

## 不同环境下油菜主要品质性状与含油量的相关及通径分析

袁姜莲 (西南大学, 重庆 400716)

**摘要** [目的] 探讨油菜含油量与主要品质性状的相关性及各主要品质性状对含油量的直接效应和间接效应。[方法] 以 521 份油菜自交系为材料, 对不同环境下油菜的 10 个品质性状与含油量进行相关及通径分析。[结果] 在不同环境下, 含油量与花生烯酸均呈极显著或显著正相关, 与蛋白质含量、棕榈酸、硫苷和亚油酸呈显著或极显著负相关。通径分析表明, 不同环境下, 黄籽度和亚麻酸对含油量均有较大的直接正作用, 蛋白质含量、棕榈酸和硫苷对含油量有较大的直接负作用。其余 5 个品质性状对含油量的直接作用因环境的不同有所差异, 需进一步研究。[结论] 油菜高油优质品种的选育过程中应关注选择籽粒偏黄品种, 适当降低棕榈酸和硫苷, 同时充分考虑亚麻酸对含油量的直接正作用, 在可接受的亚麻酸范围内选择合适的育种材料。

**关键词** 油菜; 品质性状; 含油量; 相关分析; 通径分析

中图分类号 S634.3 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)10-0030-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.10.008



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Correlation and Path Analysis between Quality Traits and Oil Content of *Bassica napus* L.

YUAN Jiang-lian (Southwest University, Chongqing 400716)

**Abstract** [Objective] To discuss the correlation between oil content and quality traits of *B. napus*, and the direct and indirect effects of each trait on oil content. [Method] A total of 521 rape inbred line were selected as research materials, and their ten quality traits and oil content in three experimental sites were studied by correlation analysis and path analysis. [Result] Correlation analysis showed that arachidonic acid, protein content, palmitic acid, glucosinolate, linoleic acid showed extremely significant or significantly positive correlation and extremely significant or significantly negative correlation with oil content of *B. napus* in three experimental sites. Palmitic acid, yellow degree, linolenic acid, protein content and glucosinolate had the positive or negative direct effect on oil content in three experimental sites. However, the remaining five quality traits' effect on oil content were susceptible to environment. [Conclusion] In the breeding for high oil content of *B. napus*, we should pay attention to the yellow degree of rape seed, and the reduction of palmitic acid and glucosinolates, the positive effect of linolenic acid on the seed oil content should also be taken into consideration, and the suitable breeding material should be selected in the acceptable range of linolenic acid.

**Key words** *Brassica napus* L.; Quality traits; Oil content; Correlation analysis; Path analysis

油菜(*Brassica napus* L.)是我国第一大油料作物,是我国食用油和植物蛋白饲料的重要来源。优质油菜品种应尽可能提高含油量,并适当改善其他优质的品质性状。近年来,育种家们致力于高油分、高蛋白、高亚油酸、高油酸、低芥酸、低亚麻酸、低硫苷、低纤维素研究,即“四高四低”的食用品质目标<sup>[1]</sup>。在高油优质油菜栽培和育种中,弄清品质性状和含油量的相互关系十分必要。前人的研究大多从油菜农艺性状与产量的相关性<sup>[2-5]</sup>、品质性状与产量的相关性方面进行分析<sup>[6-7]</sup>,而研究品质性状与含油量的关系较少<sup>[8-9]</sup>。笔者将 521 份不同来源的甘蓝型油菜于 2013、2014 年连续 2 年种植在重庆、2014 年种植在云南,并对不同环境下各品质性状与含油量进行相关及通径分析,初步探讨油菜主要品质性状与含油量的关系,旨在为在现有良种的基础上,恰当选择育种指标,为尽快选育出高油优质的油菜品种提供理论依据和技术支持,以达到油菜高油优质同步改良的目标。

## 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 521 份甘蓝型油菜材料(附表 1)的遗传背景来源广泛,其中国内品种 466 份,主要来自重庆、湖北、湖南、陕西、江苏等地,国外品种 55 份,主要来自德国、加拿大、丹麦和瑞典等国。

**1.2 试验方法** 521 份油菜于 2013、2014 年连续 2 年在 9 月下旬种植于重庆实验基地。从 521 份油菜品种中,选取生育

期适宜云南生态特点的 321 份油菜品种,于 2014 年 9 月种植于云南。采用随机区组排列,密度 9 万株/hm<sup>2</sup>, 30 株/小区, 3 次重复,管理措施和施肥水平相同。于成熟期,在每个小区中部选择 5 株长势一致的植株测定单株生物产量和籽粒产量,对风干种子使用 NIRSystems.5000 型近红外分析仪测定含油量、蛋白质含量、花生烯酸、棕榈酸、黄籽度、芥酸、硫苷、亚麻酸、亚油酸、硬脂酸和油酸等品质性状。

**1.3 数据分析** 采用 Excel 2013 和 DPS v7.05 软件进行数据录入和统计分析。

## 2 结果与分析

**2.1 不同环境下油菜品质性状的变异系数分析** 不同环境下的油菜各品质性状的变异系数分析可知(表 1), 11 个品质性状在不同环境下均存在丰富的表型变异, 2013 年重庆环境下各品质性状的变异系数从大到小依次为芥酸>花生烯酸>硫苷>硬脂酸>黄籽度>油酸>亚油酸>棕榈酸>亚麻酸>蛋白质含量>含油量, 2014 年重庆环境下各品质性状的变异系数从大到小依次为芥酸>硫苷>花生烯酸>硬脂酸>黄籽度>油酸>亚油酸>亚麻酸>棕榈酸>含油量>蛋白质含量, 2014 年云南环境下各品质性状的变异系数从大到小依次为芥酸>花生烯酸>硫苷>硬脂酸>棕榈酸>油酸>黄籽度>亚麻酸>亚油酸>含油量>蛋白质含量。不同环境下,除棕榈酸的变异系数有所差异,其余性状的变异系数均较稳定,其中花生烯酸、黄籽度、芥酸、硫苷、硬脂酸和油酸的变异系数较大,表明这几个性状有较大的改良空间,含油量、蛋白质含量、亚麻酸和亚油酸的变异系数较小,表明它们的遗传比较稳定。

**作者简介** 袁姜莲(1991—),女,重庆人,助理实验师,硕士,从事遗传育种研究。

**收稿日期** 2019-03-20

表 1 不同环境下 521 份自然群体的表型数据

Table 1 Statistical analysis of 521 *B.napus* cultivated in multi-environment

性状 Trait	2013 年重庆环境 Environment of Chongqing in 2013			2014 年重庆环境 Environment of Chongqing in 2014			2014 年云南环境 Environment of Yunnan in 2014		
	均值± 标准差 Mean±SD	变幅 Range	变异系数 CV//%	均值± 标准差 Mean±SD	变幅 Range	变异系数 CV//%	均值± 标准差 Mean±SD	变幅 Range	变异系数 CV//%
含油量 Oil content	41.14±2.87	30.72~50.23	6.97	38.20±2.65	30.39~48.49	6.93	41.22±2.50	31.81~52.40	6.06
蛋白质含量 Protein content	23.82±1.80	19.42~29.69	7.57	26.65±1.66	22.40~33.78	6.24	22.24±1.25	19.09~30.60	5.61
花生烯酸 Arachidonic acid	5.96±3.39	1.72~15.91	56.79	6.33±3.21	2.34~17.84	50.66	7.53±2.90	3.15~22.17	38.48
棕榈酸 Palmitic acid	4.20±0.42	2.91~5.21	10.11	4.15±0.41	2.36~5.06	9.96	4.24±1.06	3.31~22.22	24.95
黄籽度 Yellow degree	64.64±20.55	10.95~148.16	31.8	66.77±19.36	25.28~153.49	28.99	76.87±16.23	32.26~138.52	21.11
芥酸 Erucic acid	9.10±11.61	0.02~41.89	127.55	9.66±10.76	0.43~44.89	111.34	13.24±9.13	0.72~36.53	68.95
硫苷 Glucosinolate	54.40±27.83	24.22~135.65	51.15	51.66±30.76	20.53~162.22	59.55	67.36±23.67	30.74~159.50	35.14
亚麻酸 Linolenic acid	9.21±0.85	6.47~12.29	9.24	9.21±0.10	6.77~13.98	10.82	8.97±1.12	6.42~12.29	12.45
亚油酸 Linoleic acid	18.60±2.60	10.78~25.81	14.00	17.64±2.57	8.24~25.17	14.56	16.93±1.89	12.02~29.22	11.15
硬脂酸 Stearic acid	0.48±0.17	0.01~0.97	35.56	0.35±0.15	0.002~0.880	42.53	0.42±0.13	0.02~0.87	30.78
油酸 Oleic acid	51.90±14.09	11.83~69.60	27.15	51.86±13.27	10.62~66.95	25.58	46.92±11.58	14.01~68.97	24.68

**2.2 不同环境下油菜品质性状及含油量方差分析** 由表 2 可知,除硬脂酸和油酸外,其他性状在基因型间均达到极显著水平,说明参试品种间存在真实的差异。除亚麻酸和硬脂酸在环境间与基因型互作不显著外,其余性状在不同环境间及环境与基因型互作呈极显著差异,表明这些性状极易受环境条件的影响,有必要分环境单独进行相关分析和通径分析。

表 2 不同环境下自然群体品质性状的方差分析

Table 2 Analysis of variance of quality traits of *B.napus* cultivated in multi-environment

变异来源 Source of variation	F 值 F value		
	环境 Environ- ment (E)	基因 Genotype (G)	环境×基因 E×G
含油量 Oil content	79.91**	5.18**	2.91**
蛋白质含量 Protein content	81.28**	3.91**	1.60**
花生烯酸 Arachidonic acid	422.05**	6.56**	1.64**
棕榈酸 Palmitic acid	12.08**	1.41**	1.05**
黄籽度 Yellow degree	64.43**	3.56**	1.89**
芥酸 Erucic acid	99.18**	20.84**	1.98**
硫苷 Glucosinolate	554.12**	37.33**	2.47**
亚麻酸 Linolenic acid	36.08**	1.42**	0.99
亚油酸 Linoleic acid	596.27**	1.47**	1.20**
硬脂酸 Stearic acid	5.59**	1.11	1.01
油酸 Oleic acid	80.92**	6.37	1.38**

注: \* 表示在 0.05 水平上显著相关; \*\* 表示在 0.01 水平上极显著相关

Note: \* indicated significant correlation at 0.05 probability level. \*\* indicated extremely significant correlation at 0.01 probability level

**2.3 自然群体各品质性状间的相关分析** 通过对供试材料的品质性状的相关分析(表 3)可知,在不同环境中,多数品质性状间的相关性均达到显著或极显著水平,表明对这些品质性状的选择都会明显影响成对品质性状中另一个品质性状的含量。其中,不同环境下,含油量与花生烯酸呈显著或极显著正相关,与蛋白质含量、棕榈酸、硫苷和亚油酸呈显著或极显著负相关;2013 和 2014 年重庆环境中,含油量与黄籽

度和硬脂酸呈极显著正相关或极显著负相关,2014 年云南环境中,以上 2 个性状与含油量呈极显著负相关或不显著正相关;2014 年云南环境中,含油量与芥酸、亚麻酸呈极显著正相关,两者的相关性在重庆两年环境下呈不显著的正相关或负相关。

**2.4 品质性状与含油量的通径分析** 由于不同品质性状之间存在相互作用,因此相关系数的大小不能完全反应出各品质性状对含油量构成的重要性,因此需进一步分析对主要品质性状与含油量进行通径分析,以研究各品质性状对油脂收获指数的效应。由表 4 可知,在 2013 年重庆环境中,各性状对含油量的直接通径系数绝对值由大到小依次为芥酸(-1.832 4)>油酸(-1.207 5)>蛋白质含量(-0.598 0)>棕榈酸(-0.506 7)>亚油酸(-0.487 8)>硫苷(-0.453 5)>黄籽度(0.313 4)>硬脂酸(-0.256 7)>亚麻酸(0.231 3)>花生烯酸(0.092 4);在 2014 年重庆环境中,各性状对含油量的直接通径系数绝对值由大到小依次为棕榈酸(-0.632 3)>芥酸(-0.590 8)>硫苷(-0.466 2)>蛋白质含量(-0.452 8)>黄籽度(0.336 8)>亚麻酸(0.336 7)>亚油酸(-0.256 9)>花生烯酸(0.256 4)>油酸(-0.067 5);剔除了硬脂酸,在 2014 年云南环境中,10 个品质性状对含油量的直接通径系数绝对值由大到小依次为棕榈酸(-0.648 1)>油酸(0.535 1)>花生烯酸(0.501 0)>硫苷(-0.500 4)>亚麻酸(0.339 1)>蛋白质含量(-0.307 8)>黄籽度(0.170 3)>芥酸(0.008 3)>硬脂酸(-0.006 1)。不同环境下,黄籽度、棕榈酸和亚麻酸对含油量均有较大的直接正作用,但间接作用的大小有所差异。其中,2013 年重庆环境下,棕榈酸通过芥酸和硫苷有较大的间接正作用,通过亚油酸和油酸有较大的间接负作用,虽然削弱了其直接负作用,但棕榈酸与含油量呈显著负相关;黄籽度通过芥酸对含油量有较大的间接正作用;亚麻酸虽然通过油酸有较大的间接正作用,但间接作用总和为较大的负作用,导致其与含油量的相关性呈不显著正相关。2014 年重庆环境

下,棕榈酸通过芥酸和硫苷有较大的间接正作用,通过亚油酸有较大的间接负作用,虽然削弱了其直接负作用,但棕榈酸与含油量呈显著负相关;黄籽度和亚麻酸通过其他品质性状的间接作用均较小,是其本身发挥作用。在2014年云南环境下,棕榈酸通过花生烯酸、硫苷和油酸对含油量有较大的间接作用,与含油量呈显著负相关;黄籽度通过棕榈酸有较大的间接负作用,亚麻酸通过其他品质性状的间接作用较小,与含油量的相关性呈极显著正相关,表明是其本身发挥作用。蛋白质含量和硫苷对含油量有较大的直接负作用,其

中不同环境下蛋白质含量对含油量通过其他品质性状的间接作用均较小,是其本身发挥直接负作用,而硫苷通过其他品质性状对含油量的间接作用有所差异,2013年重庆环境下,硫苷通过芥酸对含油量有较大的间接负作用,通过棕榈酸、亚油酸和油酸有较大的间接正作用,2014年重庆环境下,通过棕榈酸有较大的间接正作用,2014年云南环境下,通过花生烯酸、棕榈酸有较大的间接正作用,通过油酸有较大的间接负作用。其余5个品质性状对含油量的直接作用因环境的不同有所差异,需进一步研究。

表3 不同环境下自然群体各品质性状间的相关分析

Table 3 Correlation coefficients of quality traits in multi-environment

性状 Trait	环境 Env.	蛋白质含量 Protein content	花生烯酸 Arachidonic acid	棕榈酸 Palmitic acid	黄籽度 Yellow degree	芥酸 Erucic Acid	硫苷 Glucosinolate	亚麻酸 Linolenic acid	亚油酸 Linoleic acid	硬脂酸 Stearic Acid	油酸 Oleic Acid
含油量 Oil content	13CQ	-0.66**	0.09*	-0.22**	0.26**	-0.02	-0.25**	0.05	-0.15**	0.16**	0.02
	14CQ	-0.45**	0.11**	-0.32**	0.40**	0.05	-0.24**	0.01	-0.19**	0.11*	-0.04
	14YN	-0.48**	0.14**	-0.11*	-0.17**	0.13**	-0.24**	0.17**	-0.32**	0.01	-0.02
蛋白质含量 Protein content	13CQ		0.03	-0.01	0.11*	0.12**	0.21**	0.09	0.02	-0.20**	-0.12**
	14CQ		0.14**	0.03	0.11*	0.10*	0.16**	0.29	0.10*	0.02	-0.18**
	14YN		0.26**	0.38**	0.04	0.23**	0.29**	0.34	0.23**	0.38**	-0.26**
花生烯酸 Arachidonic acid	13CQ			-0.82**	-0.08	0.97**	0.72**	0.15**	-0.74**	-0.62**	-0.97**
	14CQ			-0.76**	0	0.94**	0.67**	0.21**	-0.66**	-0.52**	-0.95**
	14YN			-0.73**	-0.34**	0.94**	0.74**	0.48**	-0.48**	-0.48**	-0.92**
棕榈酸 Palmitic acid	13CQ				0.03	-0.84**	-0.68**	0.09*	0.92**	0.60**	0.76**
	14CQ				0.02	-0.83**	-0.58**	0.09*	0.90**	0.54**	0.72**
	14YN				0.05	-0.17**	-0.17**	0.69**	0.61**	0.97**	0.23**
黄籽度 Yellow degree	13CQ					-0.14**	-0.17**	0.05	0.24**	0.38**	0.08
	14CQ					-0.08	-0.19**	0.21**	0.30**	0.37**	-0.03
	14YN					-0.39**	-0.16**	-0.24**	0.36**	0.46**	0.32**
芥酸 Erucic acid	13CQ						0.79**	0.11*	-0.77**	-0.72**	-0.98**
	14CQ						0.75**	0.13**	-0.74**	-0.62**	-0.96**
	14YN						0.77**	0.31**	-0.64**	0.01	-0.97**
硫苷 Glucosinolate	13CQ							0.15**	-0.61**	-0.67**	-0.77**
	14CQ							0.25**	-0.52**	-0.60**	-0.73**
	14YN							0.16**	-0.43**	-0.41**	-0.81**
亚麻酸 Linolenic acid	13CQ								0.28**	0.06	-0.25**
	14CQ								0.34**	0.05	-0.32**
	14YN								0.29**	0.76**	-0.28**
亚油酸 Linoleic acid	13CQ									0.67**	0.65**
	14CQ									0.61**	0.57**
	14YN									0.44**	0.56**
硬脂酸 Linoleic acid	13CQ										0.64**
	14CQ										0.51**
	14YN										0.48**

注:13CQ为2013年重庆;14CQ为2014年重庆;14YN为2014年云南。\*表示在0.05水平上显著相关;\*\*表示在0.01水平上极显著相关

Note:13CQ was 2013 in Chongqing;14CQ was 2014 in Chongqing;14YN was 2014 in Yunnan.\* indicated significant correlation at 0.05 probability level;

\*\* indicated significant correlation at 0.01 probability level

### 3 结论与讨论

近年来,油菜育种家们致力于高油、高蛋白、高油酸、高亚油酸、低芥酸、低亚麻酸、低硫苷、低纤维素即“四高四低”的食用品质目标<sup>[2-11]</sup>。该研究对2013和2014年重庆环境下521份材料以及2014年云南环境下321份材料分别进行了

相关和通径分析,阐述了油菜11个品质性状间的相互关系,同时详细解析了各品质性状对含油量的贡献率大小。高油是油菜品质育种的重要育种指标之一,油菜籽榨油后的菜粕作为优质饲料,则需高蛋白质含量,而前人大量的研究表明含油量与蛋白质含量存在显著的负相关<sup>[12-14]</sup>。该研究中这

表 4 三个环境下油菜主要品质性状与含油量的通径分析

Table 4 The path analysis between rapeseed main quality traits and harvest index of oil in three environments

性状 Traits	环境 Environment	间接通径系数 Indirect path coefficient									
		→X <sub>1</sub>	→X <sub>2</sub>	→X <sub>3</sub>	→X <sub>4</sub>	→X <sub>5</sub>	→X <sub>6</sub>	→X <sub>7</sub>	→X <sub>8</sub>	→X <sub>9</sub>	→X <sub>10</sub>
PC	13CQ	<u>-0.598 0</u>	0.002 4	0.006 1	0.035 8	-0.211 9	-0.097 4	0.021 7	-0.008 9	0.051 2	0.143 5
PC	14CQ	<u>-0.452 8</u>	0.037 0	-0.021 7	0.038 4	-0.060 3	-0.074 8	0.097 1	-0.026 7	-	0.012 2
PC	14YN	<u>-0.307 8</u>	0.087 2	-0.043 0	0.013 3	0.000 9	-0.159 5	0.030 2	-0.003 5	-0.000 3	-0.153 4
AA	13CQ	-0.015 6	<u>0.092 4</u>	0.417 1	-0.025 0	-1.780 7	-0.328 5	0.035 8	0.361 5	0.159 0	1.171 6
AA	14CQ	-0.065 3	<u>0.256 4</u>	0.483 3	0.001 4	-0.554 8	-0.311 8	0.071 4	0.168 9	-	0.063 8
AA	14YN	-0.053 6	<u>0.501 0</u>	0.475 0	-0.056 3	0.002 0	-0.389 6	0.144 7	0.022 5	0.002 9	-0.516 4
PA	13CQ	0.007 2	-0.076 0	<u>-0.506 7</u>	0.009 0	1.540 1	0.306 9	0.020 5	-0.447 8	-0.154 7	-0.915 4
PA	14CQ	-0.015 6	-0.196	<u>-0.632 3</u>	0.007 2	0.489 9	0.272 7	0.031 7	-0.230 6	-	-0.048 6
PA	14YN	-0.020 4	-0.367 1	<u>-0.648 1</u>	0.075 0	-0.001 2	0.243 9	-0.066 2	-0.030 8	-0.004 0	0.365 9
YD	13CQ	-0.068 4	-0.007 4	-0.014 6	<u>0.313 4</u>	0.261 2	0.078 6	0.011 8	-0.117 7	-0.097 4	-0.099 7
YD	14CQ	-0.051 6	0.001 1	-0.013 5	<u>0.336 8</u>	0.045 8	0.089 2	0.071 1	-0.076 0	-	0.002 0
YD	14YN	-0.024	-0.165 5	-0.285 5	<u>0.170 3</u>	-0.001 4	0.079 9	-0.093 8	-0.014 4	-0.002 8	0.170 3
EA	13CQ	-0.069 2	0.089 8	0.425 9	-0.044 7	<u>-1.832 4</u>	-0.360 0	0.024 3	0.378 0	0.185 0	1.181 0
EA	14CQ	-0.046 2	0.240 7	0.524 3	-0.026 1	<u>-0.590 8</u>	-0.350 8	0.045 4	0.190 1	-	0.065 1
EA	14YN	-0.032 9	0.124 1	0.092 0	-0.028 5	<u>0.008 3</u>	-0.167 4	0.020 5	0.005 5	0.000 8	-0.130 2
GLU	13CQ	-0.128 5	0.066 9	0.342 9	-0.054 3	-1.454 4	<u>-0.453 5</u>	0.034 1	0.297 3	0.172 8	0.924 6
GLU	14CQ	-0.072 7	0.171 5	0.369 9	-0.064 5	-0.444 5	<u>-0.466 2</u>	0.083 4	0.132 4	-	0.049 2
GLU	14YN	-0.098 2	0.390 0	0.315 9	-0.027 2	0.002 8	<u>-0.500 4</u>	0.094 5	0.015 6	0.002 5	-0.435 3
LNA	13CQ	-0.056 0	0.014 3	-0.045 0	0.015 9	-0.192 8	-0.066 8	<u>0.231 3</u>	-0.136 8	-0.014 3	0.302 1
LNA	14CQ	-0.130 6	0.054 4	-0.059 5	0.071 1	-0.079 7	-0.115 5	<u>0.336 7</u>	-0.088 5	-	0.021 3
LNA	14YN	-0.027 4	0.213 7	0.126 5	-0.047 1	0.000 5	-0.139 4	<u>0.339 1</u>	-0.000 5	0.000 7	-0.245 4
LA	13CQ	-0.010 9	-0.068 5	-0.465 2	0.075 6	1.420 0	0.276 5	0.064 9	<u>-0.487 8</u>	-0.172 2	-0.786 1
LA	14CQ	-0.047 1	-0.168 5	-0.567 5	0.099 6	0.437 2	0.240 2	0.115 9	<u>-0.256 9</u>	-	-0.038 7
LA	14YN	-0.031 7	-0.329 2	-0.584 5	0.071 7	-0.001 3	0.229 0	0.004 6	<u>-0.034 2</u>	-0.003 9	0.317 6
SA	13CQ	0.119 4	-0.057 2	-0.305 3	0.118 9	1.320 8	0.305 3	0.012 9	-0.327 1	<u>-0.256 7</u>	-0.774 3
SA	14CQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SA	14YN	-0.013 1	-0.239 4	-0.421 6	0.077 7	-0.001 1	0.203 6	-0.037 5	-0.022 0	<u>-0.006 1</u>	0.254 4
OA	13CQ	0.071 2	-0.089 8	-0.384 7	0.025 9	1.794 9	0.347 8	-0.058 0	-0.318 0	-0.164 8	<u>-1.205 7</u>
OA	14CQ	0.082 0	-0.242 3	-0.455 4	-0.009 9	0.570 0	0.340 0	-0.106 4	-0.147 3	-	<u>-0.067 5</u>
OA	14YN	0.088 3	-0.483 5	-0.443 3	0.054 2	-0.002 0	0.407 1	-0.155 5	-0.020 3	-0.002 9	<u>0.535 1</u>

注:2013CQ.决定系数  $R^2=0.770 61$ , 剩余通径系数=0.478 95; 2014CQ.决定系数  $R^2=0.708 83$ , 剩余通径系数=0.539 61; 决定系数  $R^2=0.691 71$ , 剩余通径系数=0.555 24; 对角线上的值是直接通径系数

Note:2013CQ.Decision coefficient  $R^2=0.770 61$ , remaining path coefficient=0.478 95; 2014CQ.Decision coefficient  $R^2=0.708 83$ , remaining path coefficient=0.539 61; decision coefficient  $R^2=0.691 71$ , remaining path coefficient=0.555 24; the values on the diagonal line was indirect path coefficient

2个性状在3个环境中也均达极显著负相关,通径分析也表明含油量和蛋白质含量均相互制约,且通过其他性状对各自的间接作用也均较小,说明这2个性状相互发挥本身的直接负作用,抑制对方的合成,进一步证实了在总干物质不变时油分的增加必然引起蛋白质含量合成量的减少;相反,蛋白质含量的增加必然引起油分合成途径的物质短缺,使油分含量降低,意味着同时改良这2个品质性状有较大的难度<sup>[15-16]</sup>。在前人的研究中,甘蓝型黄籽油菜具有纤维素和多酚含量较低,脂肪和蛋白质含量较高,油清澈透明,饼粕饲用价值高等一系列优点<sup>[17]</sup>。不同环境下,棕榈酸对含油量都有较大的直接负作用,说明适当降低棕榈酸,有助于含油量的提高。大多研究认为黄籽度与种子含油量间呈显著正相关<sup>[18]</sup>,在该研究中,不同环境下黄籽度对含油量有较大的直接正作用,表明适当选择籽粒偏黄品种可提高含油量。20世纪90年代前大多是高芥酸和高硫苷材料,其含油量较低,在经历近30年的低芥酸和低硫苷的人工选择的同时,也进行

了高含油量的选育,所以在该试验材料中,不同环境下,硫苷对含油量都有较大的直接负作用,且两者的相关性呈极显著负相关,这体现了我国近年来开展双低高含油量育种的成效,即相对于原来的高芥酸高硫苷低含油量品种而言,改良后的“双低”品种不仅芥酸、硫苷降低,含油量也得到明显提高。而在2013和2014年重庆环境下,521份油菜的芥酸对含油量有较大的直接负作用;在云南环境下,321份油菜的芥酸对含油量直接作用较两年重庆环境小,这可能是由于2014年云南环境种植的321份材料大多是20世纪90年代的高芥酸、高芥酸和含油量较低品种的缘故导致的。亚麻酸对氧化极敏感,在遇到空气、光照和高温时极易氧化成恶臭的氧化产物对人体有害,将引起心血管粥样硬化和降低油的稳定性,使其易于腐败而不耐储藏,并且 $\alpha$ -亚麻酸氧化后使植物油带有较强的辛辣味,而国外的研究表明,品种中亚麻酸含量为3%时,既能够满足人体的健康需要,也能够满足植物生长的需要<sup>[19]</sup>。该研究在不同环境下的亚麻酸对含油量有较

大的直接正作用,应充分考虑亚麻酸对含油量的直接正作用,在可接受的亚麻酸范围内选择合适的育种材料。食用油菜籽的主要营养成分是油酸与亚油酸<sup>[20]</sup>。油酸是单不饱和脂肪酸,在菜籽油营养价值接近于橄榄油,油酸具有减少血浆中有害低密度脂蛋白胆固醇含量,预防和治疗动脉硬化的作用,同时在纯化、储存和加热过程中不易氧化,稳定性极高,亚油酸易被人体消化吸收,能降低人体内甘油三酯和血清胆固醇含量,软化血管,阻止血栓形成,所以提高食用菜籽油中油酸和亚油酸的含量是油菜育种的重要目标<sup>[21]</sup>。在该研究中亚油酸和油酸对含油量的贡献率受环境影响,其相互关系还需进一步研究。

### 参考文献

- [1] 钦洁.甘蓝型油菜种子油酸和亚麻酸含量的遗传及其基因定位[D].武汉:华中农业大学,2009.
- [2] 张锦芳,蒲晓斌,李浩杰,等.不同来源甘蓝型油菜主要农艺性状与产量的相关分析[J].西南农业学报,2007,20(4):587-590.
- [3] 田广文,徐爱遐.低芥酸油菜产量与主要农艺性状相关通径分析[J].陕西农业科学,2007(3):1-3,13.
- [4] 宋稀,刘凤兰,郑普英,等.高密度种植专用油菜重要农艺性状与产量的关系分析[J].中国农业科学,2010,43(9):1800-1806.
- [5] 黄益国,张学昆,张毅,等.不同熟期油菜品种农艺性状与产量的相关分析[J].作物研究,2017,31(3):260-264.
- [6] 张建模,邹小云,宋来强,等.杂交油菜主要产量性状与品质性状的关系研究[J].江西农业学报,2006,18(6):16-20.

- [7] 高志宏,赵继献,任廷波,等.甘蓝型优质杂交油菜产量与品质性状的相关分析[J].贵州农业科学,2013,41(7):73-77.
- [8] 黄桃翠.甘蓝型油菜种子性状间的相关与通径分析[J].安徽农业科学,2014,42(35):12451-12454,12463.
- [9] 薛汉军,孙利军,梁升平,等.甘蓝型油菜粒色与含油量的研究[J].西北农业学报,2010,19(1):81-85.
- [10] 杨庆勇.油菜种子高油酸低亚麻酸的遗传控制及等位基因特异标记开发[D].武汉:华中农业大学,2012.
- [11] 杨涛,付福友,刘列钊,等.不同海拔环境中甘蓝型油菜 RIL 主要性状的差异分析[J].西南大学学报(自然科学版),2007,29(8):64-71.
- [12] 梅德圣,张焱,李云昌,等.油菜油分、蛋白质和硫苷含量相关性分析及 QTL 定位[J].植物学报,2009,44(5):536-545.
- [13] 马珍珍,李加纳, WITTKOP B, 等.甘蓝型油菜籽粒含油量、蛋白质、纤维素及半纤维素含量 QTL 分析[J].作物学报,2013,39(7):1214-1222.
- [14] 韩继祥.甘蓝型油菜含油量的遗传研究[J].中国油料作物学报,1990(2):1-6.
- [15] GRAMI B, STEFANSSON B R. Gene action for protein and oil content in summer rape [J]. Canadian journal of plant science, 1977, 57(3): 625-631.
- [16] 刘雪平,涂金星,陈宝元,等.甘蓝型黄籽油菜研究进展[J].中国油料作物学报,2005,27(2):87-91.
- [17] 董遵,刘敬阳.我国甘蓝型黄籽油菜育种研究进展[J].华中农业大学学报,1999,18(6):533-536.
- [18] 范志雄.甘蓝型油菜品质资源和 pol CMS 恢复系的创新与遗传分析[D].武汉:华中农业大学,2007.
- [19] 武玉花,卢长明,吴刚,等.植物芥酸合成代谢与遗传调控研究进展[J].中国油料作物学报,2005,27(2):82-86.
- [20] 吴新杰,胡宝成,陈凤祥,等.甘蓝型油菜高油酸性状研究进展[J].作物杂志,2012(2):5-9.
- [21] 王欣娜.甘蓝型油菜高油酸分子标记的筛选[D].重庆:西南大学,2012.

(上接第 29 页)

威、平凉、白银 4 个水地组试验点和秦安、灵台、环县、镇原、清水 5 个旱地组试验点的生育期、农艺性状、抗病性、穗部性状以及丰产性,得到以下结果:

(1) 从品种效应、地点效应、年份效应来看,德丰 717 的丰产性均优于对照沈单 16,且表现出了较好的稳产性和增产性。

(2) 德丰 717 株高超过沈单 16 约 30 cm;穗位高却相差不大;穗高系数低于对照 0.038;在 67 500 株/hm<sup>2</sup> 的播量下,德丰 717 没有空秆发生,空秆率为 0;而沈单 16 的空秆率为 0.37%;德丰 717 平均倒伏率为 0.4%,低于沈单 16 的 1.6%,说明德丰 717 具有更理想的株型,更利于高产的形成;67 500 株/hm<sup>2</sup> 已达到沈单 16 的最佳播量,而德丰 717 尚可继续加大密度;德丰 717 具有更好的株型,能更好地抵御大风、暴雨等恶劣天气,更利于高产的形成。

(3) 德丰 717 具有更细的穗轴,更小的秃顶,更多的穗行数和行粒数,更高的出籽率和千粒重,穗长和穗粗更适合密植。

(4) 德丰 717 在大斑病抗性上略逊于沈单 16;青枯、锈病、瘤黑粉偶有发生,但病情指数均不高,且低于沈单 16;其他病害基本不发生。综合抗病性良好。

(5) 德丰 717 生育期和对照沈单 16 相当,水地组生育期 138 d,旱地组生育期 139 d,均比对照多 1 d;但在甘肃省玉米一熟作区均能正常成熟。

试验结果表明,德丰 717 生育期和沈单 16 相当;农艺性状优于对照;抗病性综合特性良好;穗部性状具备高产的群体优势特征;丰产性优于对照,品种效应、地点效应和年份效应分析表明,德丰 717 比对照增产是稳定的,不受环境和种植年份影响。德丰 717 在水肥充足的水地组地区可以显著增产;在水肥受限的旱地组地区能够保证稳产。与对照沈单 16 相比,德丰 717 在产量、抗病性、倒伏性、抗逆性、群体优势上均有更高的生态适应性,更适合在生态多样、气候复杂的甘肃省进行推广种植。

### 参考文献

- [1] 张同香,张志方,李彦昌.玉米新品种浚单 509 生态适应性分析[J].湖北农业科学,2016,55(18):4643-4645.
- [2] 王晓娟.玉米品种陇单 339 丰产性和稳产性分析[J].甘肃农业科技,2017(10):29-31.
- [3] 朱春生,易先辉,肖才升,等.洞庭湖区宜机收玉米品种的筛选[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2018,44(3):229-233.
- [4] 袁爱梅,袁建国,郑跃进,等.冬小麦一些数量性状的加性相关和显性相关分析[J].华北农学报,1999,14(4):12-16.
- [5] 贾小丽,苗利国,林红梅.水稻 RIL 群体单穗重基因加性及其环境互作效应分析[J].广东农业科学,2013(22):1-4,9.
- [6] 安英辉,张健,王国庆.2015 年黑龙江部分地区玉米倒伏原因及预防措施[J].中国种业,2016(4):36-37.
- [7] 尹燕萍,王振林.玉米株型、果穗性状的遗传和相关性分析[J].玉米科学,1995,3(4):8-11.
- [8] 黄文江,张竞成,师越,等.作物病虫害遥感监测与预测研究进展[J].南京信息工程大学学报(自然科学版),2018,10(1):30-43.
- [9] 张伟,王珏,汪爱河.MWNTs/TiO<sub>2</sub> 光催化降解氧乐果农药影响因素及动力学研究[J].水生态学杂志,2017,38(6):27-33.
- [10] 李冀,刘娜,郑丽静.荧光假单胞菌植物病害防治及研究进展[J].分子植物育种,2018,16(11):3693-3697.