

西藏白菜型黄籽油菜表型多样性分析

李梦寒, 李昌明, 许进鸿, 何 燕, 旦 巴*
(西藏大学农牧学院, 高原作物分子育种实验室, 西藏 林芝, 860000)

摘要: 为了解西藏黄籽白菜型油菜种质资源, 以西藏主要农区采集的 16 份白菜型黄籽油菜农家品种为材料, 采用变异系数、多样性指数、聚类分析等方法对 30 个表型性状进行多样性分析。结果表明: 除叶柄长度、茎叶着生状态、分枝习性外的 27 个表型性状变异类型多样, 平均多样性指数达 1.840, 高于国内白菜型油菜平均水平 1.709。变异系数(3.92% ~ 52.84%) 也表明了性状变异的丰富性。基于主成分因子综合得分进行离差平方和法聚类分析, 取卡方平均距离 0.80 为阈值, 将 16 份白菜型黄籽油菜分为 3 个类群, 第Ⅰ类角果最长, 每果粒数最多; 第Ⅱ类分枝部位最高, 一次分枝数、有效角果数最多; 第Ⅲ类分枝部位最低, 主轴有效长度最短、有效角果数最少。此外, 白菜型黄籽油菜籽粒以极大型和大型为主, 种皮色泽丰富。

关键词: 黄籽油菜; 农家品种; 表型性状; 多样性
中图分类号: S565.403 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9084(2014)04-0461-08

Phenotype diversity of yellow – seed rape lines (*Brassica rapa* L.) from Tibet China

LI Meng – han, LI Chang – ming, XU Jin – hong, HE Yan, DAN Ba*
(Laboratory of Plateau Crop Molecular Breeding, Agricultural and Animal
Husbandry College of Tibet University, Linzhi 860000, China)

Abstract: To understand the yellow – seed rape collected from Tibet China, variable coefficient and diversity index of 30 phenotypic characteristics of 16 *Brassica rapa* lines were investigated. Results indicated that except 3 traits (petiole length, attaching pattern of stem – leaf and branching habits), the average diversity index of the other 27 phenotypic characteristics was 1.840, which was higher than 1.709 as the rest of China. The variation coefficient (3.92% to 52.84%) also showed higher diversities. Based on principal component analysis, the ward method cluster analysis was chosen for establishing core collection and the Chi – square average distance was 0.80. These 16 different yellow – seed lines were divided into 3 groups: Group I the longest pod – length and the most seed numbers per pod; Group II the highest branch height, the most primary branches and effective pod numbers; Group III the lowest branch height, the shortest effective blot length and the least effective pod numbers. In addition, the seed sizes of these yellow – seed materials were extremely large, and the colors of seed coat were rich.

Key words: Yellow – seed rape; Local variety; Phenotype characteristics; Diversity

西藏位于我国的西南边疆, 青藏高原的西南部, 包括东经 78°25' ~ 99°06', 北纬 26°44' ~ 36°32' 之间的广大地区, 总面积达 1 220 000hm²。西藏境内既有高耸林立的山脉, 又有深彻的峡谷, 还有冰缘、岩溶、戈壁、火山、裸石、风沙等多种地貌类型。众多的河流湖泊分布于高山峻岭之间, 多种多样的地形地貌和复杂的气候造就了西藏作物的多样性。

油菜在西藏具有悠久的栽培历史, 是西藏分布最为广泛的油料作物。近年来, 区内外许多学者对西藏油菜进行了大量的研究, 胡书银^[1]等依据生态地理对西藏油菜种质资源进行了区划, 将其划分为两个大区, 七个小区。王建林^[2~4]等对西藏油菜的起源及演化、生物多样性等问题进行了研究, 并提出西藏中西部地区可能是我国白菜型和芥菜型油菜起

收稿日期: 2014-01-06
基金项目: 国家自然科学基金(31160292)
作者简介: 李梦寒(1984 –), 女, 回族, 河南开封人, 讲师, 硕士, 主要从事高原作物栽培研究, E – mail: limenghan009@163.com
* 通讯作者: 旦 巴, 男, 藏族, 西藏仁布人, 副教授, 硕士生导师, 主要从事油菜遗传研究, E – mail: dbtebit@163.com

源地的观点。尼玛卓玛^[5,6]等针对西藏油菜种质资源及育种技术进行了研究。旦巴^[7]等利用 RAPD 分子标记对西藏部分油菜种质资源的遗传多样性进行分析,结果表明西藏油菜遗传多样性极其丰富。宋伟林等^[8]应用 SARP 分子标记技术对西藏芥菜型油菜进行了遗传多样性研究,认为西藏芥菜型油菜中存在优异的种质资源可供进一步利用和推广。陈碧云、马艳明^[9,10]等对油菜的研究中都曾涉及到西藏油菜品种,二者的研究结果均表明西藏油菜具有千粒重高、表型性状变幅大等特点。然而,前人主要是针对油菜的分布、表型性状、遗传性状及抗逆性进行了相关的研究,并在揭示油菜分类、分布、表型遗传变异规律等方面取得了一定的成果。但对目前西藏黄籽油菜种质资源的研究鲜有报道。本研究以课题组在拉萨、山南等西藏主要农区采集的白菜型黄

籽油菜农家品种为参试材料,分析其表型性状多样性,评价表型性状的丰富度及均匀度,以期保护西藏黄籽油菜种质资源,并为进一步发掘和利用优异黄籽种质奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料

课题组于 2011 年 10 月 - 11 月在西藏主要农区收集了黄籽油菜农家品种,从中选取 16 份白菜型黄籽油菜作为参试材料,其中拉萨材料 5 份,山南地区材料 11 份(表 1)。于 2012 年、2013 年在西藏大学农牧学院实习农场进行春播试验,各参试材料隔离自繁,随机区组排列,重复 3 次。试验田均为沙壤土,肥力中等,排灌方便,田间管理水平略高于大田。

表 1 参试材料名称及来源地
Table 1 Name and origin of tested materials

序号 No.	名称 Name	来源地 Origin	序号 No.	名称 Name	来源地 Origin
1	坡章黄籽 Pozhang yellow - seed	山南乃东县 Naidong, Shannan	9	唐加黄籽 Tangjia yellow - seed	拉萨墨竹工卡县 Mozhugongka, Lasa
2	敏珠林寺 Mindruling Monastery	山南扎囊县 Zanang, Shannan	10	奴卡黄籽 Nuka yellow - seed	山南桑日县 Sangri, Shannan
3	乃东黄籽 Naidong yellow - seed	山南乃东县 Naidong, Shannan	11	雪巴黄籽 Xueba yellow - seed	山南桑日县 Sangri, Shannan
4	敏珠黄籽 1 Mindruling yellow - seed 1	山南扎囊县 Zanang, Shannan	12	澎波黄 Pengbo yellow	拉萨林周县 Linzhou, Lasa
5	雪巴黄籽油菜 Xueba yellow - seed rapeseed	山南桑日县 Sangri, Shannan	13	卡玛当黄籽 Kamadang yellow - seed	山南桑日县 Sangri, Shannan
6	敏珠黄籽 2 Mindruling yellow - seed 2	山南扎囊县 Zanang, Shannan	14	柏林黄籽 Bolin yellow - seed	拉萨曲水县 Qushui, Lasa
7	占堆黄籽 Zhandui yellow - seed	山南扎囊县 Zanang, Shannan	15	藏多黄籽 Zangduo yellow - seed	拉萨达孜县 Dazi, Lasa
8	林岗黄籽 Lingang yellow - seed	拉萨尼木县 Nimu, Lasa	16	贡嘎萨黄籽 Gonggasa yellow - seed	山南曲松县 Qusong, Shannan

表 2 性状的标准化
Table 2 Standard of characteristics

性状 Characteristics	标准化 Standard
真叶刺毛 Spiny hair	0:无 None;1:少 Little;2:多 Many
叶柄长度 Petiole length	0:无 None;1:短 Short;2:长 Long
叶尖形状 Leaf apex shape	1:圆 Round;2:中等 Intermediate;3:尖 Acute
苗期生长习性 Growth habit	1:匍匐 Grovel;2:半直立 Half - erection;3:直立 Erection
茎叶着生状态 Attaching pattern of stem - leaf	0:不抱茎 Non - claspimg;1:半抱茎 Semi - claspimg;2:全抱茎 Full - claspimg
花瓣形状 Petal shape	1:圆形 Round;2:椭圆 Ellipse;3:球拍 Racket;4:窄长 Narrow - long
花瓣形态 Petal character	1:平展 Flat;2:皱缩 Crimple
花瓣着生状态 Petals growth pattern	1:覆瓦 Tile;2:侧迭 Overlapping;3:分离 Apart
分枝习性 Branching habit	1:上生分枝 Up ramification;2:匀生分枝 Even ramification;3:下生分枝 Down ramification
株型 Plant type	1:筒型 Cylinder;2:扇型 Sector;3:帚型 Coremiform
角果着生状态 Silique angular	1:平生 Flat;2:斜生 Inclined;3:直生 Straight;4:垂生 Droop
籽粒节明显度 Silique node	0:不明显 Unconspicuous;1:明显 Obvious
抗裂角性 Pod shatter resistance	3:强 Strong;5:中 Intermediate;7:弱 Weak
种皮色 Seed coat color	1:橘黄 Orang;2:黄 Yellow;3:浅黄 Light - yellow;4:暗黄 Dark - yellow;5:黄杂 Variegated - yellow
种子形状 Seed shape	1:圆形 Round;2:扁圆形 Flat - round;3:不规则形 Irregular

1.2 表型性状的获取

研究的表型性状共计 30 个,它们是生育期、主根直径、株高、一次分枝数、有效分枝高度、主轴有效长度、主轴有效角果数、全株有效角果数、角果密度、角果长度、角果宽度、果喙长度、每果粒数、千粒重、理论单株产量、真叶刺毛、叶柄长度、叶尖形状、苗期生长习性、薹茎叶着生状态、花瓣形状、花瓣形态、花瓣着生状态、分枝习性、株型、角果着生状态、籽粒节明显度、抗裂角性、种皮色、种子形状。其中,前 15 个性状直接采用测量数值记载,后 15 个性状采用文字描述记载,然后按表 2 方法转换成数值。选取考种的单株数为 10 株,性状界定的比值为 70% 左右。

理论单株产量根据公式全株有效角果数 $\times$ 每果粒数 $\times$ 千粒重/1 000 计算,除该性状外,所有性状参照《油菜种质资源描述规范和数据标准》^[11]获取数据,其中真叶刺毛、叶柄长度、叶尖形状、苗期生长习性等性状由同一人负责观察记录。

1.3 统计分析方法

1.3.1 数据标准化 文字描述记载的 15 个性状按表 2 进行标准化,数值化性状变异分析时采用原始值,计算多样性指数时进行数据标准化,即对性状数据进行分级,首先计算各性状的平均数($\bar{x}$),标准差(s),10 类分级,第 1 级为 $X < \bar{x} - 2s$,第 10 级为 $X \geq \bar{x} + 2s$,每隔 1 级间差 0.5s,然后将原始数据纳入相应的级别中。

1.3.2 表型性状变异分析 利用公式 $s/\bar{x} \times 100\%$,计算各表型性状的变异系数 CV,用于衡量性状的离散程度^[12]。计算借助 Excel 软件完成。

1.3.3 表型性状多样性指数的计算 应用 DPS (v7.05) 软件计算多样性指数,采用 Shannon - Weaver 信息指数,即 $H' = - \sum P_i \ln P_i$, P_i 为某性状第 i 个级别内材料份数占总材料份数的比率。

1.3.4 基于主成分的表型性状聚类分析 将表型性状数据进行标准化,应用 DPS (v7.05) 软件进行主因子分析,获取主成分分析因子得分,利用公式 $Z = f_1y_1 + f_2y_2 + f_3y_3 + \dots + f_ky_k$,计算各品种的主成分因子综合得分,其中: k 为累计贡献率 $> 85\%$ 时提取的主成分个数, f_iy_i 是每个材料在主成分因子得分 y_i 上按贡献率 $f_i = \lambda_i / \sum \lambda_k$ 的取值。在主成分分析因子综合得分的基础上进行聚类分析,聚类分析借助 DPS (v7.05) 软件,采用卡方距离作为种质间距离,离差平方和法进行聚类。

2 结果与分析

2.1 表型性状变异分析

对各数值化性状的统计分析结果(表 3)表明:不同材料同一性状间存在一定的变异幅度,各性状变异系数差异较大,分布于 3.92% ~ 52.50% 之间。其中果喙长度离散幅度最大,变幅为 0.40 ~ 5.00 cm,变异系数为 52.40%。生育期变异幅度最小,在 117 ~ 135d 之间,变异系数为 3.92%,各材料生育期差距较小。其余各性状变异系数从大到小依次为理论单株产量 $>$ 全株有效角果数 $>$ 主轴有效长度 $>$ 一次分枝数 $>$ 有效分枝高度 $>$ 每果粒数 $>$ 千粒重 $>$ 角果宽度 $>$ 主轴有效角果数 $>$ 主根直径 $>$ 角果长度 $>$ 着果密度 $>$ 株高。

对 15 个文字描述记载表型性状变异类型的统计结果见图 1,根据表 2 的标准,共检测到 33 种变异类型。其中,种皮色性状的变异表现最丰富,不同的材料之间均存在差异,大体上可将种皮色归为橘黄色、黄色、浅黄色、暗黄色、黄杂色等 5 种类型。叶柄长度、薹茎叶着生状态、分枝习性等性状表现单一,16 份材料基叶均无叶柄,薹茎叶着生状态均表现为半抱茎,分枝习性统一为上生分枝。白菜型黄籽油菜叶片光滑无突起,13 份材料为无刺毛,3 份材料有少量刺毛。基叶叶尖形状表现丰富,检测到圆、中、尖等 3 个变异类型,所占比例分别为:18.75%、75.00%、6.25%。苗期生长习性检测到半直立、直立 2 个变异类型,未发现匍匐类型,两者比例分别为 43.75%、56.25%。单片花瓣形状发现 3 种变异类型:圆形、椭圆、球拍,所占比例分别为 12.50%、56.25%、31.25%。花瓣形态 2 种变异类型:平展和皱缩,其中平展居多,占总份数的 87.50%。花瓣着生状态分离类型较多,其次是侧迭,未发现覆瓦类型。油菜株型性状分为筒型、扇型与帚型,黄籽油菜的株型仅检测到扇型、帚型,并以帚型居多。角果着生状态检测到斜生、直生 2 种类型,未发现平生、垂生类型,其中直生所占比例为 62.50%。籽粒节明显度分为不明显、明显两个类型,其中不明显类型的比例较大,为 81.25%。抗裂角性仅发现强、中两种,所占比例分别为 81.25% 和 18.75%,未发现弱抗裂角性类型。种子形状以不规则形居多,所占比例为 81.25%。

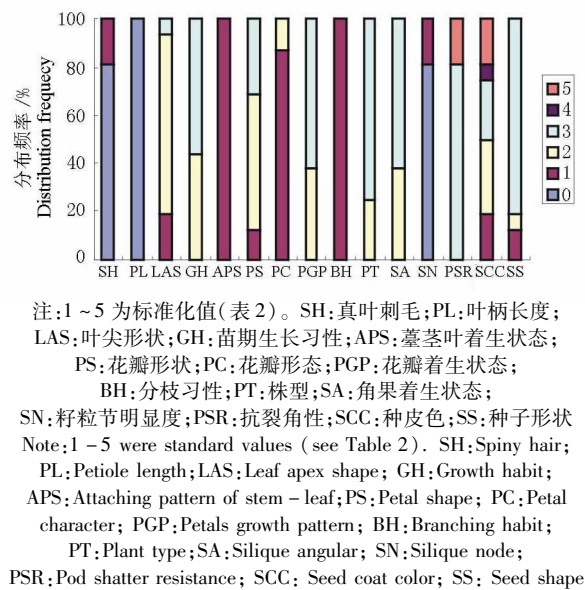


图 1 黄籽油菜非数值性状的变异类型
Fig.1 Distribution of non-numerical traits of yellow-seed lines

2.1.1 生育期 16 份材料中生育期小于 120d 的 2 份,分别为藏多黄籽(117d)、贡嘎萨黄籽(119d),大于 130d 的材料 4 份,分别为乃东黄籽(132d)、林岗黄籽(133d)、唐加黄籽(135d)、奴卡黄籽(131d),其余 10 份材料的生育期介于 120~130d 之间。藏油 3 号(白菜型)的生育期一般在 95d 左右,年河 1 号(芥菜型)生育期一般在 96d 左右,青油 46 号(甘蓝型)的生育期约为 104d^[13],黄籽油菜的生育期高于

其它油菜品种的生育期。
2.1.2 分枝性状和株型 参试材料的一次分枝数在 4.33~10 个之间,其中仅有 7 份材料大于该性状平均水平(6.91 个)。研究未发现黄籽油菜有二次分枝,这与林芝当地栽培的白菜型油菜差异较大^[14]。该批材料有效分枝部位多集中在主茎的中上部,分枝高度在 40~70cm 之间的材料 11 份,占总材料的 68.75%,所有参试材料的有效分枝高度均高于藏油 3 号分枝高度(17.2cm)^[13]。西藏白菜型油菜分枝习性存在上生分枝、匀生分枝和下生分枝^[14],但 16 份黄籽材料该性状表现单一,均为上生分枝型。

《油菜种质资源描述规范和数据标准》^[11]将油菜株型分为帚型、扇型、筒型 3 种类型。黄籽油菜的分枝着生部位多在主茎中部以上,一次分枝相对比较少,未发现二次分枝,参试黄籽油菜株型呈扇型、帚型,以帚型居多。

2.1.3 角果性状 根据果喙长度与角果长度的比值,可将果喙长度分为短喙、中喙、长喙,仅有颇章黄籽、雪巴黄籽油菜为短喙,长喙品种为敏珠林寺黄籽、占堆黄籽、林岗黄籽、唐加黄籽、奴卡黄籽等 5 份,其余品种均为中喙,中长喙材料占总材料的 87.50%,由此可见,西藏黄籽油菜果喙长度以中长喙居多,这一性状同当地栽培的白菜型油菜差异明显^[14]。

表 3 黄籽油菜数值化性状的变异系数
Table 3 Numeric variation for yellow-seed lines

性状 Characteristics	最大值 Max	最小值 Min	平均数 Mean	标准差 Standard-dev	变异系数 CV/%
生育期 Growth period/d	135.00	117.00	126.00	4.94	3.92
株高 Plant height/cm	139.80	88.67	114.08	14.71	12.90
主根直径 Root diameter/cm	1.78	0.80	1.34	0.29	21.62
主轴有效长度 Main stem length/cm	54.00	19.06	37.12	11.64	31.36
主轴有效角果数 Number of silique per plant	47.00	20.50	32.14	7.71	24.00
一次分枝数 Number of first branches	10.00	4.33	6.91	2.08	30.08
有效分枝高度 Height of effective branch/cm	69.50	27.00	45.97	13.03	28.34
角果密度 Silique density/cm	1.36	0.64	0.90	0.17	19.00
角果长度 Silique length/cm	5.60	2.15	4.37	0.86	19.72
角果宽度 Silique width/cm	0.70	0.25	0.52	0.13	24.25
果喙长度 Silique peak length/cm	5.00	0.40	2.28	1.20	52.50
全株有效角果数 Number of silique per plant	252.00	81.00	140.31	49.05	34.96
每果粒数 Seeds per silique/grain	21.50	6.00	16.15	4.13	25.59
千粒重 1 000 Seeds weight/g	8.50	3.70	5.21	1.27	24.41
理论单株产量 Theoretical yield per plant/g	22.09	4.47	11.34	4.57	40.35

角果着生状态可分为平生、斜生、直生、垂生 4 种类型,但黄籽油菜仅有斜生、直生两种类型,未检测到平生、垂生。而林芝栽培白菜型油菜角果着生状态以平生型为主^[14],二者角果着生状态存在较大的差异。黄籽油菜籽粒节绝大多数表现不明显,仅

有 3 份材料籽粒节明显。抗裂角性强是黄籽油菜的一个显著特点,该性状与野外调查结果一致,西藏农户进行油菜脱粒多使用人工,黄籽油菜抗裂角性强,脱粒难,因而西藏黄籽油菜种植面积极小。

2.1.4 种子性状 根据《中国油菜栽培》^[15]对于千粒重的分类标准将千粒重分为5级,千粒重变异幅度在3.70~8.50g之间,其中0级材料8份,1级材料6份,2级材料2份,无3级、4级材料,极大型、大型种子占极大的比重。该性状的平均值为5.21g,显著高于陈碧云等^[9]的研究结果即中国白菜型油菜的千粒重平均值为2.62g。但千粒重易受环境的影响,该性状的遗传稳定性还有待进一步研究。

黄籽油菜与黑籽油菜相比具有含油量高、蛋白质含量高、种皮薄、纤维素含量低、皮壳率低、油色透亮等特点^[16,17],油菜种皮色可作为一种指示性状,应用于黄籽油菜育种工作^[18]。黄籽油菜种皮色表现极其丰富,不仅在不同材料间表现出巨大的差异,同一材料内也表现出不同的差异,至于其种皮色素的种类、含量等还有待于进一步的研究。种子形状检测到圆形、椭圆形和不规则形,其中以不规则形居多,同一材料的种子形状也并非完全一致,同样表现出了一定的差异性。

2.2 表型性状多样性指数比较

依据表型性状的原始数据统计多样性指数,按多样性指数从大到小依次进行排列,结果见表4。除叶柄长度、茎茎叶着生状态、分枝习性外的27个性状多样性指数平均值为1.84。各性状中,主轴有效角果数多样性信息指数最高为2.86,其次是每果粒数(2.70)、主轴有效长度(2.66)。花瓣形态多样

性指数最低为0.54。多样性指数大于2的性状共16个,包括生育期、主根直径、株高、一次分枝数、有效分枝高度、主轴有效长度、主轴有效角果数、全株有效角果数、角果密度、角果长度、角果宽度、果喙长度、每果粒数、千粒重、理论单株产量、种皮色等性状。黄籽油菜的表型性状平均多样性指数1.84,高于国内白菜型油菜材料的1.71^[9],说明西藏黄籽油菜农家品种形态变异类型非常丰富。比较表型性状的变异系数(表3)和多样性信息指数(表4)可知,同一性状的变异系数与多样性信息指数相对值可能不一致,某些性状变异系数大,但多样性指数相对较小;而另一些性状变异系数小,多样性指数相对较大。将各性状的变异系数、多样性信息指数由大到小排序,发现同一性状的变异系数、多样性指数排名有所差异,如全株有效角果数的变异系数为34.96%,在数值化性状变异系数的排序中位居第三,但其多样性信息指数为2.34,低于平均水平2.52。虽然变异系数和多样性信息指数均可用于评价表型的多样性,但二者反映的角度不同,变异系数反映性状间各观测值的离散程度,即表型性状的变异度,而多样性信息指数则是反映性状间各等级的数量分布,即表型性状的丰富度及均匀度^[19,20]。因此,在评价性状多样性时,需同时考虑变异系数及多样性指数。

表 4 表型性状的多样性信息指数 I
Table 4 Shannon – Weaver information index (I) based on phenotypic characteristics

性状 Characteristics	I	性状 Characteristics	I
主轴有效角果数 Main stem length	2.858 5	角果密度 Silique density ind	2.233 5
每果粒数 Seeds per silique	2.702 8	种皮色 Seed coat color	2.180 0
主轴有效长度 Main stem length	2.655 6	花瓣形状 Petal shape	1.366 3
主根直径 Root diameter	2.649 4	叶尖形状 Leaf apex shape	1.014 1
理论单株产量 Theoretical yield per plant	2.649 4	苗期生长习性 Growth habit	0.988 7
果喙长度 Silique peak length	2.608 5	株型 Plant type	0.988 7
生育期 Growth period	2.555 0	花瓣着生状态 Petals growth pattern	0.954 4
千粒重 1 000 – seeds weight	2.555 0	角果着生状态 Silique angular	0.954 4
一次分枝数 Number of first branches	2.452 8	种子形状 Seed shape	0.868 4
有效分枝高度 Height of effective branch	2.452 8	真叶刺毛 Spiny hair	0.696 2
角果宽度 Silique width	2.405 6	籽粒节明显度 Silique node	0.696 2
角果长度 Silique length	2.352 2	抗裂角性 Pod shatter resistance	0.696 2
全株有效角果数 Number of siliques per plant	2.349 6	花瓣形态 Petal character	0.543 6
株高 Plant height	2.250 0		

2.3 基于主成分的表型性状聚类分析

由于涉及的性状较多,且某些性状之间存在一定的相关关系,为防止某些信息重叠,并尽可能多地反映原始性状信息,故采用基于主成分因子综合评

分的聚类分析。利用除理论单株产量外26个有变异的表型性状进行主成分分析,以累计贡献率>85%的原则提取主成分,可以提取8个主成分,处理结果见表5。

表 5 特征值及方差贡献率
Table 5 Eigenvalue and variance contribution

No.	特征值 Eigenvalue	百分率 Percentage/%	累计百分率 Cumulative percentage/%	No.	特征值 Eigenvalue	百分率 Percentage/%	累计百分率 Cumulative percentage/%
1	5.263 4	19.493 9	19.493 9	9	1.023 7	3.791 4	90.456 5
2	4.562 0	16.896 2	36.390 1	10	0.902 3	3.342 0	93.798 5
3	3.528 1	13.066 9	49.457 0	11	0.657 9	2.436 6	96.235 1
4	2.922 5	10.824 1	60.281 1	12	0.446 2	1.652 6	97.887 7
5	2.246 0	8.318 6	68.599 7	13	0.330 6	1.224 5	99.112 2
6	1.935 6	7.168 9	75.768 6	14	0.138 5	0.513 1	99.625 2
7	1.760 7	6.521 1	82.289 7	15	0.101 2	0.374 8	100.000 0
8	1.181 4	4.375 4	86.665 1				

仅用主成分因子得分,难以对各品种的不同性状作出准确评价,因此将主成分因子得分与相应的贡献率权重结合起来计算综合得分 Y(表 6),用于描述各性状对产量的影响。综合得分高,说明品种性状对产量的影响大,综合得分低说明品种性状对产量的影响小。综合得分大于 0 的说明该品种性状对产量的影响高于各品种的平均水平。

表 6 主成分因子综合得分
Table 6 Composite factor scores of principal component analysis

No.	Y(i,1)	Y(i,2)	Y(i,3)	Y(i,4)	Y(i,5)	Y(i,6)	Y(i,7)	Y(i,8)	Y
N(1)	-2.96	0.57	3.32	0.57	-0.87	0.01	-3.59	0.36	-0.32
N(2)	4.81	-1.87	3.32	-2.93	-0.54	1.44	0.50	1.24	1.02
N(3)	1.08	-2.40	-4.00	1.09	-0.04	1.74	-1.68	0.23	-0.67
N(4)	-2.22	-0.29	-0.39	-1.75	1.21	0.09	0.18	1.01	-0.65
N(5)	-2.71	-1.70	2.02	4.00	0.69	1.31	1.94	0.33	0.20
N(6)	-2.37	-1.52	0.16	-1.61	2.24	0.58	0.10	0.29	-0.72
N(7)	-0.30	-0.80	-0.13	-0.95	-3.83	-0.47	0.77	-1.64	-0.79
N(8)	2.67	4.28	-0.61	1.22	0.06	3.17	-0.45	-0.80	1.69
N(9)	0.41	-0.09	0.57	1.26	-1.24	-1.55	-0.90	-0.50	-0.02
N(10)	0.97	-1.76	0.44	1.36	-0.67	-0.47	1.42	-0.23	0.11
N(11)	3.33	-0.26	0.66	1.47	2.04	-2.09	0.48	-0.78	1.00
N(12)	-1.47	2.92	-2.24	-0.07	-1.76	-0.44	1.57	2.34	-0.08
N(13)	-1.27	1.44	0.14	-1.05	-0.35	-0.92	0.32	0.12	-0.19
N(14)	2.60	0.60	-1.49	0.68	0.94	-2.32	-1.22	1.14	0.42
N(15)	-1.14	3.95	0.51	-1.60	1.69	-0.24	0.70	-1.69	0.50
N(16)	-1.42	-3.07	-2.28	-1.69	0.42	0.17	-0.14	-1.43	-1.50

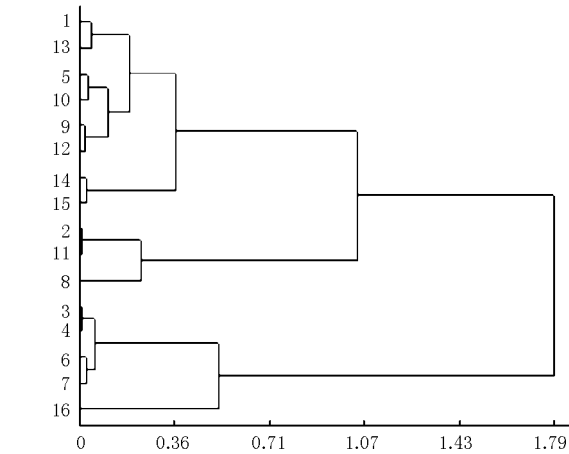


图 2 基于主成分的聚类分析图
Fig. 2 Clustering based on principal component

利用主成分因子综合得分进行聚类分析,并绘制树状聚类图(图 2)。当阈值为 0.80 时,可将 16

份农家品种分为 I、II、III 3 个类群。第 I 类包含 8 份材料,分别为颇章黄籽、卡玛当黄籽、雪巴黄籽油莱、奴卡黄籽、唐加黄籽、澎波黄、柏林黄籽、藏多黄籽,该类群苗期生长习性以半直立为主,株型多为帚型。第 II 类有敏珠林寺、雪巴黄籽、林岗黄籽等 3 份材料,苗期生长习性多为直立型,株型均为帚型。第 III 类材料 5 份,分别为乃东黄籽、敏珠黄籽 1、敏珠黄籽 2、占堆黄籽、贡嘎萨黄籽,苗期生长习性均为直立。

由表 7 看出黄籽油莱株高、有效分枝高度与一次分枝数、主轴有效长度、主轴有效角果数、全株有效角果数、每果粒数等性状关系密切。类群 I 株高适中、分枝部位集中在主茎中部偏下,主花序有效长度、主花序有效角果数居中,全株有效角果数较多、角果密度较大,角果长度最长、每果粒数最多。类群 II 植株高大、分枝部位多集中在主茎中部,一次分枝

数最多,主花序有效角果数、全株有效角果数最多,主花序有效长度最长,角果密度最小,角果长度最短、每果粒数最少。类群Ⅲ株高与类群Ⅰ相当,但其

有效分枝部位最低,主花序有效长度最短,主花序有效角果数、全株有效角果数最少,角果密度、每果粒数居中。该聚类分析结果与野外调查结果基本一致。

表 7 类群数值化性状差异
Table 7 Differences of numerical character in group

数值化性状 Numerical character	类群Ⅰ Group I	类群Ⅱ Group II	类群Ⅲ Group III
生育期 Growth period/d	125.8 ± 5.68	128.0 ± 4.36	125.2 ± 4.66
主根直径 Root diameter/cm	1.18 ± 0.26	1.68 ± 0.12	1.39 ± 0.23
株高 Plant height/cm	111.4 ± 15.28	126.4 ± 13.05	110.9 ± 13.28
一次分枝数 Number of first branches	6.34 ± 1.85	9.37 ± 0.71	6.33 ± 2.08
有效分枝高度 Height of effective branch/cm	48.65 ± 10.08	58.53 ± 9.51	34.14 ± 8.91
主轴有效长度 Main stem length/cm	37.02 ± 10.26	52.77 ± 2.12	27.91 ± 5.67
主轴有效角果数 Number of silique per plant	33.55 ± 4.16	41.87 ± 5.54	24.07 ± 4.60
全株有效角果数 Number of silique per plant	153.5 ± 48.01	168.6 ± 59.97	102.2 ± 20.89
角果密度 Silique per cm	0.95 ± 0.21	0.79 ± 0.11	0.87 ± 0.11
角果长度 Silique length/cm	4.73 ± 0.65	3.84 ± 1.48	4.11 ± 0.62
角果宽度 Silique width/cm	0.52 ± 0.11	0.45 ± 0.18	0.56 ± 0.13
果喙长度 Silique peak length/cm	2.00 ± 0.94	3.25 ± 1.59	2.14 ± 1.29
每果粒数 Seeds per silique/grain	17.66 ± 3.22	14.03 ± 7.77	15.00 ± 2.47
千粒重 1 000 Seeds weight/g	4.96 ± 1.11	5.33 ± 0.97	5.52 ± 1.78

3 结论与讨论

西藏白菜型黄籽油菜是在西藏复杂的气候地理环境下经过长期适应形成的宝贵种质资源。但由于近年来西藏大力推广优质油菜品种,加之黄籽油菜脱粒难、产量低等特点,黄籽油菜种质的数量、分布区域等逐渐减少。表型多样性是基因与环境共同作用的结果,能在一定的程度上反映品种的遗传多样性,因此对品种表型性状进行综合全面的鉴定与评价,可以了解品种的遗传变异信息,为保护和高效利用西藏黄籽油菜种质资源,有针对性地进行油菜育种提供必要的理论依据。

通过对 16 份西藏白菜型黄籽油菜农家品种进行表型性状多样性分析,发现西藏白菜型黄籽油菜表型性状平均多样性指数高达 1.84,数值化性状平均变异系数达 26.20%,表明西藏黄籽油菜农家品种表型性状十分丰富,这一结果同陈碧云^[9]的研究结果比较相符。参试白菜型黄籽油菜与藏油 3 号相比,株型紧凑,分枝数少,一次分枝数多为 4~7,未发现二次分枝数,且分枝着生点多集中在主茎中上部,均为上生分枝型。黄籽油菜角果短粗,果喙长且宽,角果着生状态为直生、斜生型,籽粒节不明显,抗裂角性强。千粒重性状最大值可达 8.50g,最小值也达 3.70g,均属大型、极大型种子。种皮色泽极其丰富,关于种皮色与含油率、蛋白质含量、皮壳率的关系还有待进一步的研究。

通过聚类分析,将 16 份白菜型黄籽油菜分为 3 个类群,第Ⅰ类角果最长,每果粒数最多;第Ⅱ类分

枝部位最高,一次分枝数、有效角果数最多;第Ⅲ类分枝部位最低,主轴有效长度最短、有效角果数最少。西藏白菜型黄籽油菜形态学性状数量少,而且易受环境条件影响^[21]。分子标记技术能直接从 DNA 水平上揭示种质资源的遗传特性及品种之间的亲缘关系,因此,有必要利用分子标记技术对西藏白菜型黄籽油菜的遗传多样性进行研究,为进一步发掘和利用优异黄籽油菜种质奠定理论基础。西藏黄籽油菜生育期表现较单一,各参试材料之间无明显差异,未发现早熟农家品种,但通过初步检测,该批材料含油量普遍高于黑籽油菜品种,这为我们选育黄籽油菜优良亲本提供了必要的理论依据,促使我们利用黄籽高油份品种同早熟、双低等油菜品种进行杂交,以培育适应西藏生产实际的油菜新品种。

参考文献:

[1] 胡书银,王建林,栾运芳. 西藏油菜种质资源的生态地理区划[J]. 西藏科技,2002(11):13-16.
[2] 王建林,胡书银,栾运芳,等. 西藏油菜的生物多样性研究[J]. 西藏科技,2002(11):8-12.
[3] 王建林,栾运芳,大次卓嘎,等. 中国栽培油菜的起源和进化[J]. 作物研究,2006(3):199-205.
[4] 王建林,旦巴,成海宏,等. 西藏野生油菜和栽培油菜遗传多样性的 AFLP 分析[J]. 中国油料作物学报,2008,30(1):10-16.
[5] 尼玛卓玛. 西藏油菜育成成品系谱及其分析[J]. 西藏农业科技,1993(2):27-30.
[6] 尼玛卓玛,唐琳. 西藏油菜种质资源研究与利用[J]. 西藏科技,2002(11):47-48.

[7] 旦巴,涂金星,胡书银,等. 西藏油菜种质资源的 RAPD 分子标记分析[J]. 作物学报,2003,29(3):1-7.

[8] 宋伟林,许鲲,李峰,等. 中国西藏芥菜型油菜遗传多样性研究[J]. 中国油料作物学报,2013,35(2):153-161.

[9] 陈碧云,许鲲,高桂珍,等. 中国白菜型油菜种质表型多样性分析[J]. 中国油料作物学报,2012,34(1):25-32.

[10] 马艳明,刘志勇,肖菁,等. 西北地区 102 份油菜地方品种农艺性状比较分析[J]. 西北农业学报,2012,21(12):69-75.

[11] 伍晓明,陈碧云,陆光远,等. 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.

[12] 明道绪. 田间试验与统计分析[M]. 北京:科学出版社,2005.

[13] 孟霞,旦巴. 西藏春油菜品种在林芝地区丰产性和适应性研究[J]. 西藏科技,2010(6):5-7.

[14] 何燕,栾运芳,常天军,等. 西藏野生油菜种质资源表型多样性初探[J]. 中国农学通报,2008,24(3):355-361.

[15] 四川农业科学院. 中国油菜栽培[M]. 北京:中国农业出版社,2001. 129-230.

[16] 尚毅,张振兰,陈文杰,等. 显性黄籽油菜种子特性研究[J]. 种子,2004,24(9):18-20.

[17] 刘志文,毛玮,傅廷栋,等. 甘蓝型油菜种皮颜色的遗传分析[J]. 华北农学报,2008,23(2):84-87.

[18] 张学昆,谌利,殷家明,等. 甘蓝型黄籽油菜 RAPD 和种皮色素遗传多样性[J]. 中国农业科学,2003,36(7):752-756.

[19] Tilman D. The ecological consequences of changes in biodiversity:a search for general principles[J]. Ecology,1999,80(5):1455-1474.

[20] 柳唐镜,于海彬,张棵,等. 红籽瓜种质资源形态多样性分析[J]. 中国蔬菜,2010(20):19-26.

[21] 徐爱遐,马朝芝,肖恩时. 中国西部芥菜型油菜遗传多样性研究[J]. 作物学报,2008,34(5):754-763.

(责任编辑:郭学兰)