

于二汝,袁婷婷,杨航,等. 15 份紫叶紫苏品系叶片色素含量与主要农艺性状的综合评价[J]. 江苏农业科学,2024,52(1):154-162.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.01.023

15 份紫叶紫苏品系叶片色素含量 与主要农艺性状的综合评价

于二汝,袁婷婷,杨航,向依,李慧琳,奉斌,潘金卫,林卫红

(贵州省农业科学院贵州省油料研究所,贵州贵阳 550006)

摘要:紫叶紫苏是我国药用、菜用紫苏的主要来源,为了促进紫叶紫苏的开发利用,针对从国内收集的 15 份紫叶紫苏,开展叶色生理基础研究和主要农艺性状的调查与分析,并运用因子分析和聚类分析等方法对材料进行综合评价。结果表明,15 份紫苏材料的叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素、花色苷含量分别为 0.55 ~ 1.00 mg/L、0.26 ~ 0.46 mg/L、0.22 ~ 0.38 mg/L 和 0.22 ~ 0.67 U/g(以鲜质量计),叶上表面为紫绿色的紫苏叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素含量均较低,叶上表面为紫色的紫苏花色苷含量高。紫苏生育期和 15 个农艺性状的变异系数为 4.4% ~ 38.0%,以单株籽粒质量最大,其次为总穗数、叶片数和叶片质量,变异系数依次为 33.3%、30.0% 和 28.0%。15 份紫苏单株的叶片质量、枝干质量和籽粒质量分别为 0.030 ~ 0.112 kg、0.222 ~ 0.468 kg、2.2 ~ 9.1 g。相关性分析结果显示,紫苏生育期与单株籽粒质量呈显著正相关($r=0.610$);叶片数与枝干质量($r=0.671$)呈极显著正相关,与叶片质量呈显著正相关($r=0.586$)。4 个公因子的累计方差贡献率为 83.957%,分别代表紫苏生物产量、株型结构、单株粒质量和千粒质量。15 份紫苏的综合因子得分介于 -1.234 ~ 0.565 之间,以 C05 最高。通过聚类分析将 15 份紫苏分为早熟矮秆低产组、枝繁叶茂组、大叶高秆组、晚熟高产组 4 组,分别包含 4、4、6、1 份材料。综合以上研究结果,初步筛选出生物产量突出的 C05、C11 和 C15 作为叶用型紫苏,综合得分高的 C09 作为籽叶兼用型紫苏加以利用。

关键词:紫苏;紫叶;色素;农艺性状;因子分析;聚类分析

中图分类号:S636.903.7 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)01-0154-09

紫苏[*Perilla frutescens* (L.) Britt.]系唇形科紫苏属一年生草本植物的统称,是我国传统药食两用植物。紫苏叶片颜色变异丰富,叶片面绿背紫或双

面紫色的,古称“苏”,与之相对的是叶片颜色为绿色的紫苏,即“白苏”,古称“荏”^[1]。《中华人民共和国药典》规定,药材紫苏叶的特征为“两面紫色或上表面绿色,下表面紫色”^[2],即为紫叶紫苏。目前,国内常用白苏的种子来榨油或做馅料,而紫叶紫苏更多为叶用,作药、时蔬或调味料等。据报道,紫叶紫苏叶含有丰富的粗蛋白和粗纤维^[3]以及钙、铁和硒等重要的营养元素和黄酮等活性成分^[4],其香味浓郁,主要成分为紫苏醛^[5],即药用紫苏的特征成分^[2]。我国的紫苏资源主要为白苏,前人已从

收稿日期:2023-03-13

基金项目:贵州省省级科技计划(编号:黔科合支撑[2020]1Y107号、黔科合支撑[2022]一般122);中央引导地方科技发展资金(编号:黔科中引地[2020]4012号)。

作者简介:于二汝(1985—),女,山西吕梁人,博士,副研究员,主要从事特色油料资源鉴定与遗传育种研究。E-mail: yuerru@163.com。

[23]刘宇曦,王娟娟,武隆楷,等. 不同追氮量对日光温室樱桃番茄品质、生长和氮素利用效率的影响[J]. 中国蔬菜,2021(7): 40-47.

[24]袁野,吴凤芝,周新刚. 光氮互作对番茄果实糖积累及蔗糖代谢相关酶活性的影响[J]. 中国农业科学,2009,42(4):1331-1338.

[25]刘中良,高俊杰,谷端银,等. 施氮量对设施基质栽培番茄品质、产量及养分吸收的影响[J]. 干旱区资源与环境,2019,33(7): 163-167.

[26]聂大杭,梁青,张艳龙,等. 不同氮肥用量对番茄养分含量、分布及产量的影响[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2015,36(2):31-34.

[27]史亮亮,聂俊,张长远,等. 氮素供给水平对浮板毛管水培樱桃番茄生长发育的影响[J]. 热带农业科学,2020,40(10): 49-59.

[28]史亮亮,聂俊,李艳红,等. 氮素水平对樱桃番茄氮磷钾吸收及利用率的影响研究[J]. 江西农业学报,2021,33(2):15-21,32.

表型^[6-7]、品质^[8]和品种选育^[9-10]等多样性方面开展了系统研究,相对而言,紫叶紫苏的研究主要集中在营养品质^[11]、活性物质紫苏醛^[12]、酚酸和黄酮类^[13]等物质的含量及变化规律等方面,而对其种质的农艺性状进行系统考察和评价的研究较少。另外,紫苏花青素主要存在于紫叶紫苏中,而在白苏中的含量较低^[14]。为了调查研究不同紫叶紫苏之间的差异,本研究拟对 15 份紫叶紫苏的色素含量进行测定,并对其生育期及 16 个农艺性状进行考察和综合评价,旨在筛选产量高且综合性状优良的紫叶紫苏,为其开发利用提供参考。

表 1 15 个紫苏品系的信息

来源	样品编号	变种	叶颜色
C01	紫苏 (<i>Perilla frutescens</i> var. <i>frutescens</i>)	背紫面紫绿	贵州省黔南州三都县
C02	紫苏	背紫面紫绿	黑龙江省科学院 HZ35
C03	紫苏	双面紫色	黑龙江省科学院 HZ3
C04	紫苏	双面紫色	黑龙江省科学院 HZ37
C05	紫苏	双面紫色	黑龙江省科学院紫苏 9 号
C06	紫苏	背紫面绿	黑龙江省科学院温室 4 号
C07	紫苏	背紫面绿	黑龙江省科学院温室野 7
C08	紫苏	双面紫色	日本大叶绿紫苏
C09	紫苏	背紫面紫绿	山西省临汾市乡宁县
C10	紫苏	双面紫色	贵州省黔东南州从江县
C11	紫苏	双面紫色	网购纯紫紫苏
C12	紫苏	背紫面紫绿	黑龙江省科学院紫苏 9 号变异株
C13	紫苏	双面紫色	华峰全紫苏
C14	回回苏 (<i>P. frutescens</i> var. <i>crispa</i>)	双面紫色	湖南省邵阳市新邵县
C15	回回苏	背紫面绿	贵州省黔东南州从江县

1.2 试验地概况及试验方法

试验地位于贵州省贵阳市花溪区金竹镇贵州省农业科学院油料研究所特色油料试验基地 (106.66°E,26.50°N,海拔 1 127 m),试验地土质为黄壤土,肥力中等。紫苏材料于 2021—2022 年采用育苗移栽的方式进行种植,播种时间为 3 月底,移栽时以 2.5 m 开厢,行距 50 cm,株距 30 cm,每个材料种植 5 行,采用随机区组排列,设 3 次重复。移栽时施用复合肥 300 kg/hm²,生长季节按常规管理进行。

1.3 生理指标的检测

2021 年 7 月在植株生长旺期取适量健康生长的完全叶。叶绿素含量的测定采用 95% 乙醇浸泡法^[15],取 0.1 g 新鲜叶 (去掉主脉)剪碎,加 15 mL 95% 乙醇,黑暗条件下浸泡 24 h,至叶片褪绿变白,取上清液测定 665、649、470 nm 波长下的吸光度。叶绿素 a 含量(mg/L) = 13.95*D*_{665 nm} - 6.88*D*_{649 nm},叶

1 材料与方法

1.1 试验材料

15 份试验材料的编号为 C01 ~ C15,其中编号为 C02 ~ C07 的材料为 2018 年从黑龙江省科学院通过资源交换获得,C12 由 C05 变异株选育而成,C08、C11、C13 通过网上购买获得,C01、C09、C10、C14、C15 为实地收集的资源,各材料信息详见表 1。所有材料收集后,在贵阳经过 3 年以上的系统选育,为表型稳定一致的品系。

绿素 b 含量(mg/L) = 24.96*D*_{649 nm} - 7.32*D*_{665 nm},类胡萝卜素含量(mg/L) = (1 000.00*D*_{470 nm} - 2.05 × 叶绿素 a 含量 - 114.80 × 叶绿素 b 含量)/245。花色苷用 1% 盐酸甲醇提取^[16],准确称取 1.00 g 叶片,用少量 1% 盐酸甲醇研磨成浆糊,定容至 10 mL,于 10 000 r/min 离心 5 min 后,将上清液稀释 40 倍,测定 530、657 nm 波长下的吸光度,花色苷相对含量 (*D*) = *D*_{530 nm} - 0.25*D*_{657 nm},单位为 U/g。

1.4 物候期及性状的考察

根据 NY/T 2494—2013《植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南 紫苏》^[17]记载紫苏叶片上表面颜色和下表面颜色。根据严兴初编著的《苏子种质资源描述规范和数据标准》^[18]调查播种期、出苗期、现序期、开花期和成熟期等紫苏主要物候期。开花期每份材料随机选取 10 株,调查叶片长度、宽度、叶柄长、叶片数,每株摘取叶长大于 3 cm 的所有

叶片并称质量,得叶片质量,剩余地上部分称质量为枝干质量。成熟期每份材料随机选取 10 株,测量株高、茎粗,并调查主茎节数、单株分枝数、总穗数、主穗长度、果口大小、果萼大小。收获后测量单株籽粒质量,并用 SC-G 自动考种分析仪及千粒质量仪(杭州万深检测科技有限公司)考察千粒质量和种子直径。除物候期外,其余性状为 2021—2022 年 2 年平均值。

1.5 数据分析

用 Excel 2010 进行数据整理,用 DPS 统计分析

软件(v17.10)进行差异显著分析、相关性分析和聚类分析。

2 结果与分析

2.1 叶片色素含量测定

15 份紫苏上表面颜色分为绿色、紫绿色和紫色 3 种(图 1), 分别有 3 份(C06、C07 和 C15)、4 份(C01、C02、C09 和 C12)和 8 份(C03 ~ C05、C08、C10、C11、C13 和 C14)材料;所有材料的叶下表面颜色均为紫色。



图1 15 份紫叶紫苏叶色的差异

由表 1 可知,15 份紫苏叶绿素 a 含量为 0.55 ~ 1.00 mg/L,平均为 (0.86 ± 0.13) mg/L,变异系数为 15.5%,以 C01、C02 的含量最低,分别为 0.58、0.55 mg/L,显著低于其余品系。叶绿素 b 含量介于 0.26 ~ 0.46 mg/L 之间,平均为 (0.39 ± 0.06) mg/L,变异系数为 14.9%,以 C15 最高,显著大于 C12、C01 和 C02,与其余品系间没有显著差异,而以 C01、C02 最低,显著小于其他品系。叶绿素 a 与叶绿素 b 的总体含量为 0.80 ~ 1.45 mg/L,平均为 (1.25 ± 0.06) mg/L,变异系数为 15.3%,以 C01、C02 最小,分别为 0.85、0.80 mg/L,显著低于其他品系。叶绿素 a 与叶绿素 b 的含量比值平均为 (2.21 ± 0.08) ,变异系数为 3.4%,以 C06 最高,为 2.36,其次为 C07,显著大于 C02(2.13),与其他品系间无显著差异。15 份紫苏的类胡萝卜素含量为 0.22 ~ 0.38 mg/L,平均为 (0.33 ± 0.05) mg/L,变异系数为 14.2%,以 C06 和 C15 含量最高,显著大于 C12、C01 和 C02,而与其他品系之间没有显著差异。花色苷含量为 0.22 ~ 0.67 U/g,平均为 (0.44 ± 0.12) U/g,变异系数为 28.4%,以 C08 最高,与

C11(0.59 U/g)、C05(0.56 U/g)和 C13(0.55 U/g)之间无显著差异,显著大于其他品系。C03 的花色苷的鲜质量含量居中,为 0.50 U/g,显著大于 C07、C09、C06 和 C02 等 4 个品系;C02 的花色苷的鲜质量含量最低,与 C06 无显著差异,显著低于其余品系。综上,15 份紫叶紫苏叶片的叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素和花色苷含量存在丰富变异(变异系数均大于 10%);对照叶色和色素含量可以看出,叶上表面为紫绿色的紫苏,叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素含量均较低,以 C01、C02 表现突出;叶上表面为紫色的紫苏花色苷含量高,反之亦然,花色苷最低的 C02、C06、C09、C07、C15 和 C01 等 6 份紫苏叶上表面颜色均为紫绿色或绿色。

2.2 主要农艺性状考察

2.2.1 物候期观察 15 个紫苏品系播种后 11 ~ 12 d 出苗;现序期为 85 ~ 130 d,平均为 (109.4 ± 14.4) d,变异系数为 13.2%,以 C04 最短,其次为 C02、C03 和 C13,现序期均小于 100 d,以 C15 最长;开花期为 98 ~ 157 d,平均为 (131.3 ± 17.4) d,变异系数为 13.3%,以 C04 最短,其次为 C02、C03,其余

表 1 15 份紫叶紫苏叶色及色素含量的比较

样品编号	叶绿素 a 含量 (mg/L)	叶绿素 b 含量 (mg/L)	叶绿素 a + b 含量 (mg/L)	叶绿素 a 含量/ 叶绿素 b 含量	类胡萝卜素含量 (mg/L)	花色苷的鲜质量 含量 (U/g)
C01	0.58b	0.26c	0.85b	2.20abc	0.23c	0.40de
C02	0.55b	0.26c	0.80b	2.13c	0.22c	0.22g
C03	0.87a	0.39ab	1.26a	2.20abc	0.33ab	0.50bcd
C04	0.84a	0.39ab	1.23a	2.18abc	0.32ab	0.41de
C05	0.94a	0.41ab	1.35a	2.29abc	0.35ab	0.56abc
C06	1.00a	0.42ab	1.43a	2.36a	0.38a	0.25fg
C07	0.96a	0.41ab	1.37a	2.34ab	0.35ab	0.36ef
C08	0.89a	0.41ab	1.30a	2.16abc	0.33ab	0.67a
C09	0.86a	0.38ab	1.24a	2.27abc	0.31ab	0.35ef
C10	0.90a	0.40ab	1.31a	2.24abc	0.35ab	0.49bcde
C11	0.93a	0.44ab	1.37a	2.14bc	0.36ab	0.59ab
C12	0.79a	0.36b	1.15a	2.22abc	0.30b	0.43cde
C13	0.95a	0.44ab	1.39a	2.13bc	0.35ab	0.55abc
C14	0.87a	0.41ab	1.27a	2.14bc	0.33ab	0.43cde
C15	0.99a	0.46a	1.45a	2.16abc	0.37a	0.36def
平均值	0.86	0.39	1.25	2.21	0.33	0.44
标准差	0.13	0.06	0.19	0.08	0.05	0.12
变异系数 (%)	15.5	14.9	15.3	3.4	14.2	28.4

注:同列数据后标有不同小写字母表示各性状值在不同品系间差异显著($P < 0.05$)。

品系的开花期均大于 120 d,以 C15 最长;成熟期介于 163 ~ 198 d 之间,以 C02、C04、C12 最短,均为 163 d,其次为 C03、C13、C5 ~ C8,成熟期为 164 ~ 167 d,其余成熟期大于 170 d,以 C15 最长(表 2)。

表 2 不同紫叶紫苏品系的物候期

样品编号	出苗期 (d)	现序期 (d)	开花期 (d)	成熟期 (d)
C01	11.0	117.0	140.0	171.0
C02	12.0	87.0	101.0	163.0
C03	11.0	93.0	104.0	164.0
C04	12.0	85.0	98.0	163.0
C05	12.0	111.0	135.0	166.0
C06	11.0	112.0	136.0	167.0
C07	12.0	111.0	135.0	166.0
C08	12.0	103.0	129.0	166.0
C09	12.0	123.0	144.0	179.0
C10	12.0	129.0	148.0	179.0
C11	11.0	117.0	137.0	171.0
C12	12.0	103.0	129.0	163.0
C13	11.0	97.0	130.0	164.0
C14	12.0	123.0	146.0	179.0
C15	11.0	130.0	157.0	198.0
平均值	11.6	109.4	131.3	170.6
标准差	0.5	14.4	17.4	9.6
变异系数 (%)	4.4	13.2	13.3	5.7

2.2.2 开花期性状考察 15 份紫叶紫苏叶片长度为 8.1 ~ 13.9 cm,平均为(10.3 ± 1.3) cm,以 C09 最大,显著大于其他品系;其次为 C03,叶长为 11.3 cm,显著大于 C01、C07、C14 和 C15(叶长为 8.1 ~ 9.6 cm);以 C15 叶长最短,显著低于 C01 ~ C13 等 13 个品系。叶片宽度为 6.0 ~ 10.0 cm,平均为(7.3 ± 0.9) cm,以 C09 最宽,显著大于其他品系;其次为 C01、C03,叶宽均为 7.8 cm,显著大于 C07、C15、C14 和 C11;以 C11 最短,与 C04、C07、C12 和 C14 间无显著差异,显著低于其他品系。叶柄长为 3.1 ~ 6.1 cm,平均为(4.5 ± 0.9) cm,以 C04 最长,与 C02、C03、C09 和 C13 之间差异不显著,显著大于其他品系;C10 叶柄最短,与 C06 ~ C08、C14 和 C15 间无显著差异,显著小于其他品系。叶片数介于 142.6 ~ 367.6 张之间,平均为(251.0 ± 75.3)张,以 C11 最多,与 C05、C06、C08、C10 和 C15 间无显著差异,显著大于其他品系;以 C07 叶片数最少,与 C02、C04、C12 和 C14 间无显著差异,显著小于其他品系。单株叶片质量为 0.030 ~ 0.112 kg,平均为(0.076 ± 0.021) kg,以 C15 叶片质量最大,显著大于 C01 ~ C04、C07、C08、C10 和 C14;C07 单株叶片质量最低,与 C02、C14 之间无显著差异,显著低于其他品系。单株枝干质量为 0.222 ~ 0.468 kg,平均

为(0.361±0.080) kg,以 C05 质量最大,显著大于 C02、C07 和 C14,以 C14 最轻。紫苏材料的 6 个开花期性状变异丰富,变异系数为 12.5%~30.0%,其中以叶片数最大,其次为叶片质量,变异系数为

28.0%。综上,C07 叶片数最少,叶片质量最轻;C09 叶片长、叶片宽最大,叶片质量、枝干质量均较大;C11 叶片最窄,叶片数最多,叶片质量居中;C15 叶片最短,叶片数居中,叶片质量最大(表 3)。

表 3 不同紫叶紫苏品系开花期性状比较

样品编号	叶片长度 (cm)	叶片宽度 (cm)	叶柄长 (cm)	叶片数 (张)	叶片质量 (kg)	枝干质量 (kg)
C01	9.6cde	7.8b	4.4cdef	242.0bcd	0.078bcd	0.304abc
C02	10.6bcd	7.6bc	5.6ab	142.6de	0.044ef	0.232c
C03	11.3b	7.8b	5.2abcd	262.4bc	0.078bcd	0.318abc
C04	10.0bcde	7.1bcd	6.1a	182.8cde	0.076bcd	0.310abc
C05	10.5bcde	7.4bc	4.2def	367.4a	0.086abc	0.468a
C06	10.7bcd	7.6bc	3.9efg	268.2abc	0.084abc	0.456a
C07	9.3def	6.5cd	3.6fg	121.6e	0.030f	0.286bc
C08	11.1bc	7.4bc	3.9efg	336.2ab	0.068cde	0.410ab
C09	13.9a	10.0a	5.4abc	241.8bcd	0.102ab	0.450a
C10	10.0bcde	7.4bc	3.1g	300.2ab	0.080bc	0.370abc
C11	10.2bcde	6.0d	4.7bcde	367.6a	0.082abc	0.430ab
C12	10.1bcde	7.1bcd	4.9bcde	193.6cde	0.088abc	0.430ab
C13	10.7bcd	7.3bc	5.4abc	251.0bc	0.088abc	0.376abc
C14	9.0ef	6.1d	3.4fg	191.6cde	0.049def	0.222c
C15	8.1f	6.5cd	4.1efg	295.6ab	0.112a	0.346abc
平均值	10.3	7.3	4.5	251.0	0.076	0.361
标准差	1.3	0.9	0.9	75.3	0.021	0.080
变异系数(%)	12.5	12.9	19.6	30.0	28.0	22.3

2.2.3 成熟期性状考察 由表 4 可知,15 份紫叶紫苏的株高为 99.2~173.7 cm,平均为(142.3±20.7) cm,以 C13 最高,与 C09 间差异不显著,显著大于其他品系;其次为 C05、C11 和 C10,株高分别为 158.8、156.9、151.5 cm;C02 最矮,株高显著小于其他品系。各品系的茎粗为 5.1~11.4 mm,平均为(8.2±1.7) mm,以 C13 最粗,与 C04(10.7 mm)差异不显著,显著大于其他品系;其次为 C12,茎粗为 9.8 mm,与 C03、C05、C06 和 C09(茎粗为 8.6~9.1 mm)无显著差异;C14 茎粗最小,与 C15 相当,两者均显著小于其他品系。主茎节数为 15.0~23.0 个,平均为(19.4±2.1) 个,以 C12 最多,与 C04、C06 和 C11 间无显著差异,显著大于其他品系;C02 主茎节数最少,与 C01 相当,显著小于其他品系。单株分枝数为 24.6~37.4 个,平均为(31.6±3.6) 个,以 C11 最多,与 C05、C08、C10、C12 和 C13 间无显著差异,显著大于其他品系;C14 分枝数最少,与 C02、C04 相当,显著小于其他品系。单株总穗数为 106.6~283.2 个,平均为(172.5±57.5) 个,

以 C05 最多,与 C01、C08、C10、C11 和 C15 无显著差异;C07 总穗数最少,显著少于 C05、C11 和 C15,与其他品系无显著差异。主穗长度为 7.5~17.8 cm,平均为(11.5±2.9) cm,以 C02 主穗最长,与 C04、C15 无显著差异,显著大于其他品系;C10 主穗最短,与 C03、C06~C09、C11 和 C12 无显著差异,显著小于其他品系。单株籽粒质量为 2.2~9.1 g,平均为(6.0±2.3) g, C09 单株籽粒质量最大,与 C06、C07、C10、C11、C13 和 C15 无显著差异,显著大于其他品系;C02 单株籽粒最轻,与 C03、C05 和 C08 无显著差异,显著小于其他品系。千粒质量为 1.5~2.6 g,平均为(1.8±0.3) g,以 C10 单株籽粒质量最大,与 C01、C02、C08、C11 和 C13 无显著差异,显著大于其他品系;C15 单株籽粒最轻。种子直径为 1.31~1.80 mm,平均为(1.47±0.14) mm,C13 种子直径最大,其次为 C07、C06,种子直径分别为 1.70、1.62 mm;C15 种子最小,与 C10 相当,而显著小于其他品系。紫苏材料的 9 个成熟期性状变异系数为 9.6%~38.0%,其中单株籽粒质量最大,其次

为总穗数、主穗长度和茎粗,变异系数依次为 33.3%、25.0% 和 20.8%。

综上,C13 株高最高,茎粗最粗,种子直径最大;C12 主茎节数最多,单株分枝数较多,总穗数却较少;C11 单株分枝数最多,总穗数较多;C10 主穗长

最短,种子千粒质量最大,单株籽粒质量较大;C09 单株籽粒质量最大;C07 总穗数最少;C05 总穗数最多;C02 株高最矮,主茎节数最少,主穗最长,单株籽粒质量最轻。

表 4 不同紫叶紫苏品系成熟期性状的比较

样品编号	株高 (cm)	茎粗 (mm)	主茎节数 (个)	单株分枝数 (个)	总穗数 (个)	主穗长度 (cm)	单株籽粒 质量(g)	千粒质量 (g)	种子直径 (mm)
C01	111.3g	6.7g	16.4de	31.2bed	210.0abcd	13.3bcd	5.7cdef	2.0ab	1.47e
C02	99.2h	8.0def	15.0e	27.2de	171.2bcd	17.8a	2.2h	2.1ab	1.52d
C03	140.2ef	9.1cd	18.4bcd	30.8cd	138.4cd	7.7fg	3.1gh	1.7b	1.38g
C04	131.9f	10.7ab	22.8a	27.4de	158.0cd	14.7ab	4.7efg	1.5b	1.38g
C05	158.8bc	8.6cdef	19.4bc	35.6ab	283.2a	11.8bcdef	2.4h	1.6b	1.40fg
C06	144.3de	8.6cdef	20.6ab	30.4cd	148.8cd	8.4efg	7.6abc	1.5b	1.62c
C07	132.1f	8.0def	20.0bc	29.6cd	106.6d	9.1defg	7.3abcd	1.6b	1.70b
C08	143.0de	8.0def	19.8bc	35.6ab	196.2abcd	11.5bcdefg	4.0fgh	2.1ab	1.52d
C09	164.8ab	8.7cde	19.4bc	29.8cd	133.8cd	10.5bcdefg	9.1a	1.7b	1.51d
C10	151.5cd	7.4fg	19.8bc	35.8ab	198.4abcd	7.5g	8.3ab	2.6a	1.33hi
C11	156.9bc	7.5efg	20.6ab	37.4a	240.0abc	10.1cdefg	7.2abcd	2.1ab	1.42f
C12	166.2ab	9.8bc	23.0a	33.4abc	107.8d	9.8defg	5.5def	1.6b	1.38g
C13	173.7a	11.4a	19.0bc	33.2abc	112.2d	12.6bcde	7.7abc	2.0ab	1.80a
C14	130.8f	5.1h	17.8cd	24.6e	118.6d	12.8bcd	6.4bcde	1.9b	1.35h
C15	129.0f	5.5h	18.2bcd	32.4bc	263.6ab	14.2abc	8.7a	1.5b	1.31i
平均值	142.3	8.2	19.4	31.6	172.5	11.5	6.0	1.8	1.47
标准差	20.7	1.7	2.1	3.6	57.5	2.9	2.3	0.3	0.14
变异系数(%)	14.5	20.8	10.8	11.5	33.3	25.0	38.0	17.0	9.6

2.3 紫叶紫苏主要性状的相关性分析

紫叶紫苏主要农艺性状的相关性分析显示,生育期与单株籽粒质量呈显著正相关($r=0.610$);叶片长度与叶片宽度呈极显著正相关($r=0.850$);叶柄长与茎粗呈极显著正相关($r=0.657$);叶片数与枝干质量($r=0.671$)、单株分枝数($r=0.796$)和总穗数($r=0.725$)呈极显著正相关,与叶片质量呈显著正相关($r=0.586$);叶片质量与枝干质量呈极显著正相关($r=0.657$);枝干质量与株高($r=0.763$)、单株分枝数($r=0.706$)呈极显著正相关,与主茎节数呈显著正相关($r=0.537$);株高与主茎节数($r=0.618$)和单株分枝数($r=0.551$)呈显著正相关,与主穗长度呈显著负相关($r=-0.562$);单株分枝数与总穗数呈显著正相关($r=0.541$)(表 5)。由此可见,叶片质量与叶片数关系密切,与叶片大小没有显著关系;枝干质量受到叶片数、株高、分枝数、主茎节数等的影响。

2.4 紫叶紫苏品系农艺性状综合评价

16 个观测指标中排除部分相关性差的指标(生育期、叶片长、叶片宽、叶柄长、种子直径),对其余指标的相关数据标准化处理后,进行 KMO 和 Bartlett 检验,结果显示,KMO 值为 0.629, P 值为 0.003 0,表明指标间相关性较大,符合因子分析的要求(KMO 值 >0.6 , $P<0.05$)。

由表 6 可知,特征值大于 1 的 4 个公因子累计差贡献率为 83.957%,代表了 15 份紫苏 11 个农艺性状的主要信息。其中因子 1 特征值为 4.291,方差贡献率为 29.932%,由叶片数(0.934)、总穗数(0.860)、单株分枝数(0.789)、叶片质量(0.682)和枝干质量(0.666)决定,主要反映生物产量和叶穗枝等数量。因子 2 特征值为 2.421,方差贡献率为 27.897%,由株高(0.814)、茎粗(0.793)、主茎节数(0.793)、枝干质量(0.633)和主穗长度(-0.590)决定,主要反映株型结构。因子 3 特征值为 1.343,

表 5 紫叶紫苏主要性状相关性分析

性状	相关系数									
	生育期	叶片长度	叶片宽度	叶柄长	叶片数	叶片质量	枝干质量	株高	茎粗	主茎节数
生育期	1.000									
叶片长度	-0.305	1.000								
叶片宽度	-0.076	0.850**	1.000							
叶柄长	-0.401	0.434	0.370	1.000						
叶片数	0.237	0.121	-0.013	-0.244	1.000					
叶片质量	0.432	0.222	0.338	0.204	0.586*	1.000				
枝干质量	-0.040	0.458	0.322	-0.017	0.671**	0.657**	1.000			
株高	-0.075	0.411	0.166	0.024	0.442	0.511	0.763**	1.000		
茎粗	-0.701**	0.469	0.318	0.657**	-0.120	0.142	0.339	0.487	1.000	
主茎节数	-0.223	0.068	-0.124	0.066	0.105	0.253	0.537*	0.618*	0.494	1.000
单株分枝数	0.017	0.064	-0.075	-0.221	0.796**	0.451	0.706**	0.551*	0.117	0.288
总穗数	0.385	-0.245	-0.160	-0.197	0.725**	0.380	-0.479	-0.126	-0.395	-0.190
主穗长度	0.058	-0.232	-0.089	0.432	-0.291	-0.131	-0.281	-0.562*	-0.100	-0.461
单株籽粒质量	0.610*	-0.042	0.030	-0.300	0.037	0.360	0.212	0.350	-0.190	0.209
千粒质量	-0.001	0.009	-0.065	-0.247	0.196	-0.213	-0.167	-0.059	-0.184	-0.331
种子直径	-0.436	0.256	0.158	0.125	-0.263	-0.276	0.067	0.156	0.455	-0.068

注：*、** 分别表示性状间相关系数达到显著 ($P<0.05$) 和极显著 ($P<0.01$) 水平。

表 6 因子载荷矩阵

指标	载荷			
	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4
叶片数	0.934	0.119	0.063	-0.171
叶片质量	0.682	0.229	0.310	0.420
枝干质量	0.666	0.633	0.163	0.127
株高	0.327	0.814	0.292	-0.016
茎粗	-0.147	0.793	-0.392	0.153
主茎节数	0.051	0.793	0.144	0.222
单株分枝数	0.789	0.377	0.031	-0.383
总穗数	0.860	-0.394	-0.159	0.011
主穗长度	-0.093	-0.590	-0.472	0.336
单株籽粒质量	0.013	0.083	0.937	0.046
千粒质量	0.102	-0.169	0.015	-0.896
特征值	4.291	2.421	1.343	1.180
方差贡献率(%)	29.932	27.897	13.758	12.370
累计贡献率(%)	29.932	57.829	71.587	83.957

方差贡献率为 13.758%，由单株籽粒质量(0.937)决定，主要反映单株粒质量。因子 4 特征值为 1.180，方差贡献率为 12.370%，由千粒质量(-0.896)决定，主要反映千粒质量。利用回归法计算各紫苏品系因子得分，如表 7 显示，因子 1 得分为 -1.750 ~ 1.781，得分最高的为 C05，其次为 C11 和 C15，得分分别为 1.324 和 1.252，说明这些品系生物产量高，并具有较多的叶片数、穗数或分枝数。因子 2 得分为 -1.621 ~ 1.623，得分最高的为 C12，其次为 C13 和 C06，得分分别为 1.125 和 0.590，说明这些品系株高较高，茎粗较粗，主茎节数多，枝干质量较大，主穗较短。因子 3 得分为 -1.870 ~ 1.318，得分最高的为 C09，其次为 C15 和 C10，得分分别为 1.178 和 1.086，说明这些品系单株籽粒质量较大。因子 4 得分为 -2.147 ~ 1.620，得分最高的为 C15，得分最低为 C10，说明单株籽粒质量以 C15 最低，而以 C10 最高。利用各因子方差贡献率作为权重，建立综合得分模型 $Y = 0.356\ 52Y_1 + 0.332\ 28Y_2 + 0.163\ 87Y_3 + 0.147\ 34Y_4$ ，计算各个品系的综合得分，如表 7 所示，综合得分为 -1.234 ~ 0.565，以 C05 最高，其次为 C09，得分为 0.505。得分较高的还有 C11、C12 和 C06，得分依次为 0.460、0.457 和 0.436。综合得分最低的为 C02 和 C14。综上，C05 株高适中，穗数多，生物产量突出，综合表现最好；C09 生物产量和单株粒质量均高，综合表现优良；C11 叶片数量多，C12 主茎节数和分枝多，两者生物产量均较好，综合表现较好。

2.5 聚类分析

用 16 项指标对 15 份紫苏品系进行聚类分析，

表 7 不同紫苏品系因子得分及综合得分

编号	因子 1		因子 2		因子 3		因子 4		综合得分	排名
	得分	排名	得分	排名	得分	排名	得分	排名		
C01	0.223	6	-1.420	13	-0.072	10	-0.269	9	-0.444	12
C02	-0.950	13	-1.582	14	-1.870	15	-0.429	11	-1.234	15
C03	-0.314	10	0.429	6	-0.646	11	-0.256	8	-0.113	11
C04	-0.771	12	0.547	4	-1.092	13	1.519	2	-0.048	10
C05	1.781	1	0.279	7	-1.480	14	0.544	5	0.565	1
C06	-0.021	7	0.590	3	0.793	5	0.795	4	0.436	5
C07	-1.750	15	0.208	10	0.526	6	-0.437	12	-0.533	13
C08	0.765	4	0.224	8	-0.830	12	-0.955	13	0.070	9
C09	-0.028	8	0.495	5	1.318	1	0.913	3	0.505	2
C10	0.475	5	0.169	11	1.086	3	-2.147	15	0.087	8
C11	1.324	2	0.213	9	0.369	7	-0.970	14	0.460	3
C12	-0.398	11	1.623	1	-0.070	9	0.485	6	0.457	4
C13	-0.259	9	1.125	2	-0.018	8	-0.279	10	0.237	7
C14	-1.328	14	-1.279	12	0.809	4	-0.135	7	-0.786	14
C15	1.252	3	-1.621	15	1.178	2	1.620	1	0.339	6

如图 2 所示,在欧氏距离为 6.33 处可以划分为 4 类。第Ⅰ类包含 4 个材料,分别为 C01、C02、C07 和 C14,该类生育期平均 165.8 d,叶片数 172.3 张,枝干质量、叶片质量分别为 0.283、0.057 g,株高为 118.6 cm,单株分枝数为 28.9 个,单株籽粒质量为 5.0 g,均为 4 类中最低,为“早熟矮秆低产组”。第Ⅱ类包含 4 个材料,分别为 C05、C08、C10 和 C11,该类叶片数平均为 342.9 张,枝干质量为 0.420 g,单株分枝数为 36.1 个,千粒质量为 2.1 g,均为 4 类

中最高,为“枝繁叶茂组”。第Ⅲ类包含 6 个材料,分别为 C03、C04、C06、C09、C12 和 C13,该类平均株高为 153.5 cm,茎粗为 9.7 mm,主茎节数为 20.5 个,叶片长度为 11.1 cm,叶片宽度为 7.8 cm,叶柄长为 5.2 cm,均为 4 类中最高的,为“大叶高秆组”。第Ⅳ类只包含 C15 一个材料,该类生育期为 198.0 d,叶片质量为 0.112 g,总穗数为 263.6 个,单株籽粒质量 8.7 g,均为 4 类中最高的,为“晚熟高产组”。

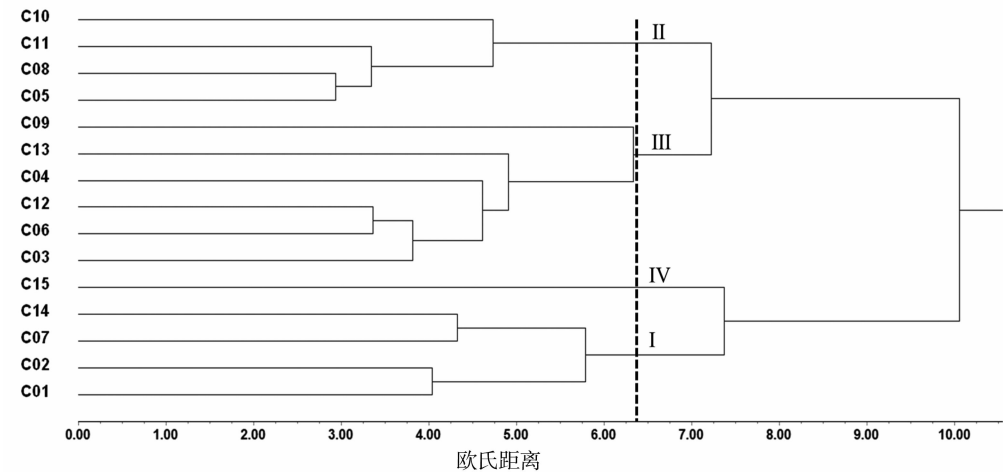


图2 15 份紫叶紫苏农艺性状的系统聚类结果

3 讨论与结论

紫叶紫苏具有很重要的药用和食用价值。为了给紫叶紫苏的开发应用提供参考,本研究针对 15 份紫叶紫苏品系,系统考察其叶片色素和主要农艺

性状,分析各性状间的相关关系,并通过因子分析、系统聚类分析对各品系的综合性状作出评价。色素与植物的器官颜色和耐阴性存在密切关系。研究表明植物器官的紫色与花色苷的含量有密切关系^[19],而类胡萝卜素的积累使植物呈现橙黄色^[20],

本研究中 C08、C11、C05 和 C13 等双面紫色的紫苏花色苷含量均大于单面紫色或背紫面紫绿的紫苏品系, C06、C15 等叶面绿色的紫苏品系类胡萝卜素含量明显高于叶面紫绿色。另据报道叶绿素 a 和叶绿素 b 的总体含量反映叶片总体光合作用的能力, 叶绿素 a 与叶绿素 b 的比值反映植物利用强光的效率, 比值越小越耐阴^[21]。本研究中叶片正面为紫绿色的 C01 和 C02 的叶绿素 a + 叶绿素 b 含量最小, 因此, 两者叶片光合作用能力可能低于其他品系。C02 的叶绿素 a 含量/叶绿素 b 含量最小, 因此耐阴性可能较强; 而 C06 和 C07 的叶绿素 a 含量/叶绿素 b 含量最大, 耐阴性可能较弱, 该研究结果可为紫苏与其他高秆植物的复合种植提供参考。

在本研究中, 紫叶紫苏品系在叶片形态(叶片长、叶片宽、叶柄长等)、株高、茎粗、主茎节数、主穗长度、种子直径等方面存在明显差异, 可以用作区分材料间的重要依据; 单株叶片数、单株叶片质量和枝干质量、单株分枝数、单株总穗数、单株籽粒质量、千粒质量在材料间变异丰富, 且在材料间差异显著, 是鉴定高产紫苏品系的生物基础。相关性分析表明, 叶片数与枝干质量、单株分枝数和总穗数、叶片质量都呈显著或极显著正相关, 说明叶片数是衡量紫苏生物产量(包括叶片质量和枝干质量)的重要指标, 而叶片长和叶片宽与叶片数和枝干质量相关性不显著, 说明叶片大小对生物产量不起决定作用。另外枝干质量、总穗数与单株分枝数正相关, 可见单株分枝数是影响枝干质量和穗数的另一个重要因素。

因子分析抽提出 4 个主要公因子, 主要反映紫苏的生物产量、株型结构、单株产量和粒质量, 生物产量因子得分前 3 名为 C05、C11、C15, 因此可以筛选出这些品系加以利用, 可获得较高的生物产量; 综合得分最高的为 C05 和 C09, 这些品系其生物产量、种子产量、千粒质量等综合表现都较好。聚类分析将 15 份种质归为“早熟矮秆低产组”“枝繁叶茂组”“大叶高秆组”和“晚熟高产组”。与因子分析结果相符, “枝繁叶茂组”C05 和 C11 生物产量因子排名前 2, 综合得分位于前 3, “大叶高秆组”的 C09、C12、C06 综合得分排名前五, “晚熟高产组”的 C15 生物产量因子排名第三。

综上, 紫叶紫苏性状差异明显, 紫苏叶片数和单株分枝数是选育高生物产量紫苏的重要性状指标。通过本研究筛选出 C05、C11 和 C15 初步作为叶用型紫苏, C09 可以作为收籽和收叶两用型紫苏

加以利用。生产上还可以结合各材料的耐阴性、生育期以及药用价值、品质等方面进行综合考虑以开发应用。

参考文献:

- [1] 韩碧群, 彭 勇. “紫苏”和“白苏”的本草学研究[J]. 中药材, 2012, 35(5): 818–821.
- [2] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 354.
- [3] 洪 涌, 郑新宇, 郑梅琴, 等. 冷藏时间对两种化学生态型紫苏营养品质的影响[J]. 福建农业科技, 2018(11): 49–53.
- [4] 上官海燕, 吴巧凤. 紫苏叶与白苏叶的总黄酮和微量元素的比较分析[J]. 广东微量元素科学, 2008(4): 29–32.
- [5] 赵淑平, 朱兆仪. 紫苏与白苏不同化学型挥发油成分的研究[J]. 天然产物研究与开发, 1993, 5(3): 8–20.
- [6] 魏忠芬, 李慧琳, 奉 斌, 等. 贵州紫苏种质资源表型性状的遗传多样性[J]. 西南农业学报, 2017, 30(1): 45–52.
- [7] 肖 宇, 魏国江, 王晓飞, 等. 紫苏种质资源表型多样性研究[J]. 种子, 2021, 40(8): 78–84.
- [8] 于二汝, 李慧琳, 杨 航, 等. 贵州紫苏资源主要品质性状的分析与评价[J]. 中国油料作物学报, 2020, 42(1): 78–84.
- [9] 魏忠芬, 李慧琳, 杨胜先, 等. 高产优质紫苏新品种贵苏 3 号的选育及稳定性分析[J]. 种子, 2020, 39(10): 132–135, 168.
- [10] 王 方, 欧巧明. 紫苏新品系 2012–8–1 选育报告[J]. 甘肃农业科技, 2017(11): 5–7.
- [11] 于二汝, 袁婷婷, 杨 航, 等. 14 份紫叶紫苏叶片营养综合评价及精油型分析[J]. 食品工业科技, 2022, 43(24): 311–319.
- [12] 张琛武, 李卫萍, 郭宝林, 等. 紫苏醛型紫苏不同种质中紫苏醛含量变化规律研究[J]. 中国现代中药, 2017, 19(12): 1722–1727.
- [13] 张琛武, 郭佳琪, 李卫萍, 等. PA 型紫苏不同部位 8 种酚酸和黄酮类成分的含量相关性研究[J]. 中国中药杂志, 2022, 47(13): 3447–3451.
- [14] 王仙萍, 李 敏, 张敏琴, 等. 贵州紫苏资源收集以及叶色多样性分析[J]. 中国农学通报, 2013, 29(10): 132–136.
- [15] 王学奎, 黄见良. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2015: 131–133.
- [16] Rabino I, Mancinelli A L. Light, temperature, and anthocyanin production[J]. Plant Physiology, 1986, 81(3): 922–924.
- [17] 全国植物新品种测试标准化技术委员会. 植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南 紫苏: NY/T 2494—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [18] 严兴初. 苏子种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 30–40.
- [19] 李雅琪, 刘心怡, 过雪莹, 等. 矮牵牛新种质的花色表型及花色素分析[J]. 亚热带植物科学, 2021, 50(5): 378–387.
- [20] 田清羽, 岳远征, 申慧敏, 等. 植物观赏器官中类胡萝卜素代谢调控的研究进展[J]. 生物技术通报, 2022, 38(12): 44–55.
- [21] 赵康宁, 刘丹丹. 植物的耐阴性评价[J]. 南华大学学报(自然科学版), 2020, 34(3): 51–59.