。

收稿日期: 2006-06-08 修回日期: 2006-06-28

基金项目: 国家农业科技成果转化资金项目(05EFN2171036); 陕西省科技攻关项目(2005K01-G8-02)。

作者简介: 马 超(1981—), 男, 硕士研究生, 研究方向为蔬菜种质资源与育种。E-mail: machao2000@mail.china.com

* 通讯作者: 张恩慧。E-mail: Qingan60@126.com, Tel: 13992812380

1 材料和方法

1.1 供试材料

本试验选用由西北农林科技大学园艺学院选育并已成为西北地区主栽甘蓝品种的秦甘 80、秦甘 70 和秦甘 60 为试材。秦甘 80 叶球黄绿色,叶球重 2.0~2.5 kg;生育期 80 d 左右;秦甘 70 叶球绿色,叶球重 1.8~2.0 kg,生育期 70 d 左右;秦甘 60 叶球深绿色,叶球重 1.2~1.4 kg,生育期 60 d 左右。

1.2 试验方法

采用冷床育苗,春季露地栽培。2005 年 3 月 15 日从苗床挖起 6~7 片真叶的甘蓝苗,定植于西北农林科技大学园艺学院农场试验田,栽培田地势平坦,肥力中等,井水灌溉,常规栽培管理。小区面积 13.5 m²,株距 0.5 m,行距 0.6 m,密度 3 300 株/hm²,采用随机区组设计,3 次重复。在甘蓝叶球成熟期分别在各小区中随机取样 3 株,将甘蓝叶球带回实验室由外而内依次取球叶叶片进行叶绿素及类胡萝卜素含量测定,测定方法采用 Lichtenthaler 等^[5]的 80% 丙酮法。

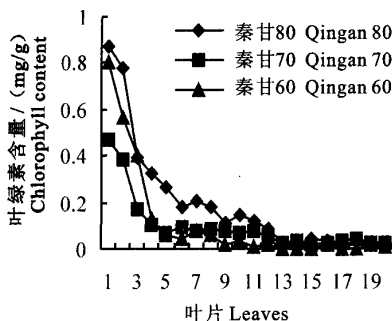


图 1 甘蓝品种间叶球叶片叶绿素总量变化

Fig. 1 Changes of total chlorophyll content of leaves in different varieties of cabbage

2 结果与分析

2.1 叶绿素总量的变化规律

由图 1 可以看出,3 个甘蓝品种球叶叶片的叶绿素含量动态变化趋势基本一致,都呈现出从叶球外叶到内叶叶绿素含量不断减小的趋势,而且从叶球第 1 叶到第 4 叶,叶绿素总量随叶层变化迅速减少;随后从叶球第 5 叶到第 13 叶,下降趋势趋缓;叶球第 14 叶片以后,叶绿素含量接近零。叶绿素含量甘蓝品种间也存在差异,所测定万方数据

的秦甘 80、秦甘 70、秦甘 60 叶球 20 片叶的叶绿素含量总和分别为 3.87 mg/g、2.27 mg/g、1.95 mg/g,统计分析均达到显著差异 ($P < 0.05$)。

2.2 类胡萝卜素的变化规律

由图 2 可以看出,3 个甘蓝品种叶球叶片的类胡萝卜素含量的变化趋势基本一致,均呈现出从叶球外叶到内叶类胡萝卜素含量不断减小的趋势,叶球第 1 叶到第 4 叶,类胡萝卜素含量迅速减少;第 5 叶到第 15 叶,减少趋势趋缓,甚至有不同程度起伏;第 16 层叶片以后,类胡萝卜素含量趋于零。类胡萝卜素含量品种间也存在差异,秦甘 80、秦甘 70、秦甘 60 叶球 20 片叶的类胡萝卜素含量总和分别为: 0.739 mg/g、0.525 mg/g、0.812 mg/g,统计分析均达到显著差异 ($P < 0.05$)。

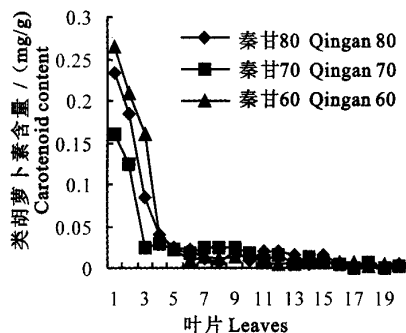


图 2 甘蓝品种间叶球叶片类胡萝卜素含量变化

Fig. 2 Changes of carotenoid content of leaves in different varieties of cabbage

2.3 光合色素各组分的变化

叶绿素总量的变化是由叶绿素 a 和叶绿素 b 含量的共同变化引起。由图 3 可见,甘蓝 3 个品种叶球的叶绿素 a、b 含量与叶绿素总量变化具有同步性,表现出相似的变化规律。无论是叶绿素 a、b 含量和叶绿素总量,还是类胡萝卜素含量,从叶球第 1 层叶到第 4 层叶的各色素含量曲线都是迅速下降,叶片色素含量变化最为明显,随后变化较为平缓,到 14 片叶后,各色素含量接近于零。

从叶球叶片色素含量分析(表 1),3 个甘蓝品种叶球主要叶片的叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量及类胡萝卜素的相互占有量为,第 4 叶占第 1 叶各色素比值分别为 19.1%、38.1%、25.0%和 16.4%,第 14 叶占第 5 叶各色素比值分别为 19.6%、16.9%、17.8%和 32.4%。表明从叶球第 1 叶到第 4 叶,类胡萝卜素含量随叶变化减少

比叶绿素减少快,叶绿素 a 比叶绿素 b 含量随叶变化减少较快;从叶球第 5 叶到第 14 叶,叶绿素 b 含量减少较叶绿素 a 含量减少快,类胡萝卜素含量在此区间变化较缓。从甘蓝品种变化分析,

第 1~4 叶中秦甘 60 各色素减少量趋势最大,秦甘 70 次之,秦甘 80 最慢,第 5 叶后品种间色素减少均较慢,表明甘蓝品种之间的球叶色素含量差异主要表现在前 4 片叶中。

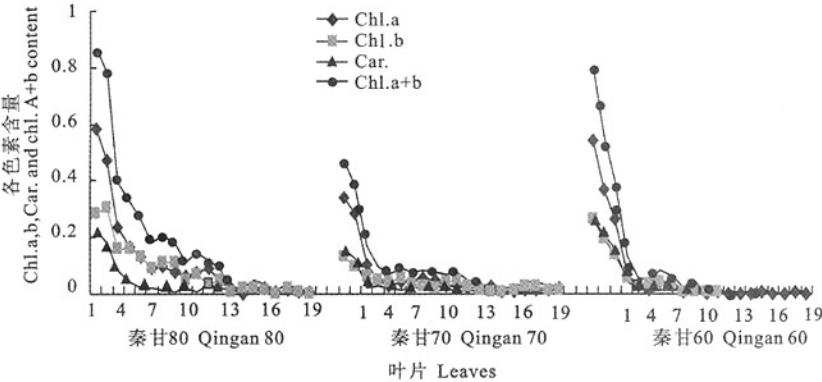


图 3 甘蓝品种间叶球叶片叶绿素 a、b 含量、类胡萝卜素和叶绿素总量变化

Fig. 3 Changes of Chl. a, Chl. b, carotenoid and Chl. a+b content of leaves in different varieties of cabbage

表 1 甘蓝叶球叶片各色素主要叶层相互含量占有百分比 / %

Table 1 The ratio of Chl. a, Chl. b, Car. and Chl. a+b in chief leaves of cabbage

品种 Variety	叶绿素 a Chl. a		叶绿素 b Chl. b		叶绿素总量 Chl. a+b		类胡萝卜素 Car.	
	第 4/第 1 4th /1th	第 14/第 5 14th /5th	第 4/第 1 4th /1th	第 14/第 5 14th /5th	第 4/第 1 4th /1th	第 14/第 5 14th /5th	第 4/第 1 4th /1th	第 14/第 5 14th /5th
秦甘 80 Qingan80	28.9	13.3	55.6	9.09	37.6	11.2	16.9	31.5
秦甘 70 Qingan70	15.0	35.5	36.6	21.7	21.1	27.7	17.5	36.0
秦甘 60 Qingan60	13.3	10.1	22.2	20.0	16.2	14.5	14.8	29.6
平均 Average	19.1	19.6	38.1	16.9	25.0	17.8	16.4	32.4

表 2 甘蓝叶球叶绿素 a、b、类胡萝卜素
与叶绿素含量相关分析

Table 2 Analysis of correlation between
Chl. a, Chl. b, Car. and Chl. a+b

品种 Variety	叶绿素 a Chl. a	叶绿素 b Chl. b	类胡萝卜素 Car.
秦甘 80 Qingan80	0.993 **	0.979 **	0.956 **
秦甘 70 Qingan70	0.994 **	0.954 **	0.976 **
秦甘 60 Qingan60	0.999 **	0.996 **	0.993 **
总体相关性 Total correlation	0.997 **	0.990 **	0.989 **

$n=20, R_{0.05}=0.444, R_{0.01}=0.561$

2.4 3 种色素与叶绿素含量相关性
及叶绿素 a/b 变化的动态分析

由表 2 可知,甘蓝叶球叶片中的叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素与叶绿素含量的相关系数均达到极显著水平,叶绿素 a 与叶绿素含量的相关系数最大($r_{\text{平均}}=0.997$),说明叶绿素 a 对叶绿素含量的贡献率最大。在甘蓝品种 3 种色素与叶绿素含量的相关系数中,秦甘 60 相对表现最大,分别为 0.999、0.996 和 0.993,秦甘 80、秦甘 70 之

间差异不大。

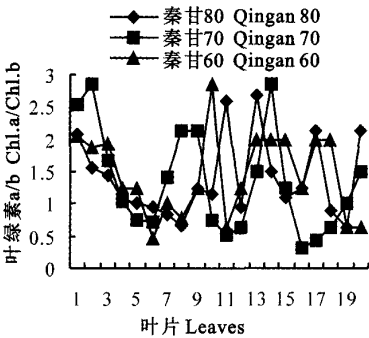


图 4 甘蓝品种间叶球叶片 a/b 的变化

Fig. 4 Changes of Chl. a/Chl. b of leaves in
different varieties of cabbage

图 4 表明,叶绿素 a/b 值并不随叶绿素含量的变化而变化,而是表现出自己的变化规律。从整个变化过程来看,3 个品种之间表现出高低交替的变化规律,从叶球第 1 叶到第 6 叶,叶绿素 a/b 值表现为随叶层变化逐渐减少的变化规律,随后表现为无规律性的起伏;而且 3 个品种的叶

绿素 a/b 值集中在 0.5~3 之间。

3 讨论

3.1 甘蓝叶球不同叶片叶绿素含量和类胡萝卜素含量变化都呈现从外到内不断减小趋势,球叶由外向内色素含量和变化可分为 3 个区段,1~4 层依各叶片含量变化可分为色素迅速减少区(第 4 层叶含量占第 1 层叶含量为 25.0%和 16.4%),依色素总量可分为高含量区;5~14 层依各叶片含量变化可分为色素缓慢减少区(第 14 层叶含量占第 5 层叶含量为 17.8%和 32.4%),依色素总量可分为低含量区;15 层以后为色素近乎零含量区。类胡萝卜素含量变化略有不同,随叶层变化较叶绿素变化的缓慢减少区段叶层数多 2 片,这是因为植物体内的叶绿素始终处在更新中,正常情况下合成大于分解,因而表现绿色^[6,7],而甘蓝叶球的发育过程中,随着不断包叶,叶层愈内接受的光愈少,因此叶绿素含量愈少,而不易破坏的类胡萝卜素相对减少较缓慢。

3.2 甘蓝叶球色素高含量区段的叶片由外而内,叶绿素 a 较叶绿素 b 减少较快,这说明光对叶绿素 b 较叶绿素 a 的影响较小。这与黄顶、刘贞琦等^[8,9]的研究结果一致。甘蓝叶球的叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素与叶绿素含量都具有显著相关性,这在甘蓝育种的资源筛选中可利用单一色素测定值反映叶绿素的含量结果。

3.3 甘蓝叶绿素含量高的品种具有很大的光合潜力,秦甘 80 叶球最大其球叶片总叶绿素含量最高为 3.87 mg/g,秦甘 70 叶球大小和总叶绿素含量居中为 2.27 mg/g,秦甘 60 叶球最小其球叶片

总叶绿素含量最低为 1.95 mg/g;而秦甘 80 叶球黄绿色、秦甘 70 叶球绿色、秦甘 60 叶球深绿色,这说明甘蓝表现叶球绿色深度与叶绿素含量恰好相反,因而在甘蓝育种资源筛选时不能仅以叶球颜色来评价各叶层叶绿素含量的高低。

参考文献:

- [1] Kruk J. Occurrence of chlorophyll precursors in leaves of cabbage heads-the case of natural etiolation[J]. Photochem Photobiol B. 2005,80(3):187~194.
- [2] 李惠芬,钱芝龙.羽衣甘蓝创新种质形态学特征研究[J].北方园艺,2005,(3):56~58.
- [3] 范淑秀,陈温福.超高产水稻品种叶绿素变化规律研究初报[J].沈阳农业大学学报,2005,36(1):14~17.
- [4] Zhang Qiu-ying, Li Fa-dong. chlorophyll a fluorescence parameters of flag leaf of the wheat and seed grouting under different water treatments [J]. Acta Agriculture Boreall-Sinica, 2003, 18(1):26~28.
- [5] 高俊凤主编.植物生理研究技术[M].西安:世界图书出版社,2000.101~103.
- [6] 张继渊主编.植物生理学[M].西安:世界图书出版公司,1999.110~111.
- [7] Chan Fen-jian, Li Hu-xiu. Application of chlorophyll II fluorescence Dynamics to plant physiology in adverse circumstance[J]. Economic Forest Researches, 2002, 20(4):14~18.
- [8] 黄顶,张英俊.白三叶、多年生黑麦草和野茅光合生理生态特性研究[J].中国农业大学学报,2006,11(2):44~48.
- [9] 刘贞琦,刘振业.水稻叶绿素含量及其与光合速率关系的研究[J].作物学报,1984,10(1):57~61.
- [10] WU Neng-biao. Effects of SA on Physiological Indexes of Brassica oleracea L.[J]. Journal of Southwest China Normal University (Natural Science), 2003, (4):275~278.

甘蓝叶球不同叶片叶绿素和类胡萝卜素含量变化研究

作者: [马超](#), [张恩慧](#), [桑玉芳](#), [许忠民](#), [MA Chao](#), [ZHANG En-hui](#), [SANG Yu-fang](#), [XU Zhong-ming](#)
作者单位: [西北农林科技大学园艺学院, 陕西杨凌, 712100](#)
刊名: [西北农业学报](#) [ISTIC](#) [PKU](#)
英文刊名: [ACTA AGRICULTURAE BOREALI-OccIDENTALIS SINICA](#)
年, 卷(期): 2007, 16(1)
被引用次数: 2次

参考文献(10条)

1. [Kruk J](#) [Occurrence of chlorophyll precursors in leaves of cabbage heads-the case of natural etiolation](#)[外文期刊] 2005(03)
2. [李惠芬](#); [钱芝龙](#) [羽衣甘蓝创新种质形态学特征研究](#)[期刊论文]-[北方园艺](#) 2005(03)
3. [范淑秀](#); [陈温福](#) [超高产水稻品种叶绿素变化规律研究初报](#)[期刊论文]-[沈阳农业大学学报](#) 2005(01)
4. [Zhang Qiu-ying](#); [Li Fa-dong](#) [chlorophyll a fluorescence parameters of flag leaf of the wheat and seed grouting under different water treatments](#)[期刊论文]-[Acta Agriculture Boreall Sinica](#) 2003(01)
5. [高俊凤](#) [植物生理研究技术](#) 2000
6. [张继澍](#) [植物生理学](#) 1999
7. [Chan Fen-jian](#); [Li Hu-xiu](#) [Application of chlorophyll fluorescence Dynamics to plant physiology in adverse circumstance](#) 2002(04)
8. [黄顶](#); [张英俊](#) [白三叶、多年生黑麦草和野茅光合生理生态特性研究](#)[期刊论文]-[中国农业大学学报](#) 2006(02)
9. [刘贞琦](#); [刘振业](#) [水稻叶绿素含量及其与光合速率关系的研究](#) 1984(01)
10. [WU Neng-biao](#) [Effects of SA on Physiological Indexes of Brassica oleracea L](#)[期刊论文]-[Journal of Southwest China Normal University \(Natural Science\)](#) 2003(04)

本文读者也读过(10条)

1. [高慧颖](#), [王琦](#), [陈源](#), [谢鸿根](#), [赖呈纯](#), [余亚白](#), [GAO Hui-ying](#), [WANG Qi](#), [CHEN Yuan](#), [XIE Hong-gen](#), [LAI Cheng-chun](#), [YU Ya-bai](#) [茂谷橘橙中类胡萝卜素含量的研究](#)[期刊论文]-[福建农业学报](#)2010, 25(2)
2. [彭昌亚](#), [李永飞](#), [任枫](#), [王正刚](#), [毛忠贵](#) [不同溶剂对绿茶中叶绿素的萃取效果](#)[期刊论文]-[安徽农业科学](#) 2006, 34(6)
3. [孟庆廷](#), [郭庆军](#), [孙玉红](#), [张海峰](#), [刘绪良](#), [MENG Qing-ting](#), [GUO Qing-jun](#), [SUN Yu-hong](#), [ZHANG Hai-feng](#), [LIU Xu-liang](#) [微波萃取甘蓝叶绿素工艺研究](#)[期刊论文]-[山东化工](#)2009, 38(2)
4. [牛艳山](#), [司马杨虎](#), [徐世清](#) [家蚕cbp基因的表达式与幼虫体内类胡萝卜素的水平相关](#)[期刊论文]-[安徽农业科学](#) 2009, 37(36)
5. [蒋跃林](#), [姚玉刚](#), [张庆国](#), [岳伟](#), [陈庭甫](#), [樊丽莉](#), [JIANG Yue-lin](#), [YAO Yu-gang](#), [ZHANG Qing-guo](#), [YUE Wei](#), [CHEN Tin-fu](#), [FAN Li-li](#) [大气二氧化碳浓度升高条件下大豆光合色素含量的变化](#)[期刊论文]-[作物研究](#)2006, 20(2)
6. [孟庆廷](#), [MENG Qing-ting](#) [甘蓝叶绿素锌钠盐的制备及性质研究](#)[期刊论文]-[食品科技](#)2008(10)
7. [冯立娟](#), [苑兆和](#), [尹燕雷](#), [招雪晴](#), [张承安](#), [FENG Li-juan](#), [YUAN Zhao-he](#), [YIN Yan-lei](#), [ZHAO Xue-qing](#), [ZHANG Cheng-an](#) [不同大丽花品种盛花期光合色素含量的变化](#)[期刊论文]-[山东农业科学](#)2010(5)
8. [韦凤杰](#) [烤烟叶片发育过程中类胡萝卜素代谢的初步研究](#)[会议论文]-2004
9. [马希元](#), [刘玉](#), [MA Xi-yuan](#), [LIU Yu](#) [关于叶绿素a测定萃取时间的探讨](#)[期刊论文]-[中国环境管理干部学院学报](#) 2007, 17(2)
10. [崔战利](#), [陈锡时](#) [采用均匀设计方法提高光合细菌菌体类胡萝卜素含量的研究](#)[期刊论文]-[常德师范学院学报](#)

引证文献 (2条)

1. [魏伟](#), [张克](#), [王树栋](#), [王文和](#), [杨凯](#), [赵祥云](#) [盐胁迫对4个百合品种生理特性的影响](#) [期刊论文] - [北京农学院学报](#) 2010 (2)
2. [孟庆廷](#), [郭庆军](#), [孙玉红](#), [张海峰](#), [刘绪良](#) [微波萃取甘蓝叶绿素工艺研究](#) [期刊论文] - [山东化工](#) 2009 (2)

引用本文格式: [马超](#), [张恩慧](#), [桑玉芳](#), [许忠民](#), [MA Chao](#), [ZHANG En-hui](#), [SANG Yu-fang](#), [XU Zhong-ming](#) [甘蓝叶球不同叶片叶绿素和类胡萝卜素含量变化研究](#) [期刊论文] - [西北农业学报](#) 2007 (1)