

甘蓝型油菜种胚叶绿素含量的 QTL 定位

黄杰恒¹, 徐新福¹, 曲存民¹, 闫星颖¹, 付福友^{1,2}, 谌利¹, 李加纳¹

(¹西南大学农学与生物科技学院, 重庆北碚 400716; ²中国科学院遗传与发育生物学研究所, 北京 100101)

摘要:种胚叶绿素含量是影响菜子油加工和销售的重要指标。关于种胚叶绿素的遗传特性还缺乏研究。本文以重庆市油菜工程中心构建的甘蓝型黄子与黑子油菜重组自交系群体为材料, 2007 年分别在重庆市北碚区和万州区两个实验基地种植, 利用本实验室已构建的遗传连锁图谱为基础, 采用复合区间作图法 (CIM) 分析种胚叶绿素的 QTL。结果共检测到 10 个 QTL, 分别位于第 1、2、5、8、21 和 25 连锁群, 单个 QTL 解释表型变异的 4.04% ~ 8.50%。研究结果表明胚中叶绿素表现为多基因控制的数量性状, 基因表达受环境影响较大。

关键词:甘蓝型油菜; 种胚; 叶绿素; QTLs; 重组自交系

Mapping of QTLs for Embryonic Chlorophyll in *Brassica napus* L.

HUANG Jie-heng¹, XU Xin-fu¹, QU Cun-min¹, YAN Xing-ying¹, FU Fu-you^{1,2}, CHEN Li¹, LI Jia-na¹

(¹ College of Agronomy and Biotechnology, Southwest University, Beibei 400716;

² Institute of Genetics and Developmental Biology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

Abstract: Embryonic chlorophyll content affects processing and marketing quality of rapeseed oil, but its genetic features are still unknown. The objective of this study was to identify QTL controlling embryonic chlorophyll content in *Brassica napus*. A recombinant inbred line (RIL) population with different seed color was grown at Beibei and Wanzhou in Chongqing in 2007, the QTLs for embryonic chlorophyll content were identified using the composite interval mapping (CIM) method and the genetic map constructed. A total of 10 QTLs were detected on six linkage groups, respectively, accounting for 4.04% – 8.50% of chlorophyll variation. These results suggest that the embryonic chlorophyll content is controlled by many minor-effect genes, with a pattern of quantitative trait inheritance, and the expression of the QTLs is affected by environmental factors. Analysis and localization of QTLs for embryonic chlorophyll content provide a reference for rape breeding and molecular marker assisted selection for the target traits.

Keywords: *Brassica napus* L.; Embryo; Chlorophyll; Quantitative trait locus (QTLs); Recombinant inbred lines (RILs)

油菜是世界上重要的油料作物之一, 我国油菜种植面积和总产量均占世界的 30% 左右, 菜子油占我国国产植物油近 50%^[1]。而与世界油菜生产不同的是, 由于我国油菜子品质较差, 生产成本较高, 在进口油料冲击下, 销售市场十分低迷, 对农民收益和种植积极性造成严重影响^[2]。

菜子油中叶绿素含量是评定菜子油品质的重

要因素之一。日本、加拿大等国已将油菜子中叶绿素的含量作为油菜子划分等级的重要技术依据, 加拿大菜子出口时, 一级菜子叶绿素含量小于 30mg/kg, 叶绿素含量大于 30mg/kg 则为二、三级。其原因是, 菜子叶绿素含量高, 高温高湿加工时形成脱镁叶绿素, 会使菜子油色泽加深, 呈墨绿色, 影响菜子油外观品质, 加工过程中脱色脱嗅工艺

收稿日期: 2010-05-21 修回日期: 2010-06-11

基金项目: 国家“863”项目 (2008AA10Z147; 2006AA10Z1E6)

作者简介: 黄杰恒, 硕士研究生, 研究方向为油菜分子育种。E-mail: iorihhh@163.com

通讯作者: 李加纳, 教授。E-mail: ljn1950@swu.edu.cn

复杂,加工成本增加;另一方面它是一种光敏剂,能够引发自由基反应,促进油脂氧化反应,导致油脂劣败,稳定性大为降低,极大缩短了产品货架期^[3]。为此国际上制定了相关标准 ISO10519(1997)和 AOCS Cc 13i-96(1997)等用于控制菜籽油中的叶绿素含量,以利于后期加工利用^[4]。因此降低菜籽油中叶绿素含量为育种家及菜子油加工者所重视。

随着分子生物学的发展,研究人员利用构建的分子遗传连锁图谱,定位了油菜中一些与芥酸、含油量^[5-10]、蛋白质含量^[11]等子粒品质性状相关的 QTL。对于油菜子的研究大多数集中在种皮色泽及色素上^[12-16],有研究表明成熟时黑子油菜种皮的叶绿素含量比黄子种皮显著少^[17]。然而,胚作为油菜种子存储油分和蛋白质的主要器官,是菜子中叶绿素储存的主要部位,但至今对于油菜种胚叶绿素还未见相关报道。本文利用甘蓝型油菜黑子、黄子亲本杂交形成的重组自交系群体,定位了油菜种胚中叶绿素含量的数量性状座位(QTL),研究种胚叶绿素在北碚和万州两个环境条件下的分布差异。旨在为今后油菜品质分子标记辅助选择育种提供一定的科学依据和理论指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

黄子母本 GH06 来源于甘蓝型黄子油菜自交后代,具有显性黄子主效基因,黄子度达到 90%,黄子性状表现稳定。黑子父本为中油 821 定向自交选择后代。两亲本杂交 F₂ 通过“一粒传法”连续自交 7 代,建成重组自交系群体,该群体由 219 个株系组成。2007 年分别在重庆市北碚区歇马镇(海拔 260m)和万州区响水镇(海拔 1000m 左右)两个试验基地种植,9 月 28 日播种育苗,10 月 24 日移栽至大田,无重复,随机排列,每小区 3 行,每行 15 株。按常规生产方式进行田间管理,种子收获后自然风干。

1.2 种胚获取

称约 0.4g 种子(100~150 粒),放入培养皿,用蒸馏水浸泡 12h,剥离种皮和胚,胚在 105℃ 下烘干至恒重,随机选取 10~15 粒(约 0.05g)胚用于叶绿素测定,重复 3 次。

1.3 种胚叶绿素含量测定

称取约 0.05g 研磨过的种胚放入离心管中,加乙醇+石油醚提取液(V:V=1:2)2ml,震荡后置于

暗处常温静置 5h(提取过程中适当补充挥发的溶剂),以波长 705、665 和 625nm 测定溶液的吸光度^[3]。叶绿素含量计算公式:

$$w = \frac{k \times A_{校正} \times V}{m \times l}$$

$$\text{其中 } A_{校正} = A_{665} - \frac{A_{705} + A_{625}}{2}$$

w:叶绿素含量,每 kg 种胚中含有叶绿素的 mg 数(mg/kg)

k:常数,以叶绿素 a 计算等于 13

l:光程,石英杯厚度(cm)

m:试样质量(g)

V:加入的提取试剂的体积(ml)

1.4 遗传连锁图谱的构建及 QTL 分析

选用西南大学重庆市油菜工程技术研究中心付福友等^[18]于 2007 年构建的连锁遗传图谱。该图谱包含 26 个连锁群,共有 420 个多态性标记(65 个 SSR 标记,65 个 RAPD 和 290 个 SRAP),图谱总长 1744cM,相邻标记间平均距离为 4.15cM。

采用 QTL 分析软件 Windows QTL Cartographer 2.5^[19]及复合区间作图(composite interval mapping, CIM)法,进行甘蓝型油菜品质相关性状的 QTL 定位和效应检测^[20]。进行 CIM 分析时,选用 1cM 的步长(walking speed),按照假定检测 10 和 Zmapqtl 模型 3,选取参数 1000 次回归,显著水平 0.01。遵照 McCouch 等^[21]的方法命名 QTL;斜写的小写字母“q”加上性状的名字和地点,后面跟一个数字表示连锁群的序号,最后一个数字表示 QTL 的序号。如 qCCBB-2-3 表示在北碚地区叶绿素在第 2 连锁群上的第 3 个 QTL。

2 结果与分析

2.1 种胚叶绿素含量分析

试验所选用的黄子亲本 GH06 和黑子亲本中油 821 种胚叶绿素含量存在显著差异,黄子亲本在北碚、万州两个地区间表达呈显著差异,而黑子亲本差异不明显(表 1)。方差分析结果表明,该群体材料的种胚叶绿素含量在两个地点均有极显著差异(表 2)。统计分析表明,性状值表现为连续正态分布(图 1),表明其后代分离不是由单个基因控制,而是由多基因控制的数量性状,符合 QTL 作图要求。

表1 2007年亲本和RILs(GH06/Zhongyou 821 F₇)群体性状数据统计分析

Table 1 Phenotypic variation of all traits in RILs (GH06/Zhongyou 821 F₇) and parent in 2007

	项目 Item	叶绿素含量(mg/kg) Chlorophyll content
亲本	中油 821	0.12
	GH 06	1.05
群体	F	2.24**
	平均值	1.02
	最大值	5.72
	最小值	0.17

**表示极显著差异

表2 北碚、万州两个地区油菜种胚叶绿素含量方差分析

Table 2 Variance analysis for chlorophyll contents in embryo of RIL in Beibei and Wanzhou

变异来源 Source of Variation	平方和 SS	自由度 df	均方 MS	F值 F	P值 P
环境间 Environment	12.5516	1	12.5516	35.62	0.0001
材料间 Material	16.9302	72	0.2351	0.667	0.9559
环境×材料 Environment×Material	25.3711	72	0.3524	3.287	0.0001
误差 Error	46.0981	430	0.1072		
总变异 Total Variation	100.9509	575			

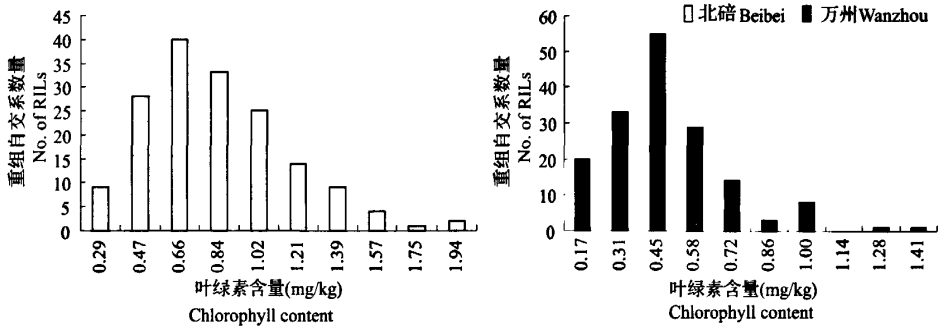


图1 GH06/中油 821 F_{2:7}重组自交系胚中叶绿素的频率分布

Fig. 1 Frequency distribution of chlorophyll contents in embryo of RIL in 2007 RIL from GH06/Zhong you 821 F_{2:7}

2.2 胚叶绿素的 QTL 定位

表3表明,2007年从两个试验基地共检测到10个油菜种胚叶绿素相关的QTL(北碚6个,万州4个),分别位于第1、2、5、8、21和25连锁群,单个QTL解释性状表型变异的变幅在4.04%~8.50%之间,两地分别解释39.58%和22.31%的表型变异。这些QTL分属7个连锁群,其中第1连锁群较多(图2),有4个叶绿素含量相关的QTL。等位基因的增效作用既有来自母本的,亦有源自父本的(即高值或低值亲本都可以存在对性状增效的等位基因)。

其中北碚有 $qCCBB-1-48$ 、 $qCCBB-5-9$ 和 $qC-CBB-21-9$ 为来自父本的等位基因,起增效作用;万州仅有1个QTL $qCCWZ-5-9$ 为来自父本的等位基因,起增效作用,解释表型变异的4.88%。

而不同环境间没有检测到重复出现的QTL。

2.3 不同环境 QTL 的比较

影响胚叶绿素含量的QTL在不同的环境中具有不同的效应值,在北碚环境中提高其含量的等位基因的增效作用既有来自母本的,亦有源自父本的,在万州环境中提高其含量的等位基因只有1个来自黑子亲本中油821,其余均来自黄子亲本GH06。另外,北碚环境和万州环境中在第1连锁群上共检测到了4个影响种胚叶绿素含量的QTL,其余则分布在5个不同的连锁群上,且效应值相对较小。说明甘蓝型油菜胚色素表现为多基因控制的数量性状,基因表达受到环境的影响,由于至今未见油菜种胚叶绿素的相关研究报道,所以这些结果还需要进一步研究验证。

表 3 重组自交系中胚叶绿素的 QTL

Table 3 QTLs for chlorophyll contents detected from RIL

地点 Spot	QTL 名称 QTL Name	连锁群 LG	最近的标记 Nearest Marker	位置 Position	阈值 LOD	加性效应 Add.	解释变异 R ²
北碚 Beibei	<i>qCCBB-1-1</i>	1	BM35ME60/360	21.54	2.01	0.138	4.04
	<i>qCCBB-1-2</i>	1	EM11ME23/50	88.70	2.10	-0.143	4.46
	<i>qCCBB-2-3</i>	2	EM10ME32/449	71.00	3.79	0.195	8.25
	<i>qCCBB-5-4</i>	5	EM43ME12/140	64.82	2.89	-0.194	8.41
	<i>qCCBB-21-5</i>	21	S326/320	129.45	3.89	-0.196	8.50
	<i>qCCBB-25-6</i>	25	EM36ME02/220	0.01	2.77	0.168	5.92
万州 Wanzhou	<i>qCCWZ-1-1</i>	1	CB10536/160 (P11)	49.62	2.11	-0.068	4.88
	<i>qCCWZ-1-2</i>	1	CB10277/200 (P11)	65.63	2.54	0.0744	5.84
	<i>qCCWZ-8-3</i>	8	S362/650	71.34	2.46	0.0716	5.69
	<i>qCCWZ-8-4</i>	8	EM46ME41/260	82.54	2.07	0.0718	5.90

3 讨论

汪雪芳等^[3]对长江中下游连续 3 年 90 多份材料的叶绿素分析后发现,在不同年份中叶绿素含量变化不大,均在 5mg/kg 以下。加拿大谷物委员会报道的加拿大油菜子叶绿素 11 年来测定平均值为 14mg/kg。研究还表明在不同种皮颜色的材料中黑子油菜叶绿素含量较低,黄子相对于黑子叶绿素含量明显偏高,与本研究结果相符。本实验结果中种子胚中叶绿素含量从 0.04mg/kg 到 5.41mg/kg 不等,平均值为 1.02mg/kg,与前人的结果对比可得知叶绿素在成熟种子的胚中所积累的量相对较小,推测叶绿素在种子成熟后种皮中积累的量要明显高于种胚。从已有的研究看,黄子油菜种皮为半透明灰褐色,黄子油菜种子所显现的黄色或褐黄色主要是胚的颜色。本试验考虑在今后普遍应用黄子油菜品种后,胚会作为色素的主要储存器官,而胚中叶绿素等色素会影响油的品质,所以以种胚作为研究的出发点。至于胚叶绿素含量的遗传特性还需要进一步试验研究。

在水稻方面,有关叶绿素的组成、合成代谢途径、在细胞中所处的位置及其功能等已有相关研究报道。在水稻叶片中有关叶绿素的分子遗传机理也已有相关报道。沈波等^[22]通过 QTL 分析对水稻叶片叶绿素含量检测到 8 个 QTL,单个 QTL 的表型变异贡献率为 1.96%~9.77%,其中 2 个 QTL 与环境之间存在显著互作。崔克辉等^[23]利用重组自交系分析,定位了 2 个控制水稻幼苗剑叶叶绿素含量的 QTL,贡献率为 4.66%~6.67%。汪斌等^[24]在水稻第 1、4 和 11 染色

体上检测到 6 个控制叶绿素 a 和 b 的 QTL,贡献率为 0.17%~10.71%。在 Ishimaru 等^[25]构建的含有主要农艺性状和生理性状 QTL 的水稻功能图谱中,有 6 个影响叶绿素含量的 QTL,分布于第 1、3、5、8 和 12 染色体上,贡献率为 7.8%~10.8%。而阎星颖等^[26]利用甘蓝型黄子油菜重组自交系群体对果果皮叶绿素含量进行 QTL 分析,结果共检测到 9 个 QTL,单位点贡献率在 5.75%~10.82%之间,其中在第 7 连锁群有 QTL 重叠的区域。

前人在探讨甘蓝型黄子油菜种皮中各种色素的遗传机理方面做了大量的工作,并取得了很大的进展,各国育种家也先后育出了一批甘蓝型黄子材料并进行了一系列遗传研究。随着甘蓝型黄子育种的进展,油菜种皮中色素大幅度减少,种胚色素对黄子菜子油和饼粕质量的影响上升为主要因素,因此,研究甘蓝型油菜种胚色素的遗传机理就显得尤为重要。目前,国内外对油菜种胚中色素的遗传研究还不多见。曲存民等^[27]利用复合区间作图法,在甘蓝型油菜重组自交系中定位了花色素、类黄酮、总酚和黑色素共 31 个 QTL。研究结果表明胚色素表现为多基因控制的数量性状,基因表达受环境影响较大,且胚色素与种皮色素的 QTL 吻合度不高。

通过前人的研究发现^[12-18,28-32],控制影响叶绿素含量相关 QTL 的贡献率相对较小,解释表型变异均在 10% 以下,是由微效多基因所控制数量性状。本试验中在第 1、2、5、8、21 和 25 等 6 个连锁群上共定位了 10 个影响种胚叶绿素的 QTL,其贡献率都小于 10%,最大解释表型变异的 8.5%,还有 QTL 效

应值较大的为 8.41% 和 8.25%，其余则相对较小，表现为多基因控制的数量性状，其性状与环境呈极显著差异，与前人在种皮上的研究结果一致。进一步证明了油菜种胚中叶绿素含量为多基因控制的数

量性状，表达受环境影响较大。

至今未发现与甘蓝型油菜种皮叶绿素有关 QTL 的报道，甘蓝型油菜种皮和种胚的遗传机制是否相同、有无关联仍需进一步验证。

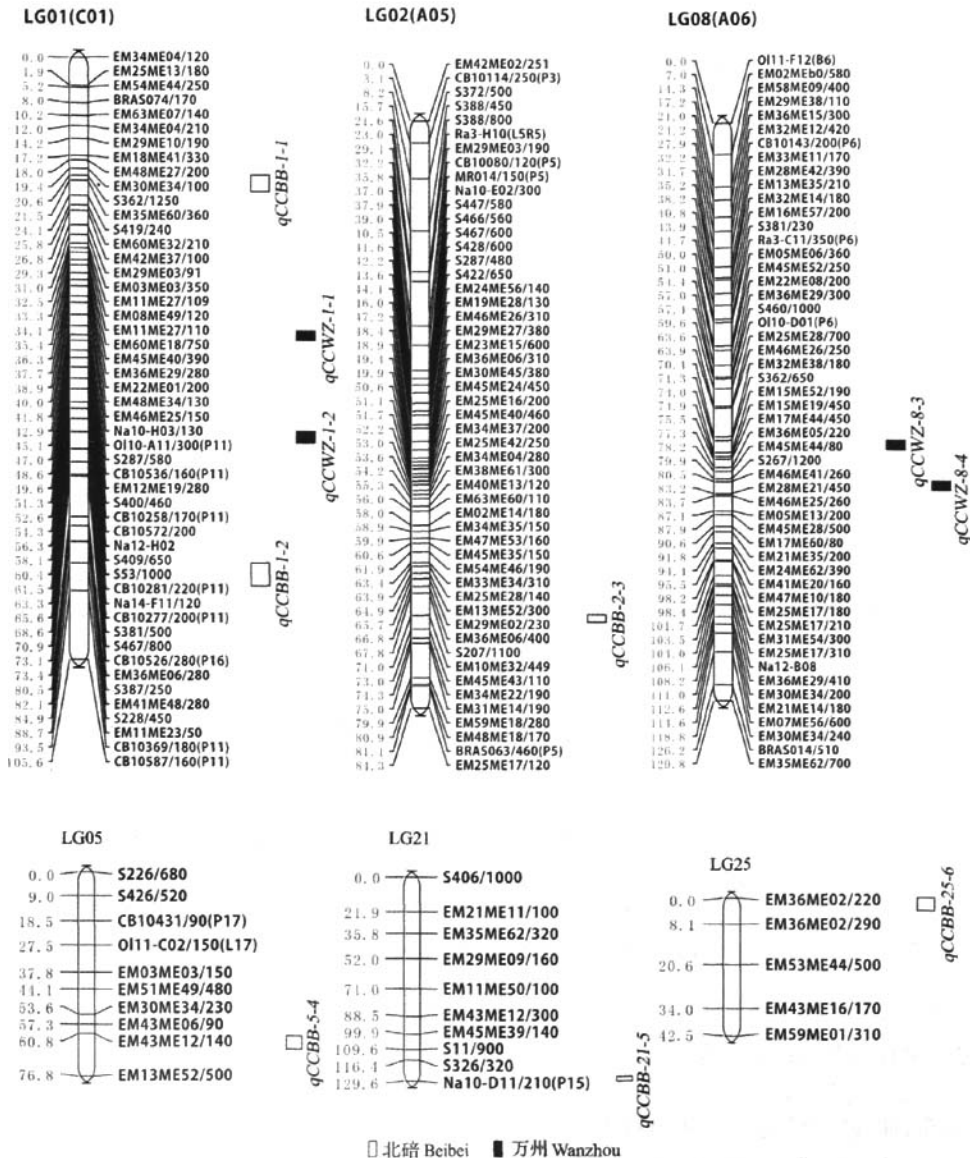


图 2 复合区间作图检测到的胚叶绿素的 QTL

Fig.2 QTL for embryochlorophyll contents with CIM in RIL

参考文献

[1] 王汉中. 我国油菜产需形势分析及产业发展对策[J]. 中国油料作物学报, 2007, 29(1): 101-105

[2] 殷艳, 王汉中, 廖星. 2009 年我国油菜产业发展形势分析及对策建议[J]. 中国油料作物学报, 2009, 31(2): 259-26

[3] 汪雪芳, 吴江生, 李培武. 油菜籽叶绿素测定方法研究及应用[D]. 武汉: 华中农业大学, 2008

[4] 薛雅琳, 田淑梅, 武占军. 油菜籽和菜子油中叶绿素测定方法的确定[J]. 中国油脂, 2003, 28(9): 33-34

[5] Ecke W, Uzunova M, Weigleder K. Mapping the genome of rapeseed (*Brassica napus* L.): II. Localisation of genes controlling erucic acid synthesis and seed oil content [J]. Theor Appl Genet, 1995, 91: 972-977

[6] Cheung W Y, Landry B S, Raney P, et al. Molecular mapping of

- seed quality traits in (*Brassica juncea* L. Czern and Coss) [J]. Acta Hort, 1998, 459:139-147
- [7] Cheung W Y, Gugel R K, Landry B. Identification of RFLP markers linked to the white rust resistance gene (*Acr*) in mustard (*Brassica juncea* L. Czern and Coss) [J]. Genome, 1998, 41:626-628
- [8] Rajcan I, Kasha K J, Kott L S, et al. Detection of molecular markers associated with linolenic and erucic acid levels in spring rapeseed (*Brassica napus* L.) [J]. Euphytica, 1999, 105:173-181
- [9] Gül M K, Becker H C, Ecker W. QTL mapping and analysis of QTL × nitrogen interactions for protein and oil in *Brassica napus* L. Proc [C]. 11 th Intl. Rapeseed Congress, Copenhagen, Denmark, 2003, 6-10
- [10] Burns M J, Barnes S R, Bowman J G, et al. QTL analysis of an intervarietal set of substitution lines in *Brassica napus*; (i) Seed oil content and fatty acid composition [J]. Heredity, 2003, 90:39-46
- [11] Zhao J Y, Becker H C, Zhang D Q, et al. Oil content in a European × Chinese rapeseed population: QTL with additive and epistatic effects and their genotype-environment interactions [J]. Crop Sci, 2005, 45:51-59
- [12] Liu L Z, Meng J L, Lin N, et al. QTL mapping of seed coat color for yellow seeded brassica napus [J]. Acta Genetica Sinica, 2006, 32(2):181-187
- [13] 刘列钊. 甘蓝型黄籽油菜种皮色泽相关基因的差异显示和 QTL 定位研究 [D]. 重庆西南农业大学, 2004
- [14] 段有德. 甘蓝型黄籽油菜种皮色泽的主基因 + 多基因遗传研究 [D]. 重庆:西南农业大学, 2004
- [15] 叶小利, 李加纳, 唐章林, 等. 甘蓝型黑籽和黄籽油菜种子发育过程中种皮色泽差异研究 I. 花色素、苯丙氨酸和苯丙氨酸解氨酶的变化及相关性 [J]. 中国油料作物学报, 2001, 23(2):14-18
- [16] 叶小利, 李加纳, 唐章林, 等. 甘蓝型黑籽和黄籽油菜种子发育过程中种皮色泽差异研究 II. 黑色素、酪氨酸和酪氨酸酶的变化及相关性 [J]. 中国油料作物学报, 2001, 23(3):38-41, 45
- [17] 陈玉萍, 刘后利. 甘蓝型油菜种子发育过程中种皮色素含量动态 [J]. 中国油料, 1994, 6(4):13-16
- [18] Fu F Y, Liu L Z, Chai Y R, et al. Localization of QTLs for seed color using recombinant inbred lines of *Brassica napus* in different environments [J]. Genome, 2007, 9:840-854
- [19] Wang S, Basten C J, Zeng Z B. Windows QTL Cartographer. Version 2.5 [computer program] Raleigh, NC: Department of Statistics, North Carolina State University [2006] <http://staigen.ncsu.edu/qtcart/WQTLCart.htm>
- [20] Lander E S, Bolstein D. Mapping Mendelian factors underlying quantitative traits using RFLP linkage maps [J]. Genetics, 1989, 121:185-199
- [21] McCouch S R, Cho Y G, Yano M, et al. Report on QTL nomenclature [J]. Rice Genet Newsl, 1997, 14:11-13
- [22] 沈波, 庄杰云, 张克勤. 水稻叶绿素含量的 QTL 及其与环境互作分析 [J]. 中国农业科学, 2005, 38(10):1937-1943
- [23] 崔克辉, 彭少兵, 邢永忠, 等. 水稻产量库相关穗部性状的遗传分析 [J]. 植物学报, 2002, 44(6):702-707
- [24] 汪斌, 兰涛, 吴为人, 等. 水稻叶绿素含量的 QTL 定位 [J]. 遗传学报, 2003, 30(12):1127-1132
- [25] Ishimaru K, Yano M, Aoki N, et al. Toward the mapping of physiological and agronomic characters on a rice function map: QTL analysis and comparison between QTLs and expressed sequence tags [J]. Theor Appl Genet, 2001, 102:793-800
- [26] 陶星颖, 李加纳, 金梦阳, 等. 甘蓝型油菜角果果皮叶绿素含量的 QTL 分析 [J]. 中国油料作物学报, 2009, 33(3):269-273
- [27] 曲存民, 付福友, 刘列钊, 等. 甘蓝型油菜胚色素成分的 QTL 定位 [J]. 作物学报, 2009, 35(2):1-10
- [28] 董翠月, 万华方, 梁颖. 甘蓝型油菜种皮黄酮类色素种类的研究 [M]. 西南师范大学学报, 1000-5471(2007)01-0097-05
- [29] Theander O, Aman P, Miksche G E, et al. Carbohydrate polyphenols and lignin in seed hulls of different colours from turnip rapeseed [J]. J Agric Food Chem, 1977, 25:270-273
- [30] 王汉中, 刘后利. 甘蓝型油菜黄籽和黑籽皮壳中花色素、多酚、苯丙烯酸含量和 PAL 酶活性的变异 [J]. 华中农业大学学报, 1996, 15(6):509-513
- [31] 叶小利, 李加纳, 唐章林, 等. 甘蓝型油菜种皮色泽及相关性状的研究 [J]. 作物学报, 2002, 27(5):550-556
- [32] 史仕军, 吴江生. 甘蓝型油菜黄籽粒色性状研究 [J]. 华中农业大学学报, 2003, 22(6):608-611

《贵州农业科学》为中文核心期刊、中国科技
欢迎 核心期刊、全国优秀农业期刊。

订阅 主要栏目有遗传育种·种质资源·生物技术·生理生态·耕作栽培·农业气象·植物保护·土壤肥料·微生物·畜牧·兽医·水产·蚕·园艺·园林·农业经济·资源环境·产业结构·农业信息技术·农业工程·加工贮藏·农产品质量安全·参与式农村发展研究·农业科研管理等。

月刊, 大 16 开。每期定价 12.00 元, 全年 144.00 元。

地址: (550006) 贵州省贵阳市小河河区贵州省农业科学院内《贵州农业科学》编辑部

电话: (0851) 3760719, 3761720 (传真); E-mail: gznk@263.net

《甘肃农业科技》是甘肃省农科院和甘肃省农学会共同主办、国内外公开发行的综合性农业科技期刊。

主要报道农作物育种、耕作栽培、旱地农业、园艺、土壤肥料、植物保护、多种经营、农产品加工贮藏等学科的新成果、学术论文、实用新技术、国内外农业科技信息等。

月刊, A4 16 开本。每册 5.00 元, 全年 60.00 元。

地址: (730070) 甘肃省兰州市安宁区农科院新村 1 号《甘肃农业科技》编辑部

电话: (0931) 7614994, 7614739, 7611630 (传真)

网址: <http://www.gsagr.ac.cn>

E-mail: gsbianjibu@163.com; gsbianjibu@126.com

《黑龙江农业科学》是黑龙江省农业科学院主办的综合性科技期刊, 全国优秀期刊, 黑龙江省优秀期刊。

月刊, 每月 10 日出版, 国内外公开发行。国内邮发代号 14-61, 每期 5.00 元, 全年 60.00 元。

另外, 2009 年合订本已出版, 还有少量 2007-2008 年合订本珍藏版。2007 年合订本每册定价 80.00 元, 2008-2009 年合订本每册定价 90.00 元, 邮费各 10.00 元, 售完为止。

地址: (150086) 哈尔滨市南岗区学府路 368 号《黑龙江农业科学》编辑部

电话: (0451) 86668373; E-mail: nykx13579@sina.com;

网址: www.haasep.cn

《中国蔬菜》由中国农业科学院蔬菜花卉研究所主办, 属全国中文核心期刊, 获第二届国家期刊奖, 半月刊, 上半月以综合指导为主, 下半月以学术交流为主。

《中国蔬菜》上半月刊: 关注蔬菜产业, 服务一线生产, 全年 12 期, 年价 60 元。邮发代号 82-131。

《中国蔬菜》下半月刊: 关注科研前沿, 服务学术交流, 全年 12 期, 年价 60 元。

地址: (100081) 北京海淀区中关村南大街 12 号《中国蔬菜》编辑部

电话: (010) 82109550; 网址: www.cnveg.org

甘蓝型油菜种胚叶绿素含量的QTL定位

作者: [黄杰恒](#), [徐新福](#), [曲存民](#), [闫星颖](#), [付福友](#), [谌利](#), [李加纳](#), [HUANG Jie-heng](#), [XU Xin-fu](#), [QU Cun-min](#), [YAN Xing-ying](#), [FU Fu-you](#), [CHEN Li](#), [LI Jia-na](#)

作者单位: [黄杰恒,徐新福,曲存民,闫星颖,谌利,李加纳,HUANG Jie-heng,XU Xin-fu,QU Cun-min,YAN Xing-ying,CHEN Li,LI Jia-na\(西南大学农学与生物科技学院,重庆北碚,400716\)](#), [付福友,FU Fu-you\(西南大学农学与生物科技学院,重庆北碚400716;中国科学院遗传与发育生物学研究所,北京100101\)](#)

刊名: [植物遗传资源学报](#) **ISTIC|PKU**

英文刊名: [JOURNAL OF PLANT GENETIC RESOURCES](#)

年,卷(期): 2010,11(6)

参考文献(32条)

1. [薛雅琳;田淑梅;武占军](#) [油菜籽和菜子油中叶绿素测定方法的确定](#) [期刊论文]-[中国油脂](#) 2003(09)
2. [汪雪芳;吴江生;李培武](#) [油菜籽叶绿素测定方法研究及应用](#) 2008
3. [Cheung W Y;Landry B S;Raney P](#) [Molecular mapping of seed quality traits in\(Brassica juncea L.Czern and Coss\)](#) 1998
4. [Ecke W;Uzunova M;Wei ßleder K](#) [Mapping the genome of rapeseed\(Brassica napus L\): II. Localisation of genes controlling erucic acid synthesis and seed oil content](#) [外文期刊] 1995
5. [刘列钊](#) [甘蓝型黄籽油菜种皮色泽相关基因的差异显示和QTL定位研究](#) 2004
6. [Liu L Z;Meng J L;Lin N](#) [QTL mapping of seed coat color for yellow seeded brassica napus](#) 2006(02)
7. [Zhao J Y;Becker H C;Zhang D Q](#) [Oil content in a European×Chinese rapeseed population:QTL with additive and epistatic effects and their genotype-environment interactions](#) [外文期刊] 2005(4)
8. [Burns M J;Barnes S R;Bowman J G](#) [QTL analysis of an intervarietal set of substitution lines in Brassica napus:\(i\)Seed oil content and fatty acid composition](#) [外文期刊] 2003(1)
9. [史仕军;吴江生](#) [甘蓝型油菜黄籽粒色性状研究](#) [期刊论文]-[华中农业大学学报](#) 2003(06)
10. [叶小利;李加纳;唐章林](#) [甘蓝型油菜种皮色泽及相关性状的研究](#) 2002(05)
11. [王汉中;刘后利](#) [甘蓝型油菜黄籽和黑籽皮壳中花色素、多酚、苯丙烯酸含量和PAL酶活性的变异](#) 1996(06)
12. [Theander O;Aman P;Miksche G E](#) [Carbohydrate polyphenols and lignin in seed hulls of different colours from tumip rapeseed](#) [外文期刊] 1977
13. [董翠月;万华方;梁颖](#) [甘蓝型油菜种皮黄酮类色素种类的研究](#)
14. [曲存民;付福友;刘列钊](#) [甘蓝型油菜胚色素成分的QTL定位](#) [期刊论文]-[作物学报](#) 2009(02)
15. [闫星颖;李加纳;金梦阳](#) [甘蓝型油菜角果皮叶绿素含量的QTL分析](#) [期刊论文]-[中国油料作物学报](#) 2009(03)
16. [Ishimaru K;Yano M;Aoki N](#) [Toward the mapping of physiological and agronomic characters on a rice function map:QTL analysis and comparison between QTLs and expressed sequence tags](#) [外文期刊] 2001
17. [Gül M K;Becket H C;Ecke W](#) [QTL mapping and analysis of QTL×nitrogen interactions for protein and oil in Brassica napus L](#) 2003
18. [Rajcan I;Kasha K J;Kott L S](#) [Detection of molecular markers associated with linolenic and emeic acid levels in spring rapeseed\(Brassica napus L\)](#) [外文期刊] 1999(3)
19. [Cheung W Y;Gugel R K;Landry B](#) [Identification of RFLP markers linked to the white rest resistance gene\(Acr\)in mustard\(Brassica juncea L. Czern and Coss\)](#) 1998
20. [殷艳;王汉中;廖星](#) [2009年我国油菜产业发展形势分析及对策建议](#) [期刊论文]-[中国油料作物学报](#) 2009(02)

21. [汪斌;兰涛;吴为人 水稻叶绿素含量的QTL定位\[期刊论文\]-遗传学报 2003\(12\)](#)
22. [崔克辉;彭少兵;邢永忠 水稻产量库相关穗部性状的遗传分析\[期刊论文\]-植物学报 2002\(06\)](#)
23. [沈波;庄杰云;张克勤 水稻叶绿素含量的QTL及其与环境互作分析 2005\(10\)](#)
24. [McCouch S R;Cho Y G;Yano M Report on QTL nomenclature 1997](#)
25. [Lander E S;Botstein D Mapping Mendelian factors underlying quantitative traits using RFLP linkage maps 1989](#)
26. [Wang S;Basten C J;Zeng Z B Windows QTL Cartographer.Version 2.5\[computer program\] 2006](#)
27. [Fu F Y;Liu L Z;Chai Y R Localization of QTLs for seed color using recombinant inbred lines of Brassica napus in ditierent environments 2007](#)
28. [陈玉萍;刘后利 甘蓝型油菜种子发育过程中种皮色素含量动态\[期刊论文\]-中国油料 1994\(04\)](#)
29. [叶小利;李加纳;唐章林 甘蓝型黑籽和黄籽油菜种子发育过程中种皮色泽差异研究II. 黑色素、酪氨酸和酪氨酸酶的变化及相关性\[期刊论文\]-中国油料作物学报 2001\(03\)](#)
30. [叶小利;李加纳;唐章林 甘蓝型黑籽和黄籽油菜种子发育过程中种皮色泽差异研究I. 花色素、苯丙氨酸和苯丙氨酸解氨酶的变化及相关性\[期刊论文\]-中国油料作物学报 2001\(02\)](#)
31. [段有德 甘蓝型黄籽油菜种皮色泽的主基因+多基因遗传研究 2004](#)
32. [王汉中 我国油菜产需形势分析及产业发展对策\[期刊论文\]-中国油料作物学报 2007\(01\)](#)

本文读者也读过(10条)

1. [李超.李波.曲存民.阎星颖.付福友.刘列钊.谌利.李加纳.LI Chao.LI Bo.QU Cun-Min.YAN Xing-Ying.FU Fu-You.LIU Lie-Zhao.CHEN Li.LI Jia-Na 两种环境下甘蓝型油菜含油量的差值QTL分析\[期刊论文\]-作物学报 2011, 37\(2\)](#)
2. [胡茂龙.张迎信.孔令娜.杨权海.王春明.翟虎渠.万建民.HU Mao-Long.ZHANG Ying-Xin.KONG Ling-Na.YANG Quan-Hai.WANG Chun-Ming.ZHAI Hu-Qu.WAN Jian-Min 利用回交重组自交系群体检测3个水稻光合功能相关性状QTL \[期刊论文\]-作物学报2006, 32\(11\)](#)
3. [杨国华.李绍清.冯玲玲.孔进.李辉.李阳生.YANG Guohua.LI Shaoqing.FENG Lingling.KONG Jin.LI Hui.LI Yangsheng 水稻剑叶叶绿素含量相关性状的QTL分析\[期刊论文\]-武汉大学学报\(理学版\) 2006, 52\(6\)](#)
4. [林辉锋.熊君.贾小丽.邓家耀.骆旭添.林文雄.Lin Huifeng.Xiong Jun.Jia Xiaoli.Deng Jiayao.Luo Xutian.Lin Wenxiong 水稻苗期耐Cd胁迫的QTL定位分析\[期刊论文\]-中国农学通报2009, 25\(9\)](#)
5. [甘蓝型油菜角果皮叶绿素含量的QTL分析\[期刊论文\]-中国油料作物学报2009, 31\(3\)](#)
6. [水稻叶绿素含量的QTL及其与环境互作分析\[期刊论文\]-中国农业科学2005, 38\(10\)](#)
7. [唐亮.徐正进 水稻苗期干物重和叶绿素含量的遗传分析\[期刊论文\]-安徽农业科学2007, 35\(6\)](#)
8. [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\(10\)](#)
9. [胡颂平.梅捍卫.邹桂花.刘鸿艳.刘国兰.蔡润.李明寿.罗利军.HU Song-Ping.MEI Han-Wei.ZOU Gui-Hua.LIU Hong-Yan.LIU Guo-Lan.CAI Run.LI Ming-Shou.LUO Li-Jun 正常与水分胁迫下水稻叶片叶绿素含量的QTL分析\[期刊论文\]-植物生态学报2006, 30\(3\)](#)
10. [王进军.李家柱.殷军港.刘永军.WANG Jin-Jun.LI Jia-Zhu.YIN Jun-Gang.LIU Yong-Jun 焦脱镁叶绿酸-a甲酯 20-meso-1-位的亲电取代反应\[期刊论文\]-有机化学2008, 28\(4\)](#)