

次仁白珍, 唐琳, 袁玉婷, 王晋雄, 尼玛次仁, 赵彩霞, 李施蒙, 南志强. 西藏白菜型春油菜经济性状与品质性状相关性分析 [J]. 广东农业科学, 2019, 46(5): 1-8.

西藏白菜型春油菜经济性状与品质性状相关性分析

次仁白珍, 唐琳, 袁玉婷, 王晋雄, 尼玛次仁, 赵彩霞, 李施蒙, 南志强
(西藏自治区农牧科学院农业研究所, 西藏 拉萨 850032)

摘要:【目的】研究西藏白菜型春油菜的经济性状与品质性状的相关性, 分析决定春油菜产量及含油量的主要指标。【方法】以西藏自治区农牧科学院配置的 41 份白菜型春油菜为材料, 检测春油菜株高、分枝部位、分枝数目、主序长度、主序角果、角果密度、单株角果数、角果长度、每果粒数、单株产量、千粒重等经济性状。采用近红外品质分析仪检测油菜籽含油量、芥酸、硫苷含量, 并对 41 份材料进行聚类, 分析指标间的相关性。【结果】相关性分析结果显示, 分枝数目、单株角果数、主花序角果数、角果长度与油菜产量呈显著或极显著相关性, 其他经济指标与产量的相关性不显著; 含油量与芥酸含量呈负相关, 但不显著。【结论】分枝数目、单株角果数、主花序角果数、角果长度可作为白菜型春油菜产量评价的主要指标, 其他经济指标为次要指标; 芥酸可以作为含油量评价参考指标。

关键词: 西藏; 白菜型春油菜; 经济性状; 品质性状; 含油量; 相关性分析

中图分类号: S565.4

文献标志码: A

文章编号: 1004-874X(2019)05-0001-08

Correlation Analysis on Economic Traits and Quality Traits of Spring Rapeseed(*Brassica campestris* L.) in Tibet

Cirenbaizhen, TANG Lin, YUAN Yuting, WANG Jinxiong, Nimaciren,
ZHAO Caixia, LI Shimeng, NAN Zhiqiang

(Institute of Agriculture, Tibet Academy of Agriculture and Animal Husbandry Sciences, Lhasa 850032, China)

Abstract: 【Objective】 The correlation between economic traits and quality traits of spring rapeseed(*Brassica campestris* L.) was studied, and the main indicators for determining the yield and oil content of spring rapeseed were selected. 【Method】 Taking 41 spring rapes arranged by Tibet Academy of Agriculture and Animal Husbandry Sciences as materials, the economic traits such as plant height, branch position, number of branches, length of main sequence, main sequence pod, pod density, number of pods per plant, pod length, per-fruit seed number, yield per plant, and 1000-grain weight were detected. The oil content, erucic acid and glucosinolate contents of rapeseed were detected by near-infrared quality analyzer. Cluster analysis of 41 materials was conducted and correlation between indicators was analyzed. 【Results】 The results of correlation analysis showed that the number of branches, the number of pods per plant, the pods of main inflorescence, the length of pods and the yield of rape were significantly or highly significantly correlated, and the correlation between other economic indicators and yield was not significant. Oil content was negatively correlated with erucic acid content, but with no significant correlation. 【Conclusion】 The number of branches, the number of pods per plant, the pods

收稿日期: 2019-03-04

基金项目: 西藏自治区重点研发及转化计划项目(XZ201801NB01); 国家农业产业技术体系专项(CARS-12)

作者简介: 次仁白珍(1975—), 女, 藏族, 研究员, 研究方向为白菜型春油菜育种, E-mail: crbzh@163.com

通信作者: 唐琳(1974—), 女, 硕士, 研究员, 研究方向为油菜品质育种及抗逆育种, E-mail:

tanglinLS@163.com

of main inflorescence, and the length of pods can be used as the main indicators for the evaluation of spring rapeseed yield, and other economic indicators as secondary indicators. Erucic acid can be used as a reference for the evaluation of oil content.

Key words: Tibet; spring rapeseed (*Brassica campestris* L.); economic trait; quality trait; oil content; correlation analysis

【研究意义】油菜是我国传统优势油料作物^[1]。社会发展及生活水平的提高使得食用油需求量增加,提高油菜产量与品质是目前育种工作的重要目标,不仅解决当前社会对食用油的需求,同时也保证了我国的粮油安全^[2]。白菜型春油菜育种中,对亲本主要农艺性状的考察和分析是进行筛选和配制优良组合的基础,通过对优良农艺性状进行遗传分析为高效开展重要性状的改良提供有效的科学依据。【前人研究进展】通过对亲本主要农艺性状的遗传分析,可以较好地掌握油菜主要性状的遗传规律,为高效开展重要目标性状的改良提供科学依据,针对不同白菜型春油菜农艺性状的分析。研究显示,甘蓝型油菜产量与芥酸、含油量呈负相关,与蛋白质、亚油酸、亚麻酸呈正相关^[3];生育期与硫甙呈显著正相关,与含油量呈极显著负相关;主花序长度与硫甙呈显著正相关;单株有效角果数与芥酸呈显著正相关;单株产量与硫甙、芥酸呈极显著正相关,与含油量呈极显著负相关^[4]。通径分析显示,甘蓝型油菜全株角果数、每果粒数和千粒重对单株产量的直接影响显著。主成分分析显示,影响甘蓝型油菜主花序角果数、全株角果数、株高和主花序长度对产量的影响显著,作为第一特征向量^[5]。甘蓝型油菜经济性状与品质性状简单相关分析结果表明,含油量与每角粒数和千粒重呈极显著正相关,与其他经济性状无显著相关性;偏相关分析结果表明,含油量与每角粒数、千粒重、主花序角果数和生育期呈显著正相关,与结角密度和主花序长度呈显著负相关。【本研究切入点】白菜型春油菜作为西藏地区主要的油料作物,由于自然环境及人文环境因素,产量低、品质差是目前亟需解决的关键问题。【拟解决的关键问题】以西藏自治区农牧科学院 2015—2018 年配置的 41 份白菜型春油菜品系为材料,研究油菜经济性状、产量性状及主要品质性状间的相关性,并对材料进行区分等级,为白菜型春油菜产量及品质育种提供一定的理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为西藏自治区农牧科学院 2015—2018 年配置的 41 份白菜型春油菜品系(表 1)。

1.2 试验方法

试验于 2018 年 3—9 月在西藏自治区农牧科学院农业所试验基地(29° 38' N, 91° 02' E)进行。试验地于 2018 年 3 月 20 日用小型拖拉机翻犁,经人工整地耙平,拉线分厢,分行种植。试验用地地势平坦,土质为沙壤,土层较厚,肥力中等;前茬作物为青稞,春耕秋耕各一次,播种前每 667 m² 施磷酸二铵 7.5 kg、尿素 2.5 kg。于 2018 年 3 月 31 日播种,4 月 11 日出苗,间苗、定苗后,4 月 30 日中耕除草培土。全生育期灌水 3 次,每次灌水每 667 m² 追施尿素 5 kg。盛花期和终花期用氯氰菊酯乳和乐斯本防治蛾类幼虫及蚜虫两次。适时收获,统计各品种(系)经济性状及产量^[6]。

1.3 品质性状检测

采用丹麦福斯(FOSS)近红外品质分析仪(型号 NIR System)测定收获后种子的品质性状含量。

试验数据采用软件 Excel 2016 进行统计与作图,采用软件 SPSS 22.0 进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 白菜型春油菜经济性状及主要品质性状变异与分析

从表 1 可以看出,西藏白菜型春油菜经济性状除株高、角果密度、角果长度及每角粒数 4 项指标变异相对较小外,其他经济指标变异均较大,变异系数超过 10%,其中单株产量变异系数最大(40.20%),株高变异系数最小(4.62%)。41 份材料中,株高变异范围 128.7~156.0 cm,变异系数 4.62%,以品系 114198-5 株高最高,115007-1 最低;分支部位高度变异范围 27.2~66.0 cm,变异系数 23.91%,以 063406-2 分枝部位

最高, 096178-2 最低; 分枝数目变异范围为 3.9~6.7 个, 变异系数 13.33%, 以 103361-1 分枝数目最多, 063406-2 最少; 主序长度变异范

围 53.2~92.0 cm, 变异系数 10.52%, 以 165 主花序最长, 104005-1 最短; 主序角果数变异范围 38.9~69.7 个, 变异系数 13.67%, 以 096178-2 角

表 1 白菜型春油菜经济性状及品种性状分析 (I)
Table 1 Analysis of economic traits and variety traits of spring rapeseed (I)

序号 Code	品种 (系) Variety	含油率 Oil content (%)	硫苷 Glucosinolates (μ .mol/g)	芥酸 Erucic acid C22:1 (%)	株高 Plant height (cm)	分枝部位 Branch height (cm)	分枝数 Total branches	主序长度 Length of main inflorescence (cm)	主序角果数 Pods of main inflorescence
1	114031-2	38	24.69	3.93	134.9	36.9	6.0	57.6	43.0
2	118034-1	44	92.74	9.67	137.2	41.3	5.3	57.1	38.9
3	115205-2	34	95.04	23.00	139.0	36.3	6.3	57.5	45.2
4	118043-4	36	84.38	14.00	134.1	31.7	5.7	58.0	41.9
5	115269-2	38	111.38	1.85	136.0	34.1	5.4	61.3	48.7
6	114286-1	38	84.96	18.00	138.6	32.4	5.7	66.4	59.8
7	156049-3	40	56.97	21.00	132.8	36.7	5.2	59.9	49.0
8	118037-2	39	40.14	42.00	142.3	30.8	5.9	66.6	47.8
9	116145-4	36	37.34	17.73	138.8	33.8	5.8	55.9	39.3
10	118064-4	40	97.72	36.00	135.7	31.0	6.4	59.1	47.4
11	118100-3	47	82.95	21.67	137.8	29.2	5.7	59.8	43.6
12	116115-2	39	23.46	0.07	145.9	32.1	5.4	68.9	48.9
13	115085-2	37	63.74	11.00	141.1	46.1	5.0	60.9	48.4
14	115007-1	32	17.50	10.33	128.7	31.9	6.4	57.0	47.1
15	114198-5	33	72.02	23.77	156.0	40.8	6.6	69.7	58.2
16	116070-4	43	57.86	0.38	142.3	33.0	6.1	72.3	56.8
17	094269-1	43	41.89	8.22	149.0	37.7	6.3	67.3	59.0
18	086035-2	42	61.13	2.14	146.0	38.3	6.2	68.7	58.2
19	NY18-2	46	68.95	1.56	143.2	32.9	6.0	68.5	57.1
20	096070-2	41	58.65	11.02	139.1	38.1	4.0	71.0	53.0
21	096178-2	39	59.77	2.26	143.2	27.2	6.5	74.4	69.7
22	096202-1	44	21.52	0.94	147.2	40.5	6.1	74.4	57.3
23	096196-2	44	78.33	1.91	145.6	45.5	5.1	66.0	55.9
24	RNYC01	43	82.70	20.09	132.9	32.5	6.2	64.2	57.7
25	107076-1	43	73.12	10.09	132.7	35.4	5.5	65.0	60.8
26	105076-3	38	58.28	0.18	149.5	43.9	6.2	68.9	56.6
27	105082-1	36	55.06	36.00	142.5	45.7	4.2	68.6	49.5
28	103361-1	39	55.54	0.16	140.9	29.7	6.7	71.8	58.5
29	103535-1	42	87.84	52.00	150.9	57.3	5.1	64.2	53.2
30	108001-1	36	29.96	4.62	154.7	58.2	5.5	61.5	56.2
31	104574-2	39	31.63	41.00	153.9	55.5	5.3	63.9	61.3
32	115139-1	41	41.53	3.40	147.4	53.7	4.4	61.6	56.6
33	114172-2	33	41.28	0.21	142.3	48.7	4.2	67.9	55.5
34	116019-1	42	37.26	14.28	149.2	50.8	5.4	67.2	65.9
35	165	48	40.03	7.31	147.5	47.4	4.7	92.0	57.5
36	699	42	36.52	6.98	155.0	53.6	5.1	65.1	61.5
37	104005-1	43	40.79	30.29	142.2	61.1	5	53.2	48.2
38	96196	38	45.57	68.00	143.4	49.4	5.2	62.0	49.4
39	085770-2	45	36.59	11.79	143.9	48.7	4.7	60.9	46.0
40	085109-1	50	38.21	2.80	140.6	41.6	5.4	69.4	65.4
41	063406-2	39	35.57	73.00	145.4	66.0	3.9	61.0	53.4
	平均值 Average	0.4	56.11	16.21	142.67	41.4	5.51	65.04	53.35
	变异系数 CV(%)	10.29	42.51	112.11	4.62	23.91	13.33	10.52	13.67

表 1 白菜型春油菜经济性状及品种性状分析 (II)
Table 1 Analysis of economic traits and variety traits of spring rapeseed (II)

序号 Code	品种 (系) Variety	角果密度 Pod density (pod/cm)	单株角果数 Pods per plant	角果长度 Pod length (cm)	每果籽粒数 Seeds per fruit	单株产量 Yield per plant (g)	千粒重 1000-Seed weight (g)	小区产量 Plot yield (kg)	折合产量 Convert yield (kg/hm ²)
1	114031-2	1.03	229.8	5.00	19.00	11.00	4.50	2.98	2222.94
2	118034-1	0.97	152.7	5.20	19.30	9.00	4.00	3.03	2260.12
3	115205-2	1.05	224.7	5.20	18.80	13.00	4.20	2.71	2021.44
4	118043-4	1.03	234.9	5.20	16.90	13.00	4.40	3.58	2670.46
5	115269-2	1.08	229.3	4.70	16.70	10.00	4.20	2.90	2163.27
6	114286-1	1.30	251.3	5.20	18.80	17.00	3.80	3.27	2439.13
7	156049-3	1.03	210.9	5.10	18.00	13.00	4.30	3.47	2588.46
8	118037-2	0.99	260.5	5.20	18.60	15.00	4.60	3.33	2483.96
9	116145-4	0.95	209.5	5.60	17.80	14.00	4.60	3.83	2856.97
10	118064-4	1.07	295.8	5.00	19.70	20.00	3.80	3.07	2289.96
11	118100-3	1.02	271.6	5.00	20.30	15.00	3.60	2.93	2185.61
12	116115-2	1.02	248.4	5.30	18.40	12.00	3.80	2.80	2088.61
13	115085-2	0.98	204.3	5.10	20.00	12.00	4.10	3.20	2386.96
14	115007-1	1.12	229.3	5.40	18.00	15.00	4.30	2.92	2178.11
15	114198-5	1.03	308.7	4.74	16.47	9.53	3.46	2.84	2118.44
16	116070-4	1.09	249.8	5.29	18.21	9.33	3.30	2.64	1968.52
17	094269-1	1.09	313.3	4.92	16.05	10.87	3.64	3.07	2290.85
18	086035-2	1.14	296.4	4.78	16.65	10.77	3.90	2.87	2140.93
19	NY18-2	0.96	216.7	4.67	15.71	6.68	4.04	2.79	2079.46
20	096070-2	1.02	169.0	4.73	14.79	7.10	3.60	2.85	2124.44
21	096178-2	1.12	283.2	4.69	16.64	10.75	3.12	2.60	1940.03
22	096202-1	1.01	205.5	4.76	16.76	10.20	3.12	3.00	2238.38
23	096196-2	1.21	213.0	4.38	15.22	6.22	3.30	2.50	1862.07
24	RNYC01	1.11	233.8	4.97	17.45	11.45	4.14	2.94	2194.90
25	107076-1	1.12	239.0	4.97	16.89	9.02	3.66	2.72	2028.49
26	105076-3	1.20	304.8	4.82	14.59	4.84	3.80	1.97	1465.67
27	105082-1	1.02	163.3	3.91	17.28	8.27	3.58	2.71	2020.99
28	103361-1	1.15	172.5	5.07	17.26	8.40	3.96	2.57	1916.04
29	103535-1	1.20	194.7	5.04	18.90	30.00	3.90	4.33	3229.39
30	108001-1	1.24	210.6	5.02	15.70	9.00	3.70	3.28	2446.78
31	104574-2	1.13	256.3	4.69	16.10	10.00	3.86	3.62	2701.65
32	115139-1	1.30	195.5	5.30	17.20	9.00	3.89	3.31	2469.27
33	114172-2	1.02	189.4	5.30	16.20	9.00	3.54	3.31	2469.27
34	116019-1	1.33	248.5	4.85	14.40	22.00	3.48	3.40	2536.73
35	165	1.18	250.3	5.06	18.70	12.00	4.07	3.41	2544.23
36	699	1.21	243.6	4.80	15.90	13.00	4.11	2.61	1943.03
37	104005-1	1.20	184.4	4.50	13.90	7.00	4.08	3.25	2424.29
38	96196	1.07	141.8	5.58	18.10	8.00	3.75	2.72	2028.49
39	085770-2	1.08	156.8	5.42	17.00	7.00	3.81	3.42	2551.72
40	085109-1	1.26	289.6	4.54	18.32	17.00	4.85	0.95	3164.92
41	063406-2	0.98	122.9	4.21	13.00	11.00	4.28	1.07	3565.22
平均值 Average		1.1	226.99	4.96	17.16	11.62	3.91	2.95	2324.39
变异系数 CV(%)		9.2	20.92	7.09	9.84	40.20	10.18	20.59	10.29

果数最多, 118034-1 最少; 角果密度变异范围 0.95~1.33 个/cm, 变异系数 9.20%, 以 116019-1 角果密度最大, 116145-4 最小; 单株角果数变异

范围 122.9~313.3 个/株, 变异系数 20.92%, 以 094269-1 单株角果数最多, 063406-2 最少; 角果长度变异范围 3.9~5.6 cm, 变异系数 7.09%, 以

116145-4 角果长度最长, 105082-1 最短; 每果粒数变异范围 13.0~20.3 个, 变异系数 9.84%, 以 118100-3 每果粒数最多, 063406-2 最少; 单株产量变异范围 4.84~30.0 kg, 变异系数 40.20%, 以 103535-1 单株产量最高, 105076-3 最低; 千粒重变异范围 3.12~4.85 g, 变异系数 10.18%, 以 085109-1 千粒重最大, 096178-2 和 096202-1 最小; 小区产量变异范围 0.95~4.33 kg, 变异系数 20.59%, 以 085109-1 小区产量最少, 103535-1 最多。主要品质性状指标中, 含油量变异最小, 变异范围 31.92%~49.70%, 变异系数 10.29%; 芥酸含量变异最大, 变异范围 0.07%~73.00%, 变异系数 112.00%; 硫苷含量变异范围 17.50~111.38 $\mu\text{mol/g}$ (饼), 变异系数 42.51%。

白菜型春油菜经济性状与主要品质性状株

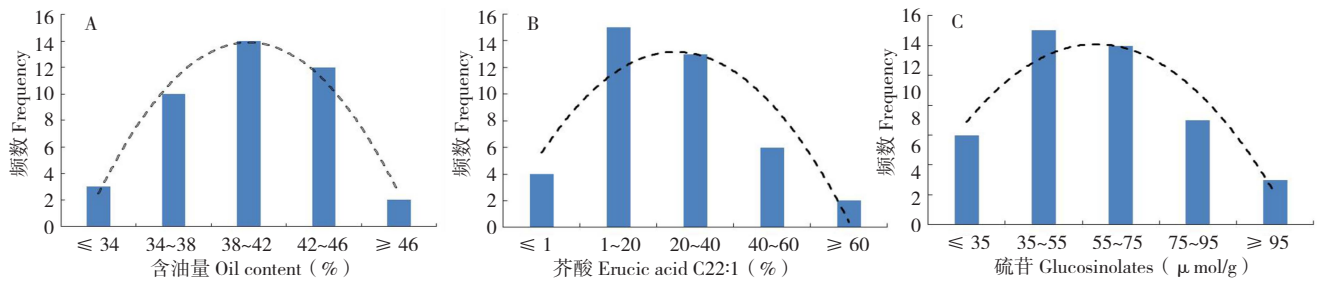


图 1 白菜型春油菜主要品质性状的频次分布

Fig.1 Frequency distribution of main quality traits in spring rapeseed

2.3 白菜型春油菜经济性状与主要品质性状间的相关性分析

白菜型春油菜经济性状间的相关性分析结果(表 2)显示, 硫苷含量与株高及分支部位呈显著负相关; 芥酸含量与分枝部位呈显著正相关, 与单株角果数呈显著负相关; 株高与分枝部位、主花序长度、主序角果数及角果密度呈显著正相关, 与每角果粒数及千粒重呈极显著或显著负相关; 分枝部位与分枝数目、单株角果数及角果粒数呈极显著负相关, 与角果密度呈显著正相关; 分支数目与单株角果数呈极显著正相关; 主序长度与角果密度呈极显著正相关, 与小区产量呈显著负相关; 主序角果数与单株角果数及角果长度呈显著或极显著正相关, 与每角果粒数、单株产量及小区产量呈极显著或显著负相关; 角果长度与单株产量呈极显著正相关; 每果粒数与千粒重呈极显著正相关。白菜型春油菜主要品质性状间的相关性, 芥酸与含油量呈负相关(相关系数

高、角果密度、角果长度及每角粒数指外, 其他指标变异系数均大于 10%, 说明材料具有较好代表性。

2.2 白菜型春油菜参试品种经济性状频次分布

41 份白菜型春油菜含油量主要分布在 34%~46%, 占总数的 80% 以上, 其中分布在 38%~42% 间的品系最多, 约占总数的 35% (图 1A); 芥酸含量主要分布在 1%~40%, 占总数的 70% 以上, 其中分布在 1%~20% 间的品系最多, 约占总数的 37% (图 1B); 硫苷含量主要分布在 35~95 $\mu\text{mol/g}$ (饼), 占总数 75% 以上, 其中 35~55 $\mu\text{mol/g}$ (饼) 的品系最多, 约占总数的 32% (图 1C)。白菜型春油菜主要品质性状指标次数分布呈正态或偏正态分布, 用于试验研究具有很好的代表性。

为 -0.504), 硫苷与含油量呈正相关, 但均不显著, 说明决定白菜型春油菜产量的经济性状指标有分枝数目、单株角果数、主花序角果数、角果长度等指标, 可以作为白菜型春油菜产量的特征指标。

2.4 白菜型春油菜聚类分析

以相关性分析结果为基础结合春油菜主要品质性状对 41 份白菜型春油菜材料进行聚类分析, 结果(图 2)显示, 在欧氏距离 12 处可将分为 3 类: A 类包括 2、7、9、13、19、20、22、23、27、28、29、30、32、33、37、39 号共 16 份材料, 平均含油量 41%, 平均芥酸含量 12.82%, 平均硫苷含量 53.99 $\mu\text{mol/g}$ (饼), 平均株高 143.80 cm, 平均分枝部位高度 45.42 cm, 平均分枝数 5.14 个, 平均主序长度 64.23 cm, 平均主序角果数 51.57 个, 平均角果密度 1.09 个/cm, 平均单株角果数 189.1 个, 平均角果长度 4.93cm, 平均每果籽粒数 16.87 粒, 平均单株产量 10.19 g, 平均千粒重 3.81 g, 平均小区产量 3.16 kg, 平均折

表 2 白菜型春油菜经济性状与品质性状间的相关性
Table 2 Correlation analysis of economic traits and quality traits in spring rapeseed

性状 Trait	含油量 Oil content	硫苷含量 Glucosinolates content	芥酸含量 Erucic acid content C22:1	株高 Plant height	分枝数 Total branches	主序长度 Length of main inflorescence	主序角果数 Pods of main inflorescence	角果密度 Pod density	单株角果数 Total available pods	角果长 Pod length	每果籽粒数 Seeds per fruit	单株产量 Yield per plant	千粒重 1000-Seed weight	小区产量 Plot average yield	折合产量 Convert yield
含油量 Oil content	1														
硫苷含量 Glucosinolates content	0.038	1													
芥酸含量 Erucic acid content C22:1	-0.504	0.053	1												
株高 Plant height	0.053	-0.318*	0.059	1											
分枝数 Total branches	0.061	-0.342*	0.387*	0.591**	1										
主序长度 Length of main inflorescence	-0.138	0.183	-0.263	-0.127	-0.644**	1									
主序角果数 Pods of main inflorescence	0.304	-0.160	-0.292	0.374*	-0.092	0.002	1								
角果密度 Pod density	0.250	-0.171	-0.218	0.476**	0.145	0.094	0.614**	1							
单株角果数 Total available pods	0.245	-0.083	-0.179	0.330*	0.331*	-0.013	0.177	0.592**	1						
角果长 Pod length	0.045	0.111	-0.331*	0.148	-0.427**	.624**	0.267	0.372*	0.241	1					
每果籽粒数 Seeds per fruit	-0.212	-0.064	-0.107	-0.248	-0.284	0.216	-0.197	-0.369*	-0.091	-0.031	1				
单株产量 Yield per plant	0.006	0.274	-0.008	-0.401**	-0.481**	0.260	-0.072	-0.408**	-0.222	0.145	0.515**	1			
千粒重 1000-Seed weight	0.007	0.157	0.300	-0.043	-0.030	0.116	-0.094	0.010	0.233	0.229	0.169	0.402**	1		
小区产量 Plot average yield	-0.053	-0.063	0.168	-0.372*	-0.036	-0.022	-0.386*	-0.410**	-0.127	-0.061	0.174	0.227	0.221	1	
折合产量 Convert yield	-0.170	0.075	0.025	0.020	-0.006	-0.001	-0.152	-0.294	-0.022	-0.054	0.472**	0.273	0.307	-0.072	1

合公顷产量 2 355.74 kg; B类包括 1、3、4、5、6、8、10、11、12、14、15、16、17、18、21、24、25、26、31、34、35、36、40 号共 23 份材料, 平均含油量 40%, 平均芥酸含量 13.81%, 平均硫苷含量 58.73 $\mu\text{mol/g}$ (饼), 平均株高 141.82 cm, 平均分枝部位高度 37.53 cm, 平均分枝数 5.82

个, 平均主序长度 65.84 cm, 平均主序角果数 54.63 个, 平均角果密度 1.11 个/cm, 平均单株角果数 258.49 个, 平均角果长度 4.98 cm, 平均每果籽粒数 17.48 粒, 平均单株产量 12.69 g, 平均千粒重 3.95 g, 平均小区产量 2.90 kg, 平均折合公顷产量 2 265.43 kg; C类包括 38、41 共 2 份材料,

平均含油量 39%，平均芥酸含量 40.57%，平均硫苷含量 $70.50 \mu\text{mol/g}$ （饼），平均株高 144.40 cm，平均分枝部位高度 57.70 cm，平均分枝数 4.55 个，平均主序长度 61.50 cm，平均主序角果数 51.40 个，平均角果密度 1.03 个/cm，平均单株角果数 132.35 个，平均角果长度 4.90 cm，平均每果籽粒数 15.55 粒，平均单株产量 9.50 g，平均千粒重 4.02 g，平均小区产量 1.90 kg，平均折合公顷产量 1 796.85 kg。结合聚类分析及相关性分析结果表明，分枝数目、单株角果数、主花序角果数、角果长度可以作为白菜型春油菜产量评价的主要指标，其他可作为次要指标；芥酸含量可以作为含油量评价的参考指标。

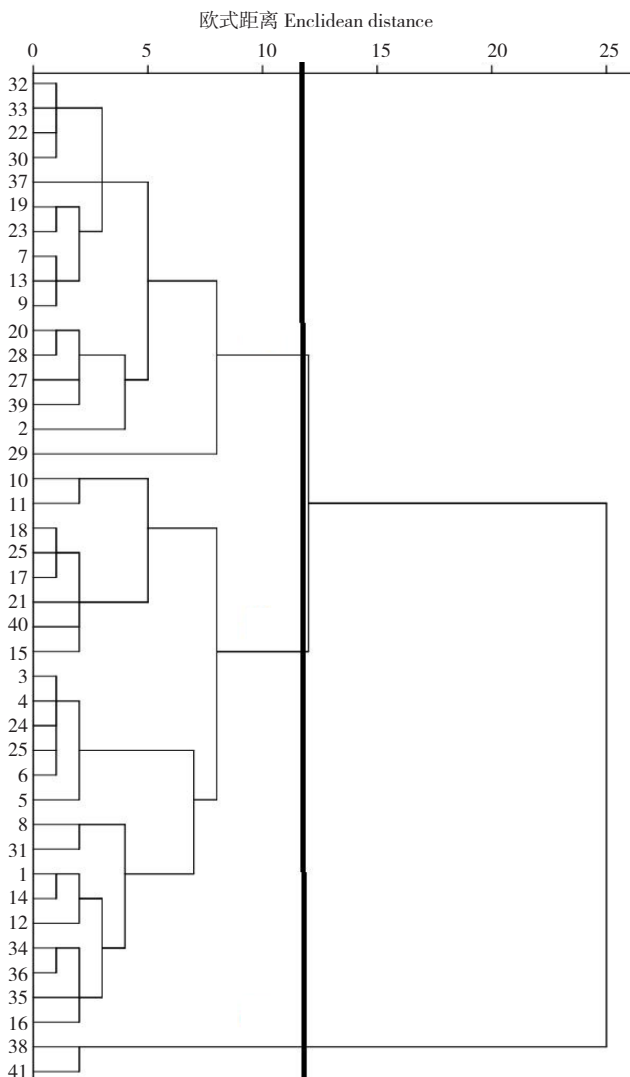


图 2 白菜型春油菜聚类分析

Fig. 2 Cluster analysis of spring rapeseed

3 讨论

3.1 白菜型春油菜高产育种

杂种优势的利用是春油菜育种中的一个主要方面。油菜单株产量主要由单株角果数、每角果籽粒数和千粒重 3 个因素构成，还受到其他因素的影响（如抗性）。本研究对白菜型春油菜经济性状研究显示，分枝数、单株角果数、主花序角果数、角果长度对产量的影响显著，说明在选择配置新品系时这些指标可以作为春油菜高产的特征指标，用于选择高产品系，这与雷伟侠等^[5]的研究结果相似。

3.2 白菜型春油菜品质育种

菜籽油中的脂肪酸主要由棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、亚麻酸、二十碳烯酸、芥酸等组成。采用 EMS 诱变白菜型油菜的突变株种子芥酸及硫苷含量均有所下降，含油量同时下降^[7]。采用杂交育种方法甘蓝型油菜后代中能选择出品质性状不同的植株，也是目前品质育种比较常用的方法^[8]。在本研究配置的白菜型春油菜品系中，有 6 份（116115-2、116070-4、096202-1、105076-3、103361-1、114172-2）为低芥酸材料（ $\leq 1\%$ ），4 份（114031-2、116115-2、115007-1、096202-1、108001-1）为低硫苷材料（ $\leq 30 \mu\text{mol/g}$ ），5 份（118100-3、NY18-2、165、085770-2、085109-1）为高含油量材料（含油量 $\geq 45\%$ ），2 份（116115-2、096202-1）“双低”材料（芥酸 $\leq 3\%$ ，硫苷 $\leq 30 \mu\text{mol/g}$ ），这些材料可作白菜型春油菜品质育种的资源。

3.3 白菜型春油菜经济性状与主要品质性状的相关性

通径分析结果显示甘蓝型油菜全株角果数直接通径系数最大，其次为每果籽粒数和千粒重。多元回归分析结果全株角果数、每果籽粒数和千粒重也是决定油菜产量的重要因子^[9]。单株产量与生育期、单株有效角果数呈极显著正相关，而单株有效角果数又与生育期、主花序长度、主花序角果数呈极显著正相关^[10]。这与本研究结果相似，即分枝数目、单株角果数、主花序角果数、角果长度等经济性状是决定白菜型油菜产量的因子；主要品质性状间的相关性不显著，芥酸与含油量间的相关性系数较大，但差异不显著，可作

为含油量的参考指标。

4 结论

白菜型春油菜主要品质指标及经济性状研究指标相关性结果表明, 决定白菜型春油菜产量的经济性状指标有分枝数目、单株角果数、主花序角果数、角果长度等指标, 可以作为白菜型春油菜产量的特征指标, 芥酸含量可以作为含油量的参考指标, 以此聚类分析将 41 份白菜型春油菜分为 3 类, 其中以 A 类表现最突出, 平均含油量 41%, 平均芥酸含量 12.82%, 平均硫苷含量 53.99 $\mu\text{mol/g}$ (饼), 平均株高 143.80 cm, 平均分枝部位高度 45.42 cm, 平均分枝数 5.14 个, 平均主序长度 64.23 cm, 平均主序角果数 51.57 个, 平均角果密度 1.09 个/cm, 平均单株角果数 189.1 个, 平均角果长度 4.93 cm, 平均每果籽粒数 16.87 粒, 平均单株产量 10.19 g, 平均千粒重 3.81 g, 平均小区产量 3.16 kg, 平均折合公顷产量 2 355.74 kg。

参考文献 (References) :

- [1] 郑本川, 张锦芳, 李浩杰, 蒲晓斌, 崔成, 柴靛, 蒋俊, 牛应泽, 蒋梁材. 甘蓝型油菜生育期天数与产量构成性状的相关分析[J]. 中国油料作物学报, 2013, 35(3): 240-245. doi: 1007-9084(2013)03-0240-06.
ZHENG B C, ZHANG J F, LI H J, PU X B, CUI C, CHAI L, JIANG J, NIU Y Z, JIANG L C. Correlation between duration of growth periods and yield components of *Brassica napus* L. [J]. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2013, 35(3):240-245. doi: 1007-9084(2013)03-0240-06.
- [2] 高志宏, 赵继献, 任廷波, 程国平. 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): 1737-1741.
GAO Z H, ZHAO J X, REN T B, CHENG G P. Correlations between yield and quality characters of high-quality hybrid *Brassica napus* varieties [J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2013, 41(7): 1737-1741.
- [3] 戴祥来, 向阳, 赵继献, 任廷波, 程国平, 胡权. 甘蓝型优质杂交油菜品质性状与单株产量及群体产量的关系[J]. 种子, 2018(8): 15-20. doi: 10.16590/j.cnki.1001-4705.2018.08.090.
DAI X L, XIANG Y, ZHAO J X, REN T B, CHENG G P. Relationship between quality characters of high-quality hybrid *Brassica napus* and per plant and group yield [J]. *Seed*, 2018(8):15-20. doi: 10.16590/j.cnki.1001-4705.2018.08.090.
- [4] 张建模, 邹小云, 宋来强, 邹晓芬, 熊任香. 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.
ZHANG J M, ZOU X Y, SONG L Q, ZOU X F. Studies on relation between main yield traits and quality traits of hybrid rapeseed [J]. *Acta Agriculturae of Jiangxi*, 2006, 18(6):16-20.
- [5] 雷伟侠, 范志雄, 阮怀明. 甘蓝型油菜种质资源主要经济性状关系分析[J]. 湖北农业科学, 2018, 57(13): 13-16. doi: 10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2018.13.003.
LEI W X, FAN Z X, RUAN H M. Analysis on the relationship about the main economic characters of *Brassica napus* L. germplasm resources [J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2018, 57(13):13-16. doi: 10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2018.13.003.
- [6] 伍晓明, 陈碧云, 陆光远. 油菜种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 15-20.
WU X M, CHEN B Y, LU Y G. Rapeseed germplasm resource description specifications and data standards [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2007:15-20.
- [7] 杨建胜, 孙万仓, 刘自刚, 刘海卿, 杨刚, 张树娟, 张晶, 方彦, 武军艳, 李学才. EMS 诱变对北方白菜型冬油菜农艺性状与品质的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2018, 36(1): 213-220. doi: 10.7606/j.issn.1000-7601.2018.01.32.
YANG J S, SUN W C, LIU Z G, LIU H Q, YANG G, ZHANG S J, ZHANG J, FANG Y, WU J Y, LI X C. Effect of ethyl methane sulphonate on agronomic traits and quality of winter rapeseed in North China [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2018, 36(1): 213-220. doi: 10.7606/j.issn.1000-7601.2018.01.32.
- [8] 王建林, 次仁央金, 大次卓嘎, 王忠红. 西藏及周边地区芥菜型油菜农艺性状比较研究[J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(4): 562-569.
WANG J L, CIRENYANGJIN, DACIZHUOGA, WANG Z H. Comparative between agronomical traits of *Brassica juncea* species in Tibet and the adjacent regions [J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2011,12(4):562-569.
- [9] 倪正斌, 王陈燕, 孙雪辉, 吴昌庚, 孙红芹, 万林生, 严国红. 甘蓝型油菜主要农艺性状相关性分析及主成分分析[J]. 江西农业学报, 2018, 30(3): 7-10. doi: 10.19386/j.cnki.jxnyxb.2018.03.02.
NI Z B, WANG C Y, SUN X H, WU C G, SUN H Q, WAN L S, YAN G H. Correlation and principal component analyses of main agronomic traits in *Brassica napus* [J]. *Acta Agriculturae of Jiangxi*, 2018, 30(3):7-10. doi: 10.19386/j.cnki.jxnyxb.2018.03.02.
- [10] 张锦芳, 蒲晓斌, 李浩杰, 张启行, 蒋梁材. 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(4): 587-590.
ZHANG J F, PU X B, LI H J, ZHANG Q X, JIANG L C. Correlation analysis between major agronomical characters and yield per plant in rapeseed (*Brassica napus* L.) from different sources [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2007(4):587-590.

(责任编辑 邹移光)