

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2016.05.001

甘蓝型油菜叶色黄化突变体 *Bn.el1* 研究^①

殷家明¹, 杨惠娟¹, 彭柳¹, 黄梦珠¹,
唐章林¹, 李加纳¹, 李超²

1. 西南大学农学与生物科技学院/重庆市油菜工程技术研究中心, 重庆 400716; 2. 贵州省油料研究所, 贵阳 550009

摘要: 对一个单倍体×二倍体来源的甘蓝型油菜叶色黄化突变体 *Bn.el1* 的光合色素质量浓度、农艺性状、叶色遗传和无机营养元素对叶色的影响进行了鉴定. 结果表明: 该叶色黄化突变体从苗期到蕾苔期表现新叶黄化, 为总叶绿素缺乏型黄化突变体, 其经济性状较野生型对照变差, 叶色黄化性状受 1 对隐性核基因控制, 叶色黄化性状的产生很可能与铁元素的吸收、转运或利用效率降低有关.

关键词: 甘蓝型油菜; 叶色黄化突变体; 叶绿素; 铁元素

中图分类号: S634.3

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2016)05-0001-06

叶色黄化突变是植物常见的叶色变异现象, 通常影响突变体的叶绿素质量浓度和光合效率, 造成作物减产, 严重时甚至导致植株死亡. 叶色突变体是研究光合作用机理、叶绿素生物合成、叶绿体结构功能和发育机制及基因结构与功能的优良材料, 叶色变异可作为标记性状用于作物良种繁育和杂种生产^[1]. 因此, 发掘和利用叶色突变体, 开展突变机理的研究具有重要的理论意义和应用价值. 目前, 已有对水稻^[2-4]、玉米^[5]、小麦^[6]等重要农作物叶色突变体的研究报道, 在油菜中也有一些叶色突变体的相关研究报道. 甘蓝型油菜叶色黄化突变体 Cr3529 是通过快中子照射和硫酸二乙酯(DES)复合诱变而得, 其幼苗期叶色淡黄, 到苗后期叶色基本恢复正常, 为叶绿素缺乏型突变体, 黄化性状受 1 对隐性核基因控制; 与对照相比, 其农艺性状变差, 但当基因杂合时, 对杂种植株的产量和抗性无明显的负面影响, 因此可作为标记性状用于油菜杂种优势利用^[7-9]. 目前有学者已从叶绿体超微结构、叶绿素合成前体及中间产物、光合系统蛋白组分和相关基因的序列分析和表达分析等方面对 Cr3529 的叶色黄化机制进行了研究^[9-13]. 董遵等^[14]通过氮离子处理得到 1 甘蓝型油菜失绿黄化而后复绿的突变体, 只在苗期出现黄化, 持续时间为 7~10 d. 潘跃平等^[15]发现 1 自发突变产生的甘蓝型油菜芽黄突变体, 其新叶为嫩黄色, 老叶片逐步转绿; 芽黄性状受 1 对隐性核基因控制. 肖华贵等^[16]对甘蓝型油菜自发叶色黄化突变体 NY 的光合特性及叶绿素荧光参数进行了分析. 突变体 NY 出苗后子叶及每片真叶均表现出黄化现象; 苗期叶片以前期最黄, 中后期呈黄绿色, 后期复绿至浅绿色; 突变体的苔茎叶、茎秆、花蕾、角果均出现不同程度的黄化现象. 芥菜型油菜自发黄化突变体 L638-y 为叶绿素缺乏型, 其子叶、幼嫩叶片、茎秆、花蕾等器官容易发生黄化, 黄化性状受 2 对隐性核基因控制^[17]. 吕明等^[18]对 L638-y 叶绿素合成中间产物和关键酶进行了分析, 发现 L638-y 叶片叶绿素缺乏的主要原因是叶绿素合成代谢受阻, 受阻位点在由 Coprophen III 到 Proto IX 的反应步骤.

尽管前人已有一些油菜叶色突变体的研究报道, 但所涉及的突变体数量不多, 也未见有基于营养元素分

① 收稿日期: 2014-06-18

基金项目: 国家现代农业产业技术体系资助项目(CARS-13); 重庆市良种创新工程资助项目(CSTC2012ggB80008); 贵州省国际科技合作计划资助项目(黔科合外 G 字[2012]7027 号).

作者简介: 殷家明(1970-), 男, 重庆长寿人, 副教授, 主要从事作物遗传育种研究.

通信作者: 李超, 副研究员.

析油菜叶色突变体叶色黄化原因的报道. 本试验通过小孢子培养, 获得了 1 个单倍体×二倍体来源的甘蓝型油菜叶色黄花突变体. 本文报道该突变体的光合色素质量浓度、农艺性状表现、叶色遗传和无机营养元素对叶色影响的鉴定结果, 为该突变体的进一步研究和应用提供理论依据, 为油菜叶色突变体研究提供参考.

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料包括湘油 15DH-1、中双 11DH-1 和 1 个甘蓝型油菜叶色黄化突变体 *Bn. el1*.

湘油 15DH-1 为常规甘蓝型油菜品种湘油 15 号的 1 个 DH 选系, 中双 11DH-1 为常规甘蓝型油菜品种中双 11 号的 1 个 DH 选系. 叶色黄化突变体 *Bn. el1* 为单倍体×二倍体来源的 DH 系, 即让小孢子培养得到的湘油 15DH-1 的单倍体与湘油 15DH-1 杂交, 取杂种花粉经小孢子培养得到突变体. 该突变体的染色体数目为 38, 与天然甘蓝型油菜一致, 其减数分裂正常, 性状表现稳定.

1.2 光合色素质量浓度测定和农艺性状考查

在油菜播种季节将湘油 15DH-1 和突变体 *Bn. el1* 播种育苗后移栽到试验地, 设 3 次重复, 每重复 2 行, 每行 10 株, 田间管理按照油菜常规管理. 在 2012 年, 取移栽成活的苗期植株最上部新展开叶片用丙酮浸提法^[19]采用国产 UV-751 型分光光度计测定叶片叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素的质量浓度, 每重复选取 3 株植株用于光合色素质量浓度测定. 2012 年和 2013 年, 成熟期每重复取 5 株植株按油菜常规方法考查株高、分枝高、一次有效分枝数、角果长度、全株角果数、千粒质量和单株粒质量等农艺性状.

1.3 遗传分析

将叶色黄化突变体 *Bn. el1* 与中双 11DH-1 正反杂交得到杂种 F₁, F₁ 套袋自交得到 F₂ 种子. F₂ 种子用 75% 酒精消毒后铺在垫有滤纸的培养皿中, 在约 20 °C 的培养室中萌发, 将子叶完全展开的幼苗定植到沙土中, 待苗三叶时期时观察叶色, 统计绿苗数和黄化苗数, 对分离比进行 χ^2 测验.

1.4 无机营养元素对叶色的影响

基本营养液为改良潘宁斯菲德营养液, 其微量元素配方与 MS 培养液相同, 大量元素和铁盐配方见表 1.

表 1 改良潘宁斯菲德营养液大量元素和铁盐配方

		mg · L ⁻¹
成	分	质量浓度
大量元素	MgSO ₄ · 7H ₂ O	114
	Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	523
	KNO ₃	215
	KH ₂ PO ₄	120
	NH ₄ NO ₃	135
	铁盐	FeSO ₄ · 7H ₂ O
	Na ₂ EDTA	37.3

除基本营养液外, 试验还设计了 7 种营养液处理, 即 6×大量元素营养液、6×KH₂PO₄ 营养液、6×NH₄NO₃ 营养液、6×MgSO₄ · 7H₂O 营养液、6×Ca(NO₃)₂ · 4H₂O 营养液、6×KNO₃ 营养液和 6×Fe 盐营养液. 每种营养液除变动外, 其余成分均与基本营养液相同.

将配制好的不同营养液分别倒入容积为 2 L 的不透光塑料桶中, 把黑色育苗盘和塑料袋裁剪成适当大小放置于塑料桶上, 再将三叶期湘油 15DH-1 和突变体 *Bn. el1* 幼苗放入孔中, 使根系全部浸入营养液中, 每隔 15 d 更换营养液. 2 个月后, 取最上部展开新叶用丙酮浸提法^[19]测定叶片叶绿素质量浓度. 试验在冬季玻璃温室内自然条件下进行, 设 3 次重复.

2 结果与分析

2.1 突变体 *Bn. el1* 的叶色表现

与野生型对照(图 1A 右、B 右)相比, 突变体叶色表现明显不同. 叶色黄化突变体 *Bn. el1* 播种出苗后, 子叶为浅绿色, 新长出来的真叶为黄化状态(图 1A, 左). 随着幼苗长大, 新叶黄化, 而新叶长大变成老叶后, 渐渐转为浅绿色(图 1B, 左). 突变体这种新叶黄化的表现可一直持续到蕾苔期.

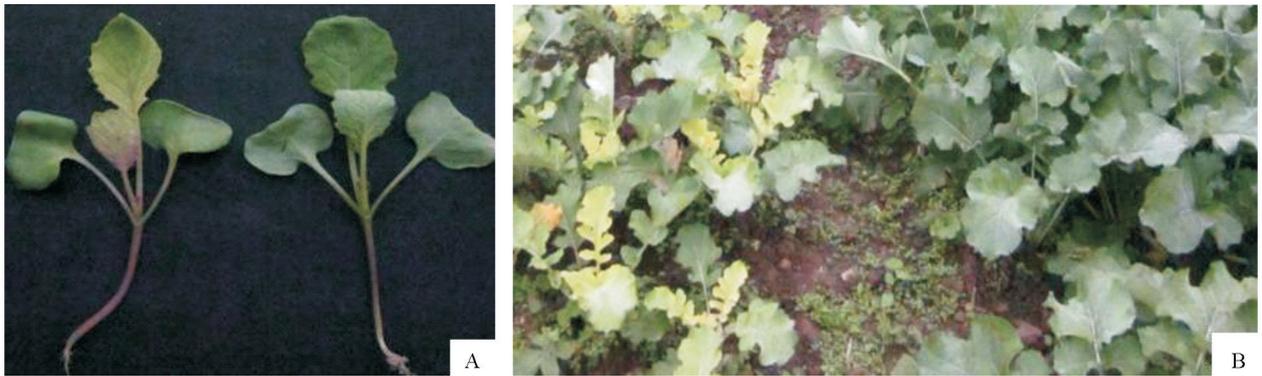


图 1 甘蓝型油菜叶色黄化突变体(A 左、B 左)与野生型(A 右、B 右)的叶色表现

2.2 光合色素质量浓度

从表 2 可以看出, 对于叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素和类胡萝卜素质量浓度, 叶色黄化突变体 *Bn. el1* 均显著低于野生型对照湘油 15DH-1, 分别为对照的 55.48%, 44.6%, 53.42% 和 66.51%。其叶绿素 a/叶绿素 b 比值显著高于对照, 说明叶色黄化突变体叶绿素 b 合成受阻更严重。其叶绿素/类胡萝卜素比值显著低于对照, 说明叶绿素较类胡萝卜素减少程度更大。叶片中光合色素质量浓度的比较结果表明, 叶色黄化突变体 *Bn. el1* 为总叶绿素缺乏型。

表 2 叶色黄化突变体 *Bn. el1* 和湘油 15DH-1 的光合色素质量浓度

mg · g⁻¹

材料	叶绿素 a	叶绿素 b	总叶绿素	类胡萝卜素	叶绿素 a/ 叶绿素 b	叶绿素/ 类胡萝卜素
湘油 15DH-1	8.11±0.21a	2.13±0.09a	10.22±0.32a	2.15±0.06a	3.83±0.08b	4.77±0.14a
<i>Bn. el1</i>	4.50±0.28b	0.95±0.07b	5.46±0.33b	1.43±0.06b	4.76±0.04a	3.81±0.13b

注: 同一列数据中字母不同者表示差异具有统计学意义 ($p < 0.05$)。

2.3 农艺性状表现

从主要农艺性状考查结果(表 3)可看出, 角果长度在 2 年的表现相同, 突变体和野生型对照之间差异不具有统计学意义。一次分枝数在 2 年的表现不同, 2012 年突变体与野生型之间差异具有统计学意义, 而 2013 年突变体和野生型之间差异不具有统计学意义。株高、分枝高、全株角果数、千粒质量和单株粒质量 5 个性状在 2 年的表现均相同, 突变体都显著低于野生型对照。总之, 与野生型对照湘油 15DH-1 相比, 叶色黄化突变体 *Bn. el1* 植株变矮, 经济性状变差。

表 3 2012 年和 2013 年叶色黄化突变体 *Bn. el1* 和湘油 15DH-1 的农艺性状表现

mg · g⁻¹

性状	2012 年		2013 年	
	湘油 15DH-1	<i>Bn. el1</i>	湘油 15DH-1	<i>Bn. el1</i>
株高/cm	217.93±1.59a	136.08±10.24b	212.28±4.05a	173.17±3.81b
分枝高/cm	89.35±5.84a	72.48±7.07b	87.89±5.54a	65.08±3.41b
一次分枝数	11.20±0.57a	6.00±1.37b	9.67±0.55a	10.83±0.75a
角果长度/cm	5.93±0.09a	5.57±0.32a	6.14±0.10a	6.59±0.39a
全株角果数	737.20±89.69a	160.50±85.14b	549.78±73.79a	257.00±30.03b
千粒质量/g	2.79±0.14a	2.05±0.14b	3.42±0.02a	2.47±0.02b
单株粒质量/g	31.59±3.55a	4.92±0.33b	32.11±4.42a	9.26±0.95b

注: 同一年同一行数据中字母不同者表示差异具有统计学意义。

2.4 突变体 *Bn. el1* 叶色黄化性状的遗传分析

将叶色黄化突变体 *Bn. el1* 与中双 11DH-1 交互杂交, 杂种 F₁ 植株叶色均与中双 11DH-1 相同, 为绿叶, 说明叶色黄化性状为隐性性状。对 F₂ 群体中绿苗和黄化苗的分离比按 3 : 1 和 13 : 3 的预期分离比进行 χ^2 测验, 结果表明(表 4), 正交和反交的实际分离比与 3 : 1 预期比例差异均不具有统计学意义。按照 13 : 3 的预期分离比, 只有以突变体 *Bn. el1* 为母本的杂交组合的实际分离比与该预期分离比差异

不具有统计学意义,说明在突变体的细胞质背景条件下,叶色很可能受 2 对具有抑制作用的核基因控制,黄化性状为显性,而这与前述黄化性状为隐性性状的结论相矛盾.因此,推测突变体 *Bn. el1* 的叶色黄化性状受 1 对隐性核基因控制.

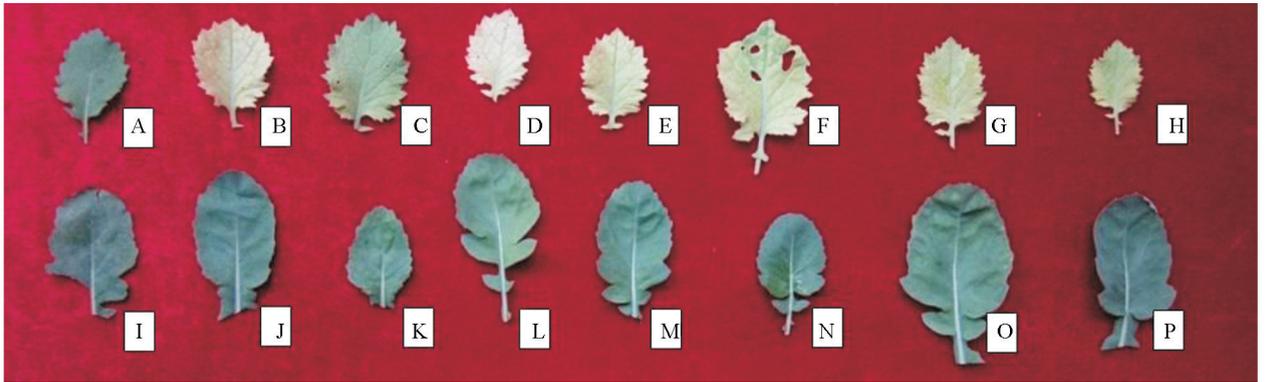
表 4 中双 11DH-1 与 *Bn. el1* 杂种 F₂ 绿苗与黄化苗分离比的 χ^2 测验

杂交组合	绿苗数	黄化苗数	预期分离比	χ^2	<i>p</i> 值
<i>Bn. el1</i> × 中双 11DH-1	303	79	3 : 1	3.57	0.05 ~ 0.10
			13 : 3	0.81	0.30 ~ 0.50
中双 11DH-1 × <i>Bn. el1</i>	301	112	3 : 1	0.88	0.30 ~ 0.50
			13 : 3	18.44	<0.01

注: χ^2 数据为矫正值.

2.5 无机营养元素对叶色的影响

营养液处理 2 个月后肉眼观察,突变体 *Bn. el1* 生长慢于野生型对照,其叶色在不同营养液处理间表现出一定差异,6 × Fe 盐、6 × 大量元素和 6 × NH₄NO₃ 营养液处理的叶色较深,其中以 6 × Fe 盐营养液处理的叶色最深(图 2, A~H). 而野生型对照湘油 15DH-1 在不同营养液处理下肉眼观察叶色表现差异不明显(图 2, I~P).



A~H 以及 I~P 分别为 6 × Fe 盐、基本营养液、6 × 大量元素、6 × MgSO₄ · 7H₂O、6 × Ca(NO₃)₂ · 4H₂O、6 × KNO₃、6 × KH₂PO₄ 和 6 × NH₄NO₃ 营养液处理.

图 2 不同营养液处理下突变体 *Bn. el1* (A~H) 和湘油 15DH-1 (I~P) 的叶色表现

在基本营养液处理下,叶色黄化突变体 *Bn. el1* 叶色仍表现出黄化状态(图 2B),野生型对照湘油 15DH-1 叶色为绿色(图 2J),而且基本营养液中各组分的质量浓度最低,因此将其他营养液处理的叶绿素质量浓度与基本营养液处理的叶绿素质量浓度进行比较分析.

对于湘油 15DH-1,与基本营养液处理相比,6 × MgSO₄ · 7H₂O 和 6 × KNO₃ 营养液处理的叶绿素质量浓度显著降低,这可能是 MgSO₄ 和 KNO₃ 浓度过高引起了不利效应;6 × Fe 盐、6 × KH₂PO₄ 和 6 × Ca(NO₃)₂ · 4H₂O 营养液处理的叶绿素质量浓度差异不具有统计学意义;6 × 大量元素和 6 × NH₄NO₃ 营养液处理的叶绿素质量浓度显著增加(表 5).

表 5 不同营养液处理下叶色黄化突变体 *Bn. el1* 和湘油 15DH-1 的叶绿素质量浓度 mg · g⁻¹

营养液	突变体 <i>Bn. el1</i>	湘油 15DH-1	营养液	突变体 <i>Bn. el1</i>	湘油 15DH-1
6 × Fe 盐	1.30 ± 0.03a	1.55 ± 0.17bcd	6 × Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	0.33 ± 0.14c	1.92 ± 0.24ab
6 × 大量元素	1.10 ± 0.27ab	2.29 ± 0.12a	6 × MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.47 ± 0.31c	1.26 ± 0.12d
6 × NH ₄ NO ₃	1.00 ± 0.21ab	2.37 ± 0.49a	6 × KNO ₃	0.53 ± 0.37c	1.29 ± 0.17cd
6 × KH ₂ PO ₄	0.72 ± 0.14bc	1.75 ± 0.24bc	基本营养液	0.51 ± 0.19c	1.81 ± 0.29b

注:同一列数据中有相同字母者表示差异不具有统计学意义.

对于突变体 *Bn. el1*,与基本营养液处理相比,6 × MgSO₄ · 7H₂O,6 × Ca(NO₃)₂ · 4H₂O,6 × KNO₃ 和 6 × KH₂PO₄ 营养液处理的叶绿素质量浓度差异不具有统计学意义(表 5),这与肉眼观察到的叶色表现一致,叶色黄化程度仍较高(图 2D、E、F 和 G).6 × Fe 盐、6 × 大量元素和 6 × NH₄NO₃ 营养液处理与基本

营养液处理相比,叶绿素质量浓度增加,并且差异具有统计学意义(表5),这与肉眼观察到这3种处理下叶色变深的表现一致(图2A、C和H).其中,6×Fe盐营养液处理的叶绿素质量浓度最高,叶色表现最深(图2A).在所有8种处理中,突变体的叶绿素平均质量浓度均低于相应处理的湘油15DH-1的叶绿素平均质量浓度(表5),除6×Fe盐营养液处理外,差异具有统计学意义;而6×Fe盐营养液处理的突变体其叶绿素平均质量浓度虽低于6×Fe盐营养液处理的湘油15DH-1的叶绿素平均质量浓度,但差异不具有统计学意义.因此,突变体 *Bn. el1* 表现叶色黄化很可能与铁元素的吸收、转运或利用效率降低有关.而6×大量元素和6×NH₄NO₃营养液处理的突变体其叶绿素质量浓度增加、叶色也有所变深,这可能与营养液中NH₄⁺浓度的增加促进了铁元素的吸收有关^[20].

3 讨论

甘蓝型油菜叶色黄化突变体 *Bn. el1* 是对甘蓝型油菜单倍体($n=AC=19$)×二倍体($2n=AACC=38$)杂种进行小孢子培养获得的DH系.该突变体叶色黄化性状的产生可能源于培养过程中的自发基因突变,也可能源于单倍体形成配子过程中A和C染色体组间同源异源交换重组引起的基因结构变异^[21].本研究表明,该突变体叶色黄化性状符合1对隐性核基因控制的遗传方式,这与已报道的甘蓝型油菜叶色突变体叶色黄化性状的遗传行为相同^[7-8, 15].本文报道的甘蓝型油菜叶色黄化突变体 *Bn. el1* 从幼苗即表现真叶黄化、从苗期到蕾苔期新叶黄化而成熟叶变为浅绿色,这种性状表现特点与潘跃平等^[15]报道的芽黄突变体类似.

甘蓝型油菜叶色突变体的黄化性状表现早,在幼苗期即可表现并易于识别.因此,叶色黄化可作为标记性状用于细胞核雄性不育两用系和细胞质雄性不育系/保持系的培育和生杂交种,便于保证不育系的纯度、简单快速鉴定杂种率和杂交品种推广中及时去除非杂种^[8].本文报道的油菜叶色黄化突变体 *Bn. el1* 叶色黄化性状表现早,持续时间较长,遗传方式简单,受1对隐性核基因控制,因此是油菜杂种优势利用中理想的标记性状供体材料.然而,该突变体本身经济性状差,单株籽粒产量较低,在利用上必须进行改良,提升其经济性状.目前正在开展这方面的工作并取得一定进展.

前人多从光合色素质量浓度测定、叶绿体超微结构观察、光合特性及叶绿素荧光参数分析、叶绿素合成前体和中间产物分析、光合系统蛋白组分分析、光合系统相关基因的序列和表达分析等方面对油菜叶色突变体叶色黄化机理进行研究^[9-14, 16-18].目前,还未见有基于营养元素分析油菜叶色突变体叶色黄化原因的报道.有研究表明,铁与叶绿素之间存在着密切关系,为叶绿素合成必需品.比如,在粪卟啉原合成酶的催化反应中需要铁,在Mg-原卟啉IX单甲酯转变成原叶绿酸酯的过程中需要铁的参与^[22].本试验采用无土营养液培养的方法,探索甘蓝型油菜叶色黄化突变体 *Bn. el1* 叶色黄化与营养元素的关系,结果表明突变体叶色黄化很可能与铁元素的吸收、转运或利用效率降低有关.关于铁在叶色黄化性状产生的具体作用和机理需要进一步深入研究.

参考文献:

- [1] 何冰,刘玲珑,张文伟,等.植物叶色突变体[J].植物生理学通讯,2006,42(1):1-9.
- [2] 吕典华,宗学风,王三根,等.两个水稻叶色突变体的光合特性研究[J].作物学报,2009,35(12):2304-2308.
- [3] 张力科,高用明.水稻叶色突变体及其基因定位和克隆的研究进展[J].作物杂志,2009(2):12-16.
- [4] SANG Xian-chun, FANG Li-kui, VANICHPAKORN Y, et al. Physiological Character and Molecular Mapping of Leaf-Color Mutant *wyv 1* in Rice (*Oryza sativa* L.) [J]. *Genes & Genomics*, 2010, 32(2): 123-128.
- [5] LONOSKY P M, ZHANG Xiao-si, HONAVAR V G, et al. A Proteomic Analysis of Maize Chloroplast Biogenesis [J]. *Plant Physiology*, 2004, 134(2): 560-574.
- [6] 杨莉,郭嵩光,关旭.小麦突变体返白系返白阶段叶绿体超微结构变化研究[J].西北农业学报,2003,12(4):64-67.
- [7] 潘涛,王茂林,赵云.甘蓝型油菜幼苗黄化突变体的诱变及其遗传研究[J].中国油料,1992(3):53-55.
- [8] ZHAO Y, WANG M L, ZHANG Y Z, et al. A Chlorophyll-Reduced Seedling Mutant in Oilseed Rape, *Brassica napus*, for Utilization in F₁ Hybrid Production [J]. *Plant Breeding*, 2000, 119(2): 131-135.
- [9] 孙捷音,张年辉,杜林方.油菜叶绿素b减少突变体Cr3529叶绿素生物合成的研究[J].西北植物学报,2007,27(10):1962-1966.

- [10] 杨胜洪, 杜林方, 赵 云, 等. 抽薹期叶绿素缺乏油菜突变体类囊体膜的研究 [J]. 云南植物研究, 2001, 23(1): 97-104.
- [11] 赵 云, 王茂林, 李 江, 等. 幼叶黄化油菜(*Brassica napus* L.)突变体 Cr3529 叶绿体超微结构观察 [J]. 四川大学学报(自然科学版), 2003, 40(5): 974-977.
- [12] 胡远辉, 王茂林, 张年辉, 等. 幼叶黄化油菜突变体 Cr3529 中 Toc33 cDNA 的克隆和序列分析 [J]. 中国农业科学, 2004, 37(8): 1198-1202.
- [13] 张年辉, 杜林方, 赵 云, 等. 叶绿素缺乏油菜突变体的 LHC II 多肽组成、蛋白含量与 cab 基因转录研究 [J]. 西北植物学报, 2004, 24(3): 484-487.
- [14] 董 遵, 刘敬阳, 马红梅, 等. 甘蓝型油菜黄化(苗)突变体的叶绿素含量及超微结构 [J]. 中国油料作物学报, 2000, 22(3): 27-29, 34.
- [15] 潘跃平, 金永庆, 戴忠良, 等. 甘蓝型油菜芽黄突变体特异种质的发现及遗传分析 [J]. 江苏农业学报, 2009, 25(5): 1183-1184.
- [16] 肖华贵, 杨焕文, 饶 勇, 等. 甘蓝型油菜黄化突变体的光合特性及叶绿素荧光参数分析 [J]. 作物学报, 2013, 39(3): 520-529.
- [17] 李 玮, 于澄宇, 胡胜武. 芥菜型油菜叶片黄化突变体的初步研究 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2007, 35(9): 79-82.
- [18] 吕 明, 刘海衡, 毛虎德, 等. 芥菜型油菜黄化突变体叶片叶绿素合成代谢变化 [J]. 西北植物学报, 2010, 30(11): 2177-2183.
- [19] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [20] 武小钢, 赵 姣, 杨秀云. 不同氮浓度和形态对高羊茅叶片活性铁及叶绿素合成的影响 [J]. 中国农学通报, 2008, 24(2): 285-288.
- [21] NICOLAS S D, LE MIGNON G, EBER F, et al. Homeologous Recombination Plays a Major Role in Chromosome Rearrangements That Occur During Meiosis of *Brassica napus* Haploids [J]. Genetics, 2007, 175(2): 487-503.
- [22] TERRY N, ABADIA J. Function of Iron in Chloroplasts [J]. Journal of Plant Nutrition, 1986, 9(3/7): 609-646.

Preliminary Research on the Etiolation Leaf-color Mutant *Bn. el1* in *Brassica Napus*

YIN Jia-ming¹, YANG Hui-juan¹, PENG Liu¹,
HUANG Meng-zhu¹, TANG Zhang-lin¹, LI Jia-na¹, LI Chao²

1. School of Agronomy and Biotechnology, Southwest University/Chongqing Rapeseed Engineering
and Technology Research Center, Chongqing 400716, China;

2. Institute of Oil Crops of Guizhou Province, Guiyang 550009, China

Abstract: Characterization test of an etiolation leaf-color mutant *Bn. el1* derived from the way of haploid×diploid in *Brassica napus* were done in content of the photosynthetic pigments, agronomic performance, leaf-color heredity and affection of the inorganic nutrition element on leaf color. The etiolation leaf-color mutant showed etiolation characteristic in newly developed leaves from seedling stage to bolting stage. It belonged to a total-chlorophyll deficiency mutant. Compared with the wild type, the economic traits of the mutant became inferior. The etiolation character of the mutant was controlled by a pair of recessive nuclear genes. The formation of the etiolation leaf-color was most probably attributed to the depressed efficiency of the absorption, transportation or utilization of the iron element.

Key words: oilseed rape(*Brassica napus*); etiolation leaf-color mutant; chlorophyll; iron

