

油菜和播娘蒿体细胞杂交创造 油菜高油双低新种质

忻如颖¹, 周传珠², 陈健美¹, 姜淑慧¹, 张丽君¹, 管荣展¹

(¹南京农业大学作物遗传与种质创新国家重点实验室, 南京 210095; ²江苏省东台市农业科学研究所, 东台 224215)

摘要:在甘蓝型双低油菜品种与播娘蒿原生质体融合杂种的自交后代群体中, 实施定向选择和品质鉴定, 在F₃收获的 247 株中筛选获得 9 份含油量大于 45%、芥酸含量小于 0.5%、硫苷含量小于 30 μmol/g 的高油双低甘蓝型油菜新种质, 其中有 2 份是黄籽高油双低材料, 这些材料的 F₄ 仍保持高含油量双低性状。在 F₄ 群体收获的 905 株中新选出了 15 份高含油量双低油菜新种质, 其中有 5 份是黄籽高油双低材料。因此, 通过播娘蒿与油菜原生质体融合及其后代选择可以获得高含油量优质油菜新种质。

关键词:双低油菜; 高含油量; 选育; 播娘蒿; 原生质体融合

New Canola Germplasm of High Oil Content Created by Somatic Hybrids between *Brassica napus* and *Descurainia sophia*

XIN Ru-ying¹, ZHOU Chuan-zhu², CHEN Jian-mei¹, JIANG Shu-hui¹, ZHANG Li-jun¹, GUAN Rong-zhan¹

(¹State Key Laboratory of Crop Genetics and Germplasm Enhancement, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095;

² Jiangsu Dongtai Agricultural Science Research Institute, Dongtai 224200)

Abstract: Fertile progenies of somatic hybrids between double low rapeseed and *Descurainia sophia* were selfed in three consecutive generations, resulting in F₂, F₃ and F₄ populations. By individual selection and quality identification, nine elite plants with oil content more than 45%, erucic acid content less than 0.5%, glucosinolate content less than 30 μmol/g were obtained from 247 F₃ individuals, two of which were yellow-seeded. All of these plants remained the high oil and double-low properties in F₄ population. 15 new elite individuals with high oil content and double low contents were obtained from 905 F₄ plants, and five of which were yellow-seeded. It was concluded that through somatic hybridization and progeny selection, new germplasm with desired traits including yellow-seeded, high oil percentage, double-low quality, could be obtained.

Key words: Double low rapeseed; High oil content; Selection; *Descurainia sophia*; Protoplast fusion

油菜增产的主要目标之一是显著提高产油量, 从而提高油菜生产的经济效益。培育高含油量油菜品种, 可通过杂交后代定向选择、黄籽油菜选育、转基因等方法。Olsson 等^[1]利用瑞典 3 个甘蓝型冬油菜品种 Lembke、Matador 和 Tenus 进行连续单株选

择, 使油菜品种的含油量得到持续提高。刘后利等^[2]育成了第一个黄籽品种华黄 1 号, 并发现在相同遗传背景下, 油菜黄籽含油量比黑籽高出 1.16%~3.35%, 而且黄籽油菜具有种皮薄, 色素、纤维素和多酚类物质含量低, 油质清澈透明, 蛋白质含量高

收稿日期: 2009-01-16

修回日期: 2009-04-22

基金项目: 江苏省科技支撑计划 (BE2008369)

作者简介: 忻如颖, 在读硕士, 主要从事油菜种质创新

通讯作者: 管荣展, 副教授, 主要从事油菜遗传育种。E-mail: guanrz@njau.edu.cn

等一系列优点。谌利等^[3]选育出甘蓝型黄籽杂交油菜新品种渝黄 1 号,含油量为 42.84%。Rahman^[4]用黄籽白菜型油菜黄籽沙逊、埃塞俄比亚芥与黑籽的白花甘蓝、甘蓝型油菜杂交,获得了双低黄籽甘蓝型油菜品系。李云昌等^[5]选育出杂交油菜品种中油杂 8 号,含油量高达 45.31%。王汉中等^[6]利用聚合杂交、诱变技术和小孢子培养相结合,育成高油品系中油 0361,其含油量高达 54.72%。

在油菜遗传改良中,通过原生质体融合技术实现种间、属间种质渗入,也是培育高产、优质、抗病新种质的一个重要手段^[7-8]。播娘蒿(*Descurainia sophia*)属于十字花科,其种皮为黄色,种子含油量高,种子中脂肪酸组成为低芥酸、高亚麻酸类型,尤其是人体必需的脂肪酸 α -亚麻酸含量高,该脂肪酸在医药上有降血脂、抗肿瘤等作用^[9-10],且种子中有较高含量的强心甙^[11]。此外,播娘蒿种子油还是优良的食用油,具有香味,口感好。因此,播娘蒿是一种极具开发潜力的特种油料作物^[12]。姜淑慧等^[13]、Guan 等^[14]开展了甘蓝型油菜与播娘蒿属间原生质体融合研究,获得了融合杂种,通过鉴定筛选获得了一些具有特异性状的新材料,如新的细胞质雄性不育系 NJ65A。本研究从甘蓝型油菜与播娘蒿原生质体融合杂种后代中,筛选获得了双低高含油量材料。本文报道双低高油材料的选育过程,为油菜种质创新研究提供新依据。

1 材料与方法

1.1 材料

2005 年本实验室通过原生质体融合,得到甘蓝型油菜(NJ5424)与播娘蒿(TX-1)原生质体融合杂种植株及其自交后代^[13-14]。

1.2 方法

1.2.1 选育方法

对甘蓝型油菜与播娘蒿原生质体融合杂种(F_1)自交,依次获得 F_2 、 F_3 和 F_4 ,对后代实施家系选择、单株选择、品质鉴定。

试验在南京农业大学江浦实验站进行,种植方式与甘蓝型油菜相同,行长 3m、行距 0.4m,株距 0.15m。 F_2 、 F_3 和 F_4 分别种植 11 个株系、89 个株系、237 个家系,单行种植。 F_3 筛选获得的 9 份高油双低种子双行种植。

F_2 植株结实率较低,种子数量少,生长势弱,收获 89 株。 F_3 群体选择 82 个株系随机自交 3 株,共收获 247 株。 F_4 群体随机自交 3~5 株,共收获 905

株(包括 F_3 得到的 9 个高油双低家系,每个家系随机自交 5 株,收获 45 株)。

1.2.2 种子性状观察

种子颜色按黄色、花籽、红色、棕色、褐色、黑色、褐黑色、黑褐色、淡褐色进行归类^[15]。种子形状按圆形、椭圆形、不规则形进行归类^[15]。

1.2.3 品质分析

用德国 BRUKER 公司生产的近红外仪鉴定种子中硬脂酸、棕榈酸、花生烯酸、亚麻酸、亚油酸、油酸、芥酸、硫苷和油份含量,初筛出高油双低种子。 F_2 植株由于种子数量少,没有测定。 F_3 测定 247 份收获种子, F_4 测定 905 份收获种子。

初筛出的种子采用谷类、油料作物种子粗脂肪测定方法(GB 2906—1982)测定含油量。硫苷含量采用 Thies^[16] 建立并经吴谋成等^[17] 改进的氯化钡法测定。采用 GC-MS 法(GB/T 17377—1998)精细测定主要脂肪酸。 F_3 测定了 9 份种子, F_4 测定了 60 份种子。

2 结果与分析

2.1 杂种后代种子性状变异

甘蓝型油菜亲本 NJ5424 的种皮为黑色,播娘蒿亲本种皮颜色为黄色。融合杂种 1 代(记为 F_1)收获的单交单株种子均为黑色, F_2 群体收获的 89 个单株种子为黑色或褐色。 F_3 群体收获了 247 个单株,其中 115 株的种子黑色,占 46.75%;117 株的种子褐色,占 43.50%;8 株的种子黄色,占 3.25%;7 株的种子棕色,占 2.85%。 F_3 收获种子中有 67 株形状不规则,占 27.24%,主要表现为种子扁、皱缩、胚芽外露,这可能是由于细胞遗传行为不正常引起的。 F_3 收获种子千粒重平均值为 3.25 ± 0.94 g,变异幅度为 1.83~4.98g。 F_4 收获的 905 单株中分别有 296、245 和 135 株的种子为黑色、褐黑和黑褐,分别占 32.71%、27.07% 和 14.92%;有 94、63 和 48 株的种子为褐色、黄色和棕色的植株,分别占 10.39%、6.96% 和 5.30%;还有 24 株的种子为红色,占 2.65%;千粒重平均值为 3.85 ± 0.79 g,变异幅度从 1.94~6.31g,中等粒重种子居多;仍然有 83 株的种子形状不规则,占 9.17%。 F_3 群体收获的黄籽材料中,在 F_4 有 2 个株系的所有收获植株仍为黄籽,其余株系收获植株种子颜色出现分离,以褐色、棕色居多。 F_4 收获的黄籽单株在上一代种子颜色均为棕色或褐色。从融合杂种后代 F_3 、 F_4 种皮色分离情况看,黄籽可能与其亲本播娘蒿是黄籽有关,但是出现的频率并不高。

2.2 杂种后代植株品质分析

利用近红外鉴定收获的种子品质性状,结果显示: F_3 单株种子含油量的变化范围为 22.47% ~ 46.78%,平均含油量为 $37.36\% \pm 4.10\%$,有 13 株含油量大于 45%,占 5.28%(表 1,图 1);芥酸含量的变化范围为 0 ~ 34.83%,平均含量为 $12.80\% \pm 10.85\%$,有 76 株芥酸含量小于 0.5%,占总数的 30.89%;硫苷含量的变化范围为 7.49 ~ $140.97\mu\text{mol/g}$,平均含量为 $49.79 \pm 26.02\mu\text{mol/g}$,与播娘蒿硫苷含

表 1 杂种后代的品质性状平均值

Table 1 The means of quality traits in progenies of the somatic hybrid

	含油量 (%) Oil content	芥酸 (%) Erucic acid	硫苷 ($\mu\text{mol/g}$) Glucosinolate
NJ5424	39.28 ± 0.69	0.22 ± 0.17	11.25 ± 1.39
播娘蒿	41.12 ± 0.34	9.39 ± 0.47	50.72 ± 1.23
F_3	37.36 ± 4.10	12.80 ± 10.85	49.79 ± 26.02
F_4	40.05 ± 4.46	8.00 ± 8.43	55.64 ± 26.47

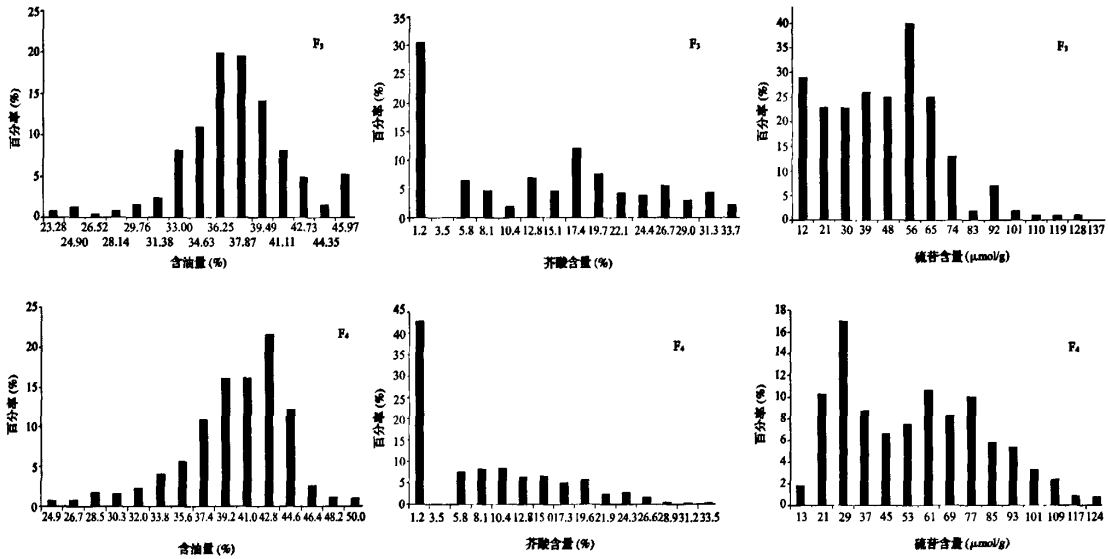


图 1 杂种后代种子的品质性状值次数分布图

Fig. 1 Frequency distribution of seed quality indicators in the progeny populations of the somatic hybrid

量接近;有 69 株硫苷含量小于 $30\mu\text{mol/g}$,占 28.05%。群体中,低芥酸个体频率和低硫苷个体频率都较高,这可能是因为播娘蒿的芥酸含量和硫苷含量均属于中低水平,导致后代能够出现较多低芥酸,或低硫苷材料。以“芥酸 $< 0.5\%$ 、硫苷 $< 30\mu\text{mol/g}$ 、含油量 $> 45\%$ ”作为双低、高含油量种质的选择标准,从 F_3 共筛选出符合要求的材料 9 份,其中 2 份是黄籽。

F_4 单株收获种子含油量的变化范围在 23.96% ~ 50.91% 之间,平均含量为 $40.05\% \pm 4.46\%$,有 68 株含油量大于 45%,占 7.51%;芥酸含量的变化范围在 0 ~ 34.65% 之间,平均含量为 $8.00\% \pm 8.43\%$,低于播娘蒿芥酸含量,有 387 株芥酸含量小于 0.50%,占总数的 42.76%;硫苷含量的变化范围在 9.29 ~ $128.42\mu\text{mol/g}$ 之间,平均含量为 $55.64\% \pm 26.47\%$,与播娘蒿硫苷含量相当,有 201 株硫苷含量小于 $30\mu\text{mol/g}$,占 22.21%。与 F_3 相比,低芥酸个体比例有所增加,而低硫苷的个体比率仍然维持在相同水

平;含油量大于 45% 的株数有所增加。

按照高油双低的筛选标准, F_3 筛选获得的 9 个单株,其对应后代 F_4 自交收获的 45 份种子仍为高油双低材料。此外,在 F_4 新筛选出 15 份高含油量、双低材料,其中 5 份为黄籽。

2.3 获得的高含油量双低材料的品质分析

用国标法进一步分析 F_3 筛选到的 9 份高油双低材料及其对应 F_4 的品质,结果表明,筛选的 F_3 植株及其 F_4 均表现为高含油量 ($> 45\%$)、低芥酸 ($< 0.5\%$) 和低硫苷 ($< 30\mu\text{mol/g}$) 含量(表 2)。由此认为,这些材料的高含油量和优质特性可以遗传。 F_4 家系亚麻酸平均含量在 9.59% ~ 11.33% 之间,比双低油菜亲本 NJ5424 略高;最高亚麻酸含量为 15.06%。硬脂酸、棕榈酸、花生烯酸、亚油酸和油酸在正常变幅范围内。同一家系内各种脂肪酸含量比较一致,变异较小。

表 2 9 个 F₃ 高含油量双低植株品质测定结果
Table 2 Quality indicators of 9 selected F₃ plants and their quality performances of F₄ family

材料编号 Material	F ₃			F ₄					
	含油量(%)	芥酸(%)	硫苷	亚麻酸(%)	亚油酸(%)	油酸(%)	芥酸(%)	含油量(%)	硫苷
	Oil content	Erucic acid	($\mu\text{mol/g}$) Glucosinolate	Linolenic acid	Linoleic acid	Oleic acid	Erucic acid	Oil content	($\mu\text{mol/g}$) Glucosinolate
DSBG1 *	45.26	0.00	26.48	10.67 \pm 0.45	19.10 \pm 0.53	60.17 \pm 1.12	0.28 \pm 0.17	46.56 \pm 0.43	17.17 \pm 1.35
DSBG2 **	45.47	0.41	7.49	9.59 \pm 0.37	20.19 \pm 0.48	60.41 \pm 0.87	0.24 \pm 0.23	48.63 \pm 0.36	18.44 \pm 1.24
DSBG3	45.66	0.38	21.78	11.29 \pm 0.42	18.59 \pm 0.65	57.07 \pm 0.64	0.32 \pm 0.12	45.42 \pm 1.38	16.73 \pm 0.98
DSBG4	45.56	0.49	27.73	11.33 \pm 0.56	17.80 \pm 0.49	56.39 \pm 0.75	0.29 \pm 0.15	46.67 \pm 0.42	18.23 \pm 2.31
DSBG5	45.42	0.27	15.38	11.08 \pm 0.67	18.67 \pm 0.82	59.51 \pm 1.27	0.31 \pm 0.14	47.43 \pm 0.37	17.11 \pm 1.73
DSBG6 ***	45.67	0.15	19.13	10.27 \pm 0.38	18.15 \pm 0.79	60.85 \pm 0.95	0.29 \pm 0.18	45.47 \pm 1.19	16.15 \pm 1.58
DSBG7	46.78	0.00	17.48	10.48 \pm 0.47	19.56 \pm 0.89	58.62 \pm 0.54	0.33 \pm 0.12	45.37 \pm 0.32	15.88 \pm 3.23
DSBG8	45.81	0.45	16.57	10.14 \pm 0.54	17.79 \pm 0.82	60.32 \pm 0.68	0.27 \pm 0.14	46.09 \pm 1.03	16.56 \pm 1.96
DSBG9	45.84	0.18	17.47	10.22 \pm 0.61	18.91 \pm 0.54	59.59 \pm 0.88	0.24 \pm 0.25	45.69 \pm 0.64	17.78 \pm 1.47
NJ5424	—	—	—	7.65 \pm 0.32	19.56 \pm 0.57	51.94 \pm 0.78	0.22 \pm 0.17	39.28 \pm 0.69	11.25 \pm 1.39
播娘蒿	—	—	—	41.37 \pm 0.41	18.07 \pm 0.63	13.14 \pm 0.85	9.39 \pm 0.47	41.12 \pm 0.34	50.72 \pm 1.23

* 表示 F₃ 黄籽, F₄ 种子褐色; ** 表示 F₃、F₄ 种子均为黄籽; *** 表示 F₃ 种子褐色, F₄ 种子中存在黄籽
* indicates yellow-seeded in F₃, and brown-seeded in F₄; ** indicates yellow-seeded in F₃ and F₄; *** indicates brown-seeded in F₃, yellow-seeded in some of F₄ individuals

在 F₄ 收获种子中筛选获得了 15 份高油双低单株, 这些植株的含油量平均值为 46.40% \pm 1.41%, 比 F₃ 筛选的单株平均值略高, 变化范围在 45.01% ~ 49.74% 之间(表 3); 芥酸含量平均值为 0.32% \pm 0.1%, 变化范围在 0.13% ~ 0.46% 之间, 变幅较小; 硫苷含量平均值为 22.54 \pm 5.19 $\mu\text{mol/g}$, 变化范围在 14.25 ~ 29.02 $\mu\text{mol/g}$ 之间。F₄ 新获得的 15 份高油双低材料各种脂肪酸含量也比较接近,

硬脂酸和棕榈酸变幅较小; 花生烯酸含量平均值为 5.27% \pm 3.48%, 变化范围在 0.06% ~ 11.22%, 变幅很大; 亚麻酸平均值为 10.67% \pm 1.06%, 变异幅度为 9.63% ~ 13.49%, 最高亚麻酸含量为 13.49%; 亚油酸含量变异幅度为 17.14% ~ 23.90%; 油酸含量变异幅度为 47.43% ~ 65.52%, 表现出较大变异。

表 3 F₄ 15 个高含油量双低植株的品质性状
Table 3 Quality indicators of 15 elite plants of the F₄ population

材料编号 Material	花生烯酸(%) Eicosenoic acid	亚麻酸(%) Linolenic acid	亚油酸(%) Linoleic acid	油酸(%) Oleic acid	芥酸(%) Erucic acid	含油量(%) Oil content	硫苷 ($\mu\text{mol/g}$) Glucosinolate
DSBG10 **	4.04	11.19	22.95	54.75	0.20	45.99	25.31
DSBG11 **	5.88	10.06	19.34	57.74	0.32	48.88	24.63
DSBG12 *	6.49	10.93	17.14	58.39	0.46	45.68	29.02
DSBG13	1.15	9.64	19.85	61.59	0.13	45.92	23.28
DSBG14	10.87	10.98	20.81	49.57	0.25	46.05	27.41
DSBG15	5.82	10.45	23.90	52.77	0.42	45.01	22.17
DSBG16 *	0.06	9.63	17.37	65.52	0.45	48.87	23.60
DSBG17	11.22	13.49	19.85	47.43	0.23	47.64	29.34
DSBG18	2.55	9.97	17.89	62.47	0.28	47.80	22.96
DSBG19	10.43	12.18	18.77	52.59	0.38	46.25	26.03
DSBG20 ***	5.65	10.09	18.07	59.77	0.41	45.38	26.68
DSBG 21	3.31	11.22	18.08	60.70	0.27	45.88	23.50
DSBG22 ***	6.31	9.75	19.69	57.12	0.39	49.74	22.39
DSBG23 *	3.58	10.23	19.71	59.39	0.28	45.56	19.67
DSBG24 ***	1.70	10.21	19.62	61.13	0.33	47.78	14.25
平均数 Average	5.27 \pm 3.48	10.67 \pm 1.06	19.54 \pm 1.90	57.40 \pm 5.05	0.32 \pm 0.10	46.40 \pm 1.41	22.54 \pm 5.19

* 表示 F₃ 黄籽, F₄ 种子棕色或褐色; ** 表示 F₃、F₄ 种子均为黄籽; *** 表示 F₃ 种子褐色, F₄ 种子黄籽
* indicates yellow-seeded in F₃, brown seeded in F₄; ** indicates yellow-seeded in F₃ and F₄; *** indicates brown-seeded in F₃, yellow-seeded in F₄

3 讨论

原生质体融合是拓宽油菜遗传基础和丰富遗传多样性的重要途径之一。利用甘蓝型油菜与播娘蒿原生质体融合创造新的油菜种质资源,结合分子标记、染色体观察、农艺性状考察等筛选获得了一批具有育种利用价值的甘蓝型油菜种质,包括长角果、大粒重、高亚麻酸含量等^[13-14]。本研究通过近红外仪对杂种后代进行品质分析,并以单株选择等方法从播娘蒿与中油双低材料 NJ5424 原生质体融合杂种自交后代中,成功筛选获得高含油量双低材料。获得的新种质在形态上,上下代之间呈现一致性,且高含油量双低特性稳定遗传,进一步说明通过双低油菜与播娘蒿原生质体融合方式,可以实现播娘蒿优异性状向双低油菜的转移,是创造油菜新种质资源的有效途径。而融合后代中出现了高于两个亲本芥酸含量的材料、硫苷含量远高于播娘蒿的材料、花生烯酸含量大于 10% 的低芥酸材料和油酸含量低于 50% 的低芥酸材料,这可能是因为油菜与播娘蒿亲缘关系较远,获得的部分融合后代子粒较小,从而表现出遗传上的复杂性及脂肪酸组成的特殊性。

由于引入了播娘蒿功能部分基因组,使新育成的甘蓝型油菜品系与现有的材料特别是不育系材料的功能基因组存在较大差别,从而为产生更大的杂种优势提供了可能。一般野生种的含油量在 30% 左右,而本研究中亲本之一播娘蒿含油量为 $41.12\% \pm 0.34\%$,属于高含油量材料,这为实现双低油菜和播娘蒿体细胞杂交创造油菜高油双低新种质提供了可能。本研究从 F_3 开始筛选,采取大量单株自交的方法,利用近红外分析和重点种质的化学品质鉴定,在 F_3 选出符合目标要求的材料。在此基础上,对 F_4 优选得到的材料作进一步鉴定,确认了这些材料的高含油量双低特性是可遗传的。尽管从 F_3 开始实施选择,但并没有淘汰非高油双低材料,而是对这些材料的自交后代 F_4 进一步鉴定,结果表明仍能再选育出 15 份符合育种目标的种质,由此推测杂种后代再经过连续几代的自交选择,还可以获得优质种质。在融合杂种后代的选择中,早世代不应该采取单株淘汰的方法,避免遗失好的遗传材料。

相同遗传背景下,甘蓝型黄籽油菜的含油量普遍高于黑籽,而且黄籽油菜具有种皮薄、无色素、纤维素和多酚类物质含量低、油质清澈透明、蛋白质含量高等一系列优点。现有甘蓝型黄籽油菜一般来自于芸薹属不同种间杂交的后代。如张瑞茂等^[18]通

过远缘杂交和复合杂交相结合的方法,育成了甘蓝型纯黄籽双低油菜新品系 YR5602,黄籽频率达 100%;鲁坤存等^[19]利用四川黄籽与甘蓝型双低油菜品种进行种间杂交也获得高油分、双低或单低的黄籽甘蓝型油菜新种质。本研究利用播娘蒿的黄籽特性,通过体细胞杂交,获得可以遗传的黄籽甘蓝型油菜,是不同来源的黄籽基因,一旦稳定,有望在甘蓝型油菜黄籽育种中发挥重要作用。

参考文献

- [1] 盖钧镒. 作物育种学各论[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 275-278
- [2] 刘后利. 甘蓝型油菜的粒色遗传和高油分育种的研究[G]//刘后利科学论文集. 北京: 北京农业大学出版社, 1994: 147-152
- [3] 湛利, 李加纳, 唐章林, 等. 甘蓝型黄籽杂交油菜新品种渝黄 1 号的选育[J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2002, 24(1): 45-47
- [4] Rahman M H. Yellow-seed *Brassica napus* from interspecific crosses[C]//Proceedings of the 11th International Rapeseed Congress. Narayana Press Copenhagen, Denmark, 2003: 199-201
- [5] 李云昌, 胡琼, 梅德圣, 等. 高产油量优质杂交油菜中油杂 8 号的选育及优良特性[J]. 中国农业科学, 2005, 38(11): 2198-2204
- [6] 中国农技推广编辑部. 高含油量油菜新品种——中油-0361[J]. 中国农技推广, 2006, 22(10): 33
- [7] Hu Q, Andersen S B, Dixelius C, et al. Production of fertile intergeneric somatic hybrids between *B. napus* and *S. arvensis* for the enrichment of rapeseed gene pool[J]. Plant Cell Reports, 2002, 21: 147-152
- [8] Hu Q, Hansen L N, Laursen J, et al. Intergeneric hybrids between *Brassica napus* and *Orychophragmus violaceus* which contain traits of agronomic importance for oilseed rape improvement[J]. Theor Appl Genet, 2002, 105: 834-840
- [9] 杨天奎, 高春香, 张超明, 等. α -亚麻酸降血脂作用的研究[J]. 中国油脂, 1995, 20(3): 46-49
- [10] Takata T, Minoura T, Takada H. Specific inhibitory effect of dietary eicosapentaenoic acid on N-nitroso-N-methylurea-induced mammary[J]. Carcinogenesis, 1990, 11: 2015-2019
- [11] 陈毓群. 华东葶苈子 [*Descurainia sophia* (L.) webb] 中强心甙的分离鉴定[J]. 药学报, 1981(1): 15-18
- [12] 罗鹏, 高福利, 高宏波, 等. 特用油料植物播娘蒿[J]. 中国油料作物学报, 1998, 20(1): 28-32
- [13] 姜淑慧, 管荣展, 董海滨, 等. 播娘蒿与甘蓝型油菜的原生质体融合与植株再生[J]. 中国油料作物学报, 2005, 27(4): 1-6
- [14] Guan R Z, Jiang S H, Xin R Y, et al. Studies on rapeseed germplasm enhancement by use of cruciferous weed *Descurainia sophia* [C]//Proceedings of the 12th International Rapeseed Congress. 2007: 261-265
- [15] 伍晓明, 陈碧云, 陆光远, 等. 油菜种质资源描述规范和数据库标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 24
- [16] Thies W. Pd-quicktest for the determination of the glucosinolate content in seeds and leaf of rapeseed[J]. Fette Seifen Anstrichm, 1982, 84: 338-342
- [17] 吴谋成, 黄荣汉. 油菜籽(饼)中硫代葡萄糖苷总量的快速测定[J]. 华中农业大学报, 1983(3): 73-81
- [18] 张瑞茂, 李敏, 陈大伦, 等. 甘蓝型纯黄籽油菜新品系 YR 5602 的选育[J]. 种子, 2007, 26(4): 87-90
- [19] 鲁坤存, 刘淑艳, 郭家保, 等. 芥甘杂交选育甘蓝型黄籽油菜的研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2006, 32(2): 116-119

作者: 忻如颖, 周传珠, 陈健美, 姜淑慧, 张丽君, 管荣展
作者单位: 忻如颖, 陈健美, 姜淑慧, 张丽君, 管荣展(南京农业大学作物遗传与种质创新国家重点实验室, 南京, 210095), 周传珠(江苏省东台市农业科学研究所, 东台, 224215)
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(1)

参考文献(19条)

1. Guan R Z;Jiang S H;Xin R Y Studies on rapeseed germplasm enhancement by use of cruciferous weed *Descurainia sophia* 2007
2. 姜淑慧;管荣展;董海滨 播娘蒿与甘蓝型油菜的原生质体融合与植株再生[期刊论文]-中国油料作物学报 2005(04)
3. 罗鹏;高福利;高宏波 特用油料植物播娘蒿 1998(01)
4. 杨天奎;高春香;张超明 α -亚麻酸降血脂作用的研究 1995(03)
5. Hu Q;Hansen L N;Laursen J Intergeneric hybrids between *Brassica napus* and *Orychophragmus violaceus* which contain traits of agronomic importance for oilseed rape improvement 2002
6. Hu Q;Andersen S B;Dixelius C Production of fertile intergenetic somatic hybrids between *B. napus* and *S. arvensis* for the enrichment of rapeseed gene pool 2002
7. 《中国农技推广》编辑部 高含油量油菜新品种——中油-0361[期刊论文]-中国农技推广 2006(10)
8. 李云昌;胡琼;梅德圣 高产油量优质杂交油菜中油杂8号的选育及优良特性[期刊论文]-中国农业科学 2005(11)
9. Rahman M H Yellow-seed *Brassica napus* from interspecific crosses 2003
10. 湛利;李加纳;唐章林 甘蓝型黄子杂交油菜新品种渝黄1号的选育[期刊论文]-西南农业大学学报(自然科学版) 2002(01)
11. 刘后利 甘蓝型油菜的粒色遗传和高油分育种的研究 1994
12. 鲁坤存;刘淑艳;郭家保 芥甘杂交选育甘蓝型黄籽油菜的研究[期刊论文]-湖南农业大学学报(自然科学版) 2006(02)
13. 张瑞茂;李敏;陈大伦 甘蓝型纯黄籽油菜新品系YR 5602的选育[期刊论文]-种子 2007(04)
14. 吴谋成;黄荣汉 油菜籽(饼)中硫代葡萄糖苷总量的快速测定 1983(03)
15. Thies W Pd-quicktest for the determination of the glucosinolate content in seeds and leafs of rapeseed 1982
16. 伍晓明;陈碧云;陆光远 油菜种质资源描述规范和数据标准 2007
17. 陈毓群 华东葶苈子(*Descurainia sophia*(L.)webb)中强心甙的分离鉴定 1981(01)
18. Takata T;Minoura T;Takada H Specific inhibitory effect of dietary eicosapentacnoic acid on N-nitroso-N-methylurea-induced mammary 1990
19. 盖钧镒 作物育种学各论 1997