

赵文菊,赵孟良,尕桑,等. 17 份球茎甘蓝资源的遗传多样性分析及优异种质筛选[J]. 江苏农业科学,2024,52(2):159-167.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.02.023

17 份球茎甘蓝资源的遗传多样性分析及优异种质筛选

赵文菊¹, 赵孟良¹, 尕桑², 王鑫森^{1,3}, 任延靖^{1,3,4,5}

(1. 青海大学,青海西宁 810016; 2. 玉树藏族自治州农牧业综合服务中心,青海玉树 815000;

3. 青海大学三江源生态和高原农牧业国家重点实验室,青海西宁 810016;

4. 青海大学农林科学院青藏高原种质资源研究与利用实验室,青海西宁 810016;

5. 农业农村部青藏高原种质资源保护与遗传改良重点实验室,青海西宁 810016)

摘要:为了探明球茎甘蓝种质资源的多样性,并为地方品种的改良、利用和创新奠定理论基,以 17 份球茎甘蓝为研究材料,利用多样性指数分析、相关性分析、隶属函数分析、主成分分析、聚类分析等方法,对球茎甘蓝的 13 项农艺性状和 6 个品质性状进行系统分析。结果表明,数量性状多样性指数为 0.62~1.29;隶属函数值为 0.15~0.67,均值为 0.43,C5 的隶属函数值最低。在营养品质方面,总糖、抗坏血酸、粗纤维、可溶性蛋白、硝态氮、亚硝酸盐含量在各种质资源之间均存在显著差异,并且 6 个指标之间存在不同程度的变异,变异系数为 0.18~0.69,抗坏血酸含量的变异程度最大,粗纤维含量的变异程度最小。相关性分析结果表明,抗坏血酸含量与硝态氮含量呈显著负相关。球茎甘蓝的总糖、抗坏血酸含量远高于其他十字花科作物。聚类分析将 17 份球茎甘蓝资源分为 3 类,主成分分析共筛选出 8 个代表性指标,综合评价得分排名为 C15 > C16 > C9 > C1 > C4 > C6 > C11 > C17 > C7 > C2 > C8 > C3 > C14 > C12 > C10 > C5 > C13。筛选出的指标和品种可作为球茎甘蓝种质资源评选和选育工作的指标,为优良育种亲本或栽培材料提供参考,提高育种效率。

关键词:球茎甘蓝;农艺性状;营养品质;遗传多样性;综合评价

中图分类号:S635.203.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)02-0159-09

球茎甘蓝(*Brassica oleracea* var. *gongylodes* L.) 别称茄莲、土苕、苕蓝,属十字花科芸薹属二年生草本植物,是叶用甘蓝的变种。球茎甘蓝起源于地中海沿岸,自明清时期传入我国后,被我国北方地区广泛利用和栽培^[1]。球茎甘蓝具有适应高温、喜湿润、耐寒等特点,其主要利用部分(球茎)具有脆嫩的质地和丰富的营养价值,可鲜食及腌制食用^[2]。

目前国内对于球茎甘蓝的研究主要集中于栽培技术改良和品种选育等方面。我国已有多地开展球茎甘蓝的引种和栽培试验,掌握了球茎甘蓝的高产栽培技术。王国强等用嫁接技术连接球茎甘

蓝和萝卜,成活之后的植株表现出极高的观赏价值,地上部分是膨大的肉质球茎,地下部分是萝卜^[3]。王红旗等开展了水果球茎甘蓝高产技术和一年多茬栽培技术的研究^[4]。高秉森等分别通过套种枸杞和球茎甘蓝、草莓和水果球茎甘蓝,实现球茎甘蓝的高效栽培^[5-6]。在种质资源研究方面主要处于国外资源引进^[7]、新品种选育^[8-9]以及地方品种收集、整理和保存^[1]的阶段,而对球茎甘蓝种质资源农艺性状及营养物质成分分析的研究尚未见系统性报道。

种质资源是作物生物资源的重要成分,也是作物遗传改良的物质基础,蕴含大量抗病、抗逆、优质、高产等优良基因^[10]。关于种质资源的研究,辣椒^[11]、大蒜^[12]、菊芋^[13-14]、菠菜^[15]、芜菁^[16]等已有相关报道,而关于球茎甘蓝种质资源的研究鲜有报道。青海地区具有独特的气候和地理环境,为不同植物的繁衍生息创造了条件,也为开展作物种质资源的保存、筛选及鉴定等工作提供了得天独厚的区域优势。本研究对来自不同地区的 17 份球茎甘蓝资源开展农艺性状、营养成分等指标的测定,通过

收稿日期:2023-04-12

基金项目:国家重点研发计划(编号:2022YFD1602400);青藏高原种质资源研究与利用实验室项目(编号:2022-ZJ-Y01);国家大宗蔬菜产业技术体系-西宁综合试验站项目(编号:CARS-23-G26)。

作者简介:赵文菊(1999—),女,青海海东人,硕士研究生,主要从事蔬菜遗传育种研究。E-mail:qwert1143@163.com。

通信作者:任延靖,副研究员,主要从事蔬菜遗传育种与分子生物学研究。E-mail:renyan0202@163.com。

系统分析,鉴定筛选优异的球茎甘蓝资源,旨在为今后利用优异球茎甘蓝资源进行杂交育种、品种选育等工作提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验收集到 17 份球茎甘蓝材料,其具体信息见表 1。

表 1 17 份球茎甘蓝种质资源信息

资源编号	(商品)名称	来源	资源编号	(商品)名称	来源
C1	天津青苤兰	内蒙古	C10	紫苤蓝	日本
C2	天津青苤兰	天津	C11	紫苤蓝	日本
C3	天津青苤兰	河北	C12	T1-084 苤蓝	日本
C4	天津青苤兰	天津	C13	紫玉苤蓝	河北
C5	翠玉(水果苤蓝)	天津	C14	天津-春秋青苤兰	河北
C6	绿苤蓝	日本	C15	春秋青苤兰	河北
C7	绿脆苤蓝	日本	C16	苣莲	青海
C8	结头菜(青绿苤蓝)	天津	C17	紫苤蓝	北京
C9	紫苤兰	河北			

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计与种植 所有供试材料于 2021 年 4 月 23 日育苗,5 月 23 日定植于青海大学农林科学院园艺所试验基地(101°45′08.15″E,36°43′32.06″N)。试验基地在青海西宁,位于青藏高原东北部、湟水中游河谷盆地,属于高原大陆性气候,海拔约 2 200 m,日照时间长、辐射强,冬季漫长、夏季凉爽,气温日较差大、年较差小,年均降水量小。

采用随机区组试验,栽培期间的管理参照王超楠等的方法^[17]。在成熟期开展球茎甘蓝农艺性状的调查,同时取根肉组织,经清水冲洗干净后用于品质测定,每个样品重复 3 次。

1.2.2 指标测定 参照《结球甘兰田间试验观察项目及记载标准》^[18],对所有球茎甘蓝资源的 13 项农艺性状进行测定,包括 12 项数量性状(叶长、叶宽、柄长、球茎纵径、球茎横径、皮厚、单株质量、球茎质量、株高、株幅、叶片数、干物质率)和 1 项质量性状(皮色)。数量性状采用游标卡尺、卷尺、天平进行测定,质量性状按照 0 为绿色、1 为紫色的方法进行赋值。

球茎甘蓝的总糖(BC2715)、抗坏血酸(BC1230)、可溶性蛋白(BC3180)、硝态氮(BC1505)、亚硝酸盐(BC1495)含量的测定,均使用

北京索莱宝科技有限公司的检测试剂盒,粗纤维含量的测定参考马一栋等的方法^[19]。

1.3 数据统计分析

使用 Excel 2017 对数据进行整理及统计,使用 SPSS 20.0 软件进行数据分析。

多样性指数(H')计算公式^[20]: $H' = - \sum P_i \ln P_i$,式中 P_i 为某一性状在第 i 个级别出现的频率。

隶属函数值计算公式^[21]: $R(X_i) = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$,式中 X_i 为指标测定值, X_{\max} 、 X_{\min} 分别为所有参试材料某一指标的最大值、最小值。

2 结果与分析

2.1 17 份球茎甘蓝资源的农艺性状分析

2.1.1 数量性状差异显著性分析 对 17 份球茎甘蓝种质资源的 12 个数量性状进行差异显著性分析,结果表明,12 个数量性状均具有显著性差异(表 2)。C15 的叶长最大(38.60 cm),C13 的叶长最小(11.87 cm);C16 的叶宽为 26.30 cm,是 C5 的 2.8 倍;C15 的球茎纵径为 18.10 cm,而 C14 的球茎纵径仅为 7.10 cm;C9 的球茎横径为 21.00 cm,是 C13 的 2.7 倍;C15 的单株质量为 4.31 kg,是 C13、C14 的 8.8 倍,可见 C15 的农艺性状表现较好。

2.1.2 数量性状多样性分析 数量性状多样性分析结果(表 3)表明,在球茎甘蓝的 12 个数量性状之中,单株质量、球茎质量的极差 < 4.00,标准差接近于 1,都偏小,性状较稳定;株高、株幅、干物质率极差 > 30.00,标准差 > 7.00,不同球茎甘蓝材料间差异较大;其余数量性状极差分布在 9.85 ~ 26.73 之间,标准差分布在 0.40 ~ 7.54 之间。球茎甘蓝的 12 个数量性状之间存在着不同程度的变异,变异系数分布在 0.17 ~ 0.92 之间,平均值为 0.36。干物质率的变异系数最大,为 0.92;其他性状的变异系数较小,变异程度较低;变异程度最小的性状为株幅,变异系数为 0.17。17 份球茎甘蓝的多样性指数分布在 0.62 ~ 1.29 之间,多样性差异较大。其中,干物质率多样性指数最小(0.62),叶宽、球茎纵径、株幅多样性指数均为最大(1.29),表明 17 份球茎甘蓝种质资源具有较丰富的多样性。

2.1.3 质量性状多样性分析 通过观察统计 17 份球茎甘蓝资源的球茎颜色,发现有 12 份资源的球茎为绿色,5 份材料的球茎颜色为紫色(表 4),多样性指数为 0.606。

2.1.4 数量性状相关性分析 数量性状相关性分

表 2 基于 17 份球茎甘蓝的农艺性状数据统计

种质资源	叶长 (cm)	叶宽 (cm)	柄长 (cm)	球茎纵径 (cm)	球茎横径 (cm)	皮厚 (mm)
C1	29.13 ± 3.67d	19.27 ± 0.50cd	12.37 ± 0.67cdef	16.77 ± 0.78ab	15.10 ± 1.32cd	1.64 ± 0.38bc
C2	21.93 ± 1.50g	14.27 ± 0.35hi	16.03 ± 0.55ab	13.07 ± 0.75d	13.53 ± 1.45def	2.15 ± 0.45abc
C3	22.60 ± 2.23fg	15.07 ± 1.50gh	16.47 ± 2.01a	14.77 ± 0.51c	9.57 ± 0.25hij	1.85 ± 0.44abc
C4	27.90 ± 1.71de	19.70 ± 0.66bc	17.85 ± 0.35a	15.07 ± 0.45c	12.87 ± 0.50ef	1.53 ± 0.30c
C5	15.27 ± 1.06h	9.37 ± 0.68j	8.00 ± 0.20g	7.83 ± 0.38g	10.67 ± 0.50ghi	1.31 ± 0.19c
C6	34.00 ± 0.50b	20.97 ± 1.12b	12.53 ± 0.55cde	17.30 ± 1.51ab	11.03 ± 0.21gh	2.56 ± 0.64a
C7	25.60 ± 0.85ef	17.30 ± 0.61ef	11.80 ± 0.60def	16.10 ± 0.66bc	12.77 ± 1.31ef	2.02 ± 0.33abc
C8	24.67 ± 0.40fg	16.23 ± 1.06fg	10.80 ± 1.18ef	11.43 ± 0.15de	9.17 ± 0.55ijk	2.05 ± 0.95abc
C9	34.40 ± 2.01b	19.90 ± 0.17bc	13.17 ± 2.25cd	11.67 ± 1.04de	21.00 ± 1.00a	1.89 ± 0.28abc
C10	15.70 ± 0.53h	10.23 ± 0.50j	10.17 ± 1.93f	10.27 ± 0.47ef	8.67 ± 0.31jk	1.79 ± 0.24abc
C11	22.53 ± 0.67fg	16.73 ± 0.45ef	14.00 ± 0.70bcd	11.40 ± 0.96de	11.93 ± 1.18fg	2.52 ± 0.71ab
C12	24.17 ± 1.04fg	18.00 ± 1.00de	12.47 ± 1.05cdef	14.67 ± 0.76c	15.67 ± 0.76bc	1.35 ± 0.13c
C13	11.87 ± 0.76i	10.07 ± 1.00j	10.70 ± 0.98ef	7.93 ± 2.00g	7.77 ± 0.80k	2.12 ± 0.27abc
C14	17.17 ± 0.65h	13.37 ± 1.00i	10.63 ± 1.21ef	7.10 ± 1.21g	10.30 ± 1.73ghij	2.57 ± 0.76a
C15	38.60 ± 3.22a	17.83 ± 0.58de	14.23 ± 0.93bc	18.10 ± 1.49a	14.03 ± 0.67cde	1.55 ± 0.21c
C16	32.93 ± 1.51bc	26.30 ± 1.44a	17.33 ± 1.72a	17.27 ± 0.68ab	9.73 ± 1.57hij	1.76 ± 0.22abc
C17	30.47 ± 1.59cd	19.73 ± 0.55bc	16.13 ± 1.21ab	9.60 ± 0.53f	17.00 ± 0.50b	1.48 ± 0.09c

种质资源	单株质量 (kg)	球茎质量 (kg)	株高 (cm)	株幅 (cm)	叶片数 (张)	干物质率 (%)
C1	2.74 ± 0.03b	2.45 ± 0.05b	40.83 ± 1.33bc	73.37 ± 5.17g	22.33 ± 0.58c	1.67 ± 0.23j
C2	1.28 ± 0.14ef	0.71 ± 0.02h	32.83 ± 0.71ef	66.40 ± 1.73g	27.67 ± 2.08a	5.66 ± 0.14fgh
C3	2.34 ± 0.27c	1.81 ± 0.11d	41.33 ± 4.50bc	69.13 ± 5.06g	13.67 ± 0.58ij	3.51 ± 0.26i
C4	1.95 ± 0.06d	1.53 ± 0.02ef	42.27 ± 3.16b	89.30 ± 2.61def	20.00 ± 1.00d	5.48 ± 0.35fgh
C5	0.58 ± 0.04h	0.51 ± 0.04i	33.67 ± 0.50ef	65.73 ± 0.49g	16.00 ± 1.00fgh	11.58 ± 0.40cd
C6	2.01 ± 0.08d	1.64 ± 0.10de	36.03 ± 0.91de	93.80 ± 2.59cde	13.33 ± 0.58j	5.55 ± 0.53fgh
C7	2.60 ± 0.12b	2.40 ± 0.08b	32.23 ± 0.93f	82.17 ± 3.33f	14.67 ± 0.58hij	3.54 ± 0.21i
C8	0.85 ± 0.03g	0.71 ± 0.06h	42.60 ± 1.13b	104.33 ± 7.02ab	17.33 ± 1.53fg	12.39 ± 0.40c
C9	1.82 ± 0.19d	1.40 ± 0.05f	38.00 ± 0.50cd	95.33 ± 6.51cde	20.33 ± 1.53d	6.15 ± 0.67f
C10	0.63 ± 0.06h	0.49 ± 0.02i	33.23 ± 0.85ef	86.67 ± 6.35ef	19.67 ± 0.58de	10.97 ± 1.03d
C11	1.13 ± 0.15f	0.72 ± 0.01h	43.87 ± 0.38b	108.50 ± 4.50a	23.67 ± 0.58bc	7.88 ± 0.58e
C12	2.62 ± 0.08b	2.47 ± 0.12b	21.15 ± 0.65h	68.67 ± 0.58g	8.33 ± 0.58k	4.49 ± 0.46hi
C13	0.49 ± 0.08h	0.23 ± 0.03j	28.63 ± 1.00g	99.00 ± 1.00bc	15.00 ± 1.00hij	35.05 ± 0.71a
C14	0.49 ± 0.02h	0.38 ± 0.01ij	32.73 ± 0.42ef	95.25 ± 0.75cd	17.33 ± 0.58fg	19.25 ± 2.51b
C15	4.31 ± 0.23a	3.52 ± 0.26a	52.50 ± 2.30a	104.43 ± 7.33ab	18.00 ± 1.00ef	4.66 ± 1.11fghi
C16	2.77 ± 0.10b	2.14 ± 0.25c	35.40 ± 1.93def	106.77 ± 6.69ab	15.67 ± 0.58ghi	6.06 ± 0.22fg
C17	1.47 ± 0.04e	1.17 ± 0.14g	37.23 ± 4.14d	82.27 ± 2.16f	24.33 ± 2.52b	4.56 ± 0.31ghi

注:同列数据后不同小写字母表示不同材料间差异显著($P<0.05$)。表 7 同。

析结果(表 5)表明,叶长与叶宽、球茎纵径、单株质量、球茎质量呈极显著正相关;叶宽与柄长、球茎纵径、单株质量呈极显著正相关;球茎纵径与单株质量、球茎质量呈极显著正相关;单株质量与球茎质量呈极显著正相关,且相关系数最高,为 0.986,干物质率与多数数量性状都呈极显著或显著负相关。

可见叶长、叶宽、柄长、球茎纵径、单株质量、球茎质量可作为球茎甘蓝种质资源评价的判断标准。

2.1.5 数量性状隶属函数分析 17 份球茎甘蓝数量性状的隶属函数值分布在 0.15~0.67 之间,均值为 0.43(表 6),其中 C5 的隶属函数值最低(0.15),C15 的最高(0.67)。高于均值的资源有 11 份,分别

表 3 基于 17 份球茎甘蓝种质资源的数量性状多样性分析

性状	平均值	最大值	最小值	极差	标准差	变异系数	多样性指数(H')
叶长(cm)	25.23	38.60	11.87	26.73	7.54	0.30	1.17
叶宽(cm)	16.73	26.30	9.37	16.93	4.39	0.26	1.29
柄长(cm)	13.22	17.85	8.00	9.85	2.81	0.21	1.22
球茎纵径(cm)	12.96	18.10	7.10	11.00	3.62	0.28	1.29
球茎横径(cm)	12.40	21.00	7.77	13.23	3.43	0.28	1.14
皮厚(mm)	1.89	2.57	1.31	1.26	0.40	0.21	1.21
单株质量(kg)	1.77	4.31	0.49	3.82	1.05	0.60	1.09
球茎质量(kg)	1.43	3.52	0.23	3.29	0.94	0.66	1.23
株高(cm)	36.74	52.50	21.15	31.35	7.02	0.19	1.23
株幅(cm)	87.54	108.50	65.73	42.77	14.81	0.17	1.29
叶片数(张)	18.08	27.67	8.33	19.34	4.75	0.26	1.14
干物质率(%)	8.73	35.05	1.67	33.39	8.03	0.92	0.62

表 4 基于 17 份球茎甘蓝的质量性状分析

性状	赋值标准	级别	份数	占比(%)	多样性指数(H')
皮色	绿色	0	12	70.59	0.606
	紫色	1	5	29.41	

是 C1、C2、C3、C4、C6、C7、C9、C11、C15、C16、C17。

2.2 球茎甘蓝资源的品质分析

2.2.1 球茎甘蓝资源的品质多样性分析 基于对 17 份球茎甘蓝资源农艺性状的综合分析,以及对影响球茎甘蓝品质的营养成分和硝态氮、亚硝酸盐含量进行测定和分析,结果(表7)表明,17份球茎甘

表 5 球茎甘蓝的数量性状相关性分析

性状	相关系数											
	叶长	叶宽	柄长	球茎纵径	球茎横径	皮厚	单株质量	球茎质量	株高	株幅	叶片数	干物质率
叶长	1.000											
叶宽	0.853 **	1.000										
柄长	0.532 *	0.652 **	1.000									
球茎纵径	0.736 **	0.696 **	0.510 *	1.000								
球茎横径	0.579 *	0.430	0.260	0.190	1.000							
皮厚	-0.150	-0.070	-0.110	-0.150	-0.320	1.000						
单株质量	0.777 **	0.633 **	0.470	0.884 **	0.380	-0.350	1.000					
球茎质量	0.739 **	0.604 *	0.370	0.864 **	0.390	-0.400	0.986 **	1.000				
株高	0.516 *	0.250	0.330	0.330	0.080	0.020	0.370	0.300	1.000			
株幅	0.270	0.300	0.060	0.030	-0.220	0.440	0.020	-0.030	0.420	1.000		
叶片数	0.070	-0.010	0.300	-0.180	0.300	0.120	-0.210	-0.290	0.400	0.030	1.000	
干物质率	-0.665 **	-0.589 *	-0.480	-0.677 **	-0.523 *	0.320	-0.630 **	-0.632 **	-0.320	0.310	-0.150	1.000

注: * 表示在 0.05 水平上显著相关; ** 表示在 0.01 水平上显著相关。

蓝种质资源的总糖、抗坏血酸、粗纤维、可溶性蛋白、硝态氮、亚硝酸盐含量之间均存在显著性差异。C17 的总糖含量最高(16.18 mg/g),C4 的最低(5.58 mg/g),平均值为 9.44 mg/g;抗坏血酸含量最高的为 C2(20.6 μ mol/g),是 C3 的 14.71 倍;可溶性蛋白含量最高的为 C2(8.07 mg/g),最低的为 C1(1.31 mg/g);硝态氮含量最高的为 C3(51.38 μ g/g),

是 C14 的 2.92 倍;亚硝酸盐含量最高的为 C2(3.41 μ mol/g),是 C14 的 17.05 倍,说明 C14 的营养价值高,有害成分少。

硝态氮含量的极差最大,为 33.76,其余指标极差分布在 3.21~19.20 之间;标准差分布在 0.21~10.63 之间。6 个指标之间存在着不同程度的变异,变异系数分布在 0.05~0.69 之间,抗坏血酸含量的

表 6 球茎甘蓝的数量性状隶属函数值(R)分析结果

种质资源	R	种质资源	R
C1	0.54	C10	0.23
C2	0.45	C11	0.47
C3	0.44	C12	0.37
C4	0.51	C13	0.24
C5	0.15	C14	0.30
C6	0.53	C15	0.67
C7	0.46	C16	0.57
C8	0.36	C17	0.47
C9	0.53		

变异程度最大,可溶性蛋白含量的变异程度最小。

2.2.2 球茎甘蓝资源不同指标间的相关性分析

17 份球茎甘蓝品质成分相关性分析结果(表 8)表明,抗坏血酸含量与硝态氮含量呈显著负相关(−0.577)。

2.2.3 球茎甘蓝的主要营养成分与其他十字花科植物的比较

由表 9 可知,球茎甘蓝总糖含量远高于表中其他十字花科作物,是白菜的 5.90 倍;抗坏血酸含量也超过其他十字花科作物,达 70.71 mg/100 g;粗纤维含量与其他十字花科作物相近;可溶性蛋白含量较低,为 0.41 mg/100 g。因

表 7 基于 17 份球茎甘蓝资源品质成分分析

种质资源	总糖含量 (mg/g)	抗坏血酸含量 (μmol/g)	粗纤维含量 (%)	可溶性蛋白含量 (mg/g)	硝态氮含量 (μg/g)	亚硝酸盐含量 (μmol/g)
C1	7.86 ± 0.218gh	5.2 ± 0.8ghi	8.74 ± 0.028hi	1.31 ± 0.03i	23.45 ± 0.337k	0.77 ± 0.014g
C2	6.83 ± 0.130i	20.6 ± 1.4a	10.18 ± 1.380fgh	8.07 ± 0.20a	30.74 ± 1.387h	3.41 ± 0.025a
C3	6.99 ± 0.59hi	1.4 ± 0.2j	10.60 ± 0.622defg	7.90 ± 0.18a	51.38 ± 1.043a	0.61 ± 0.113gh
C4	5.58 ± 0.150j	4.6 ± 1.0hi	12.12 ± 1.560cd	2.30 ± 0.10h	41.36 ± 0.274e	1.33 ± 0.337ef
C5	7.02 ± 0.478hi	11.4 ± 1.0c	9.62 ± 0.481gh	6.40 ± 0.07c	30.41 ± 0.064h	2.32 ± 0.544bc
C6	7.28 ± 0.100hi	6.6 ± 1.0ef	11.18 ± 0.481defg	3.79 ± 0.22fg	40.23 ± 1.297e	3.24 ± 0.484a
C7	8.61 ± 1.283fg	8.2 ± 0.6d	13.08 ± 2.200b	3.19 ± 0.05g	40.90 ± 0.498e	0.92 ± 0.001fg
C8	8.65 ± 0.184efg	4.6 ± 0.2hi	11.72 ± 0.396cdef	5.13 ± 0.22d	49.57 ± 0.581b	2.26 ± 0.387bc
C9	12.31 ± 0.180c	2.2 ± 0.2j	13.56 ± 1.520a	2.72 ± 0.21g	34.57 ± 1.718f	1.81 ± 0.620cde
C10	11.01 ± 0.777d	4.8 ± 0.4hi	9.63 ± 1.250gh	7.67 ± 0.37b	47.61 ± 0.189c	0.55 ± 0.274gh
C11	8.23 ± 0.305g	7.8 ± 0.2de	9.88 ± 1.680efg	4.71 ± 0.46e	28.96 ± 0.655i	1.64 ± 0.500de
C12	9.17 ± 0.130ef	4.2 ± 0.2i	8.52 ± 1.301hi	4.39 ± 0.15e	45.61 ± 0.660d	3.19 ± 0.184a
C13	12.66 ± 0.758bc	2.6 ± 0.2j	11.98 ± 0.877cde	2.48 ± 0.22h	50.82 ± 0.303ab	2.44 ± 0.105b
C14	9.19 ± 0.132ef	15.6 ± 1.2b	6.74 ± 1.100i	3.35 ± 0.29fg	17.62 ± 0.391l	0.20 ± 0.014h
C15	9.56 ± 0.541e	6.4 ± 0.4fg	13.32 ± 2.040ab	1.38 ± 0.09i	26.73 ± 1.070j	2.68 ± 0.125b
C16	13.32 ± 0.361b	8.2 ± 1.4d	12.34 ± 0.481bc	2.01 ± 0.29i	23.04 ± 1.541k	1.86 ± 0.623cd
C17	16.18 ± 0.662a	5.8 ± 0.2fgh	9.19 ± 1.485gh	3.57 ± 0.45ef	32.47 ± 0.937g	2.31 ± 0.258bc
平均值	9.44	7.07	10.73	4.14	36.21	1.85
极差	10.60	19.20	6.82	6.76	33.76	3.21
标准差	2.80	4.90	1.91	0.21	10.63	1.00
变异系数	0.30	0.69	0.18	0.05	0.29	0.54

此有关球茎甘蓝的后续研究,可集中于总糖含量和抗坏血酸含量的调控方面。

2.3 基于聚类分析和主成分分析的综合评价

2.3.1 聚类分析

对 17 份球茎甘蓝种质资源进行聚类分析,在相似系数等于 15 的地方,17 份球茎甘蓝可以被分成 3 大类(图 1)。第 1 类为 C1、C4、C6、C7、C8、C9、C10、C11、C14、C15、C16、C17,其共同特征是农艺性状处于优势,且总糖、抗坏血酸、粗纤维、可溶性蛋白含量均居中,硝态氮、亚硝酸盐含量

偏低;第 2 类为 C2、C3、C5、C12,该类资源农艺性状中等,抗坏血酸、可溶性蛋白含量偏高,硝态氮、亚硝酸盐含量为中等,总糖、粗纤维含量偏低;第 3 类为 C13,农艺性状处于劣势,总糖、粗纤维、硝态氮、亚硝酸盐含量偏高,抗坏血酸、可溶性蛋白含量偏低。第 1 类资源在表型性状上极具优势,产量稳定;第 2 类资源营养品质较高,生产中可培育优质品种;第 3 类资源表型性状不具优势,且影响球茎甘蓝品质的硝态氮、亚硝酸盐含量偏高。

表 8 基于 17 份球茎甘蓝资源的品质成分相关性分析

指标	相关系数					
	总糖含量	抗坏血酸含量	粗纤维含量	可溶性蛋白含量	硝态氮含量	亚硝酸盐含量
总糖含量	1.000					
抗坏血酸含量	-0.254	1.000				
粗纤维含量	0.091	-0.363	1.000			
可溶性蛋白含量	-0.294	0.272	-0.309	1.000		
硝态氮含量	-0.080	-0.577 *	0.267	0.384	1.000	
亚硝酸盐含量	0.051	0.153	0.208	0.026	0.098	1.000

注：* 表示在 0.05 水平上显著相关。

表 9 球茎甘蓝的主要营养成分与其他十字花科植物的比较

十字花科植物	总糖含量 (g/100 g)	抗坏血酸 含量 (mg/100 g)	粗纤维 含量 (g/100 g)	可溶性 蛋白含量 (mg/100 g)
大白菜(青白口)	2.10	28.00	0.90	1.40
大白菜(小白口)	1.90	19.00	0.90	1.30
苗用白菜(大白菜)	3.10	47.00	0.60	1.70
白菜	1.60	45.00	1.40	1.50
菜薹	2.30	44.00	1.70	2.80
结球甘蓝	4.60	40.00	1.00	1.50
白萝卜	5.98	21.00	1.00	0.90
红皮萝卜	5.98	24.00	1.20	1.20
青萝卜	5.98	14.00	0.80	1.30
球茎甘蓝	9.44	70.71	1.07	0.41

注：除球茎甘蓝外，本表内其他十字花科植物的数据均来自《蔬菜营养学》^[22]。

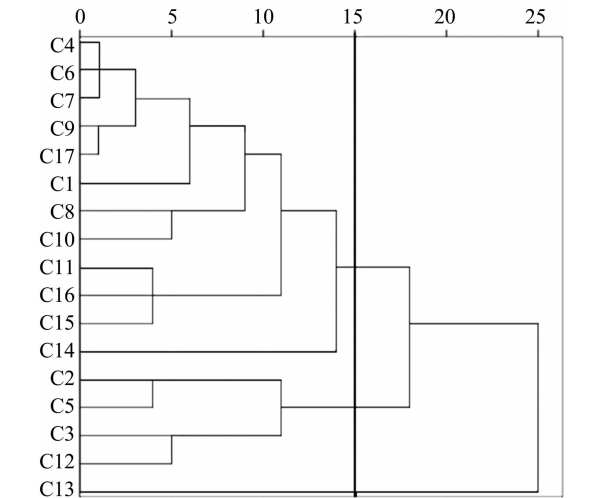


图1 基于 18 个性状的 17 份球茎甘蓝的聚类结果

2.3.2 主成分分析 对 17 份球茎甘蓝的 18 个指标进行主成分分析，得到累计方差贡献率为 83.58%，可以解释近 80% 的遗传信息。由表 10 可知，第 1 主成分因子能够反映原始数据中 34.23%

的信息，其中与叶长、叶宽、球茎纵径、单株质量、球茎质量相关的指数因子载荷值 ≥ 0.845 。第 2 主成分因子的方差贡献率为 13.20%，主要由抗坏血酸含量决定，载荷值为 0.753。第 3 主成分因子的方差贡献率为 13.04%，决定其大小的为株幅，载荷值为 0.841。第 4、第 5 主成分因子的方差贡献率分别为 9.17%、7.16%。第 6 主成分因子的方差贡献率为 6.79%，主要由亚硝酸盐含量决定，载荷值为 0.863。6 个主成分共筛选出叶长、叶宽、株幅、球茎纵径、单株质量、球茎质量、抗坏血酸含量、亚硝酸盐含量 8 个代表性指标，可作为球茎甘蓝种质资源评选和选育工作的重要指标。

以 $X_1 \sim X_{18}$ 分别代表 18 个指标的标准化数值，代入到主成分中，获得 6 个主成分因子的得分公式^[23]如下：

$$F_1 = 0.941X_1 + 0.845X_2 + 0.614X_3 + 0.855X_4 + 0.531X_5 - 0.301X_6 + 0.912X_7 + 0.881X_8 + 0.482X_9 + 0.165X_{10} - 0.008X_{11} - 0.710X_{12} + 0.048X_{13} - 0.281X_{14} + 0.495X_{15} - 0.550X_{16} - 0.240X_{17} + 0.155X_{18};$$

$$F_2 = 0.052X_1 + 0.031X_2 + 0.230X_3 - 0.063X_4 + 0.336X_5 + 0.059X_6 - 0.073X_7 - 0.110X_8 + 0.106X_9 - 0.384X_{10} + 0.692X_{11} - 0.425X_{12} - 0.236X_{13} + 0.753X_{14} - 0.484X_{15} + 0.253X_{16} - 0.666X_{17} - 0.018X_{18};$$

$$F_3 = 0.154X_1 + 0.196X_2 + 0.076X_3 - 0.230X_4 - 0.076X_5 + 0.533X_6 - 0.207X_7 - 0.278X_8 + 0.391X_9 + 0.841X_{10} + 0.416X_{11} + 0.382X_{12} + 0.414X_{13} + 0.100X_{14} + 0.184X_{15} - 0.467X_{16} - 0.429X_{17} - 0.134X_{18};$$

$$F_4 = -0.048X_1 - 0.092X_2 + 0.098X_3 + 0.341X_4 - 0.557X_5 + 0.459X_6 + 0.075X_7 + 0.029X_8 + 0.453X_9 + 0.169X_{10} - 0.030X_{11} - 0.117X_{12} - 0.733X_{13} + 0.126X_{14} + 0.168X_{15} + 0.287X_{16} + 0.153X_{17} - 0.227X_{18};$$

$$F_5 = 0.034X_1 - 0.091X_2 + 0.359X_3 - 0.152X_4 + 0.171X_5 - 0.205X_6 - 0.182X_7 - 0.254X_8 + 0.346X_9 - 0.050X_{10} + 0.493X_{11} - 0.128X_{12} + 0.152X_{13} - 0.316X_{14} + 0.327X_{15} + 0.387X_{16} + 0.442X_{17} + 0.052X_{18};$$
$$F_6 = 0.108X_1 + 0.130X_2 + 0.134X_3 + 0.111X_4 - 0.016X_5 + 0.275X_6 - 0.050X_7 - 0.106X_8 - 0.291X_9 +$$

$$0.068X_{10} - 0.048X_{11} + 0.099X_{12} - 0.015X_{13} + 0.344X_{14} + 0.252X_{15} + 0.160X_{16} + 0.140X_{17} + 0.863X_{18}。$$

各指标综合得分公式为 $F = 0.342F_1 + 0.132F_2 + 0.130F_3 + 0.092F_4 + 0.072F_5 + 0.068F_6$,按照公式计算得到球茎甘蓝种质资源的综合得分;综合得分越大,种质资源越好。

表 10 基于 17 份球茎甘蓝种质资源的主成分特征值

指标	各主成分载荷					
	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 5	主成分 6
叶长(X_1)	0.941	0.052	0.154	-0.048	0.034	0.108
叶宽(X_2)	0.845	0.031	0.196	-0.092	-0.091	0.130
柄长(X_3)	0.614	0.230	0.076	0.098	0.359	0.134
球茎纵径(X_4)	0.855	-0.063	-0.230	0.341	-0.152	0.111
球茎横径(X_5)	0.531	0.336	-0.076	-0.557	0.171	-0.016
皮厚(X_6)	-0.301	0.059	0.533	0.459	-0.205	0.275
单株质量(X_7)	0.912	-0.073	-0.207	0.075	-0.182	-0.050
球茎质量(X_8)	0.881	-0.110	-0.278	0.029	-0.254	-0.106
株高(X_9)	0.482	0.106	0.391	0.453	0.346	-0.291
株幅(X_{10})	0.165	-0.384	0.841	0.169	-0.050	0.068
叶数(X_{11})	-0.008	0.692	0.416	-0.030	0.493	-0.048
干物质率(X_{12})	-0.710	-0.425	0.382	-0.117	-0.128	0.099
总糖含量(X_{13})	0.048	-0.236	0.414	-0.733	0.152	-0.015
抗坏血酸含量(X_{14})	-0.281	0.753	0.100	0.126	-0.316	0.344
粗纤维含量(X_{15})	0.495	-0.484	0.184	0.168	0.327	0.252
可溶性蛋白含量(X_{16})	-0.550	0.253	-0.467	0.287	0.387	0.160
硝态氮含量(X_{17})	-0.240	-0.666	-0.429	0.153	0.442	0.140
亚硝酸盐含量(X_{18})	0.155	-0.018	-0.134	-0.227	0.052	0.863
特征值	6.16	2.38	2.35	1.65	1.29	1.22
贡献率(%)	34.23	13.20	13.04	9.17	7.16	6.79
累计贡献率(%)	34.23	47.43	60.47	69.63	76.79	83.58

由表 11 可知,综合得分排名依次为 C15 > C16 > C9 > C1 > C4 > C6 > C11 > C17 > C7 > C2 > C8 > C3 > C14 > C12 > C10 > C5 > C13。种质资源应用时需考量表型性状和营养品质,其表现皆优良时,可优先考虑排名靠前的材料为亲本材料,进行良种繁育。

3 讨论与结论

3.1 球茎甘蓝农艺性状的遗传多样性分析

种质资源的性状多样性评价及遗传分析是育种工作的重要基础,通常以此为依据确定亲本材料,进行种质创新^[24]。本研究基于不同来源的 17 份球茎甘蓝种质资源进行表型遗传多样性分析,有利于今后对球茎甘蓝表型及品质性状的改良。

农艺性状,即作物表型性状,是能直观反映品

种优异程度的指标。程智慧阐述了叶菜的生物产量与生长势之间存在相关性;这种相关性体现在许多方面,其中最直观的就是农艺性状与经济产量的关系;即其数量性状与质量性状表现越好,就有更大的潜力来提供更高的生物产量,从而得到更好的经济效益^[25]。从农艺性状的表现来看,17 份球茎甘蓝种质资源的数量性状之间存在不同程度的变异,并且多样性指数普遍 >1,这说明 17 份球茎甘蓝种质资源的不同部位均存在丰富的多样性,其中叶宽、球茎纵径、株幅多样性指数最大,其原因应当在后续试验中继续探索。在变异系数和多样性之外,数量性状之间存在显著相关性,试验数据表明,叶长、叶宽、球茎纵径、单株质量等性状与其他多数性状呈极显著或显著正相关,而大多数性状与干物质

表 11 基于 17 份球茎甘蓝的性状综合评价

种质资源	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F	排名
C1	10.589	-1.827	8.658	2.623	3.638	0.902	5.07	4
C2	7.688	-0.768	7.913	2.529	3.756	1.917	4.19	10
C3	8.624	-4.650	6.738	3.430	4.770	1.155	3.95	12
C4	10.241	-4.021	9.407	3.508	4.553	1.447	4.95	5
C5	5.346	-2.739	7.431	2.332	3.186	1.257	2.96	16
C6	10.404	-4.651	9.448	3.282	3.611	1.952	4.87	6
C7	9.157	-4.133	8.156	2.860	3.684	1.677	4.29	9
C8	8.089	-5.938	10.593	3.658	4.472	1.626	4.13	11
C9	10.827	-3.919	10.209	2.111	4.369	1.459	5.12	3
C10	5.807	-5.024	8.707	2.822	4.270	1.333	3.11	15
C11	9.033	-3.585	11.959	3.463	3.917	1.297	4.86	7
C12	8.167	-4.508	5.991	1.759	3.349	1.920	3.51	14
C13	3.615	-7.459	10.271	2.446	3.844	1.945	2.22	17
C14	5.822	-2.779	11.115	2.416	2.240	1.393	3.55	13
C15	12.788	-3.697	11.703	3.730	3.947	1.293	6.13	1
C16	11.701	-3.889	11.745	2.865	3.027	1.858	5.63	2
C17	9.856	-2.736	9.662	1.740	4.404	1.373	4.84	8

注： $F_1 \sim F_6$ 分别代表第 1 至第 6 主成分得分， F 代表 6 个主成分的综合得分。

率呈显著或极显著负相关,这说明叶长、叶宽、球茎的长度及单株质量对其他数量性状有较大的影响,在生产实践中可以通过叶长、叶宽、球茎的表型特征对其他性状做出初步判断。在球茎甘蓝种质资源隶属函数的分析结果中发现,材料 C15 的 R 最高; R 较大,代表该材料在生长期间的生长势较好,结合数量性状的相关性,可能是因为叶长、球茎纵径、球茎横径、球茎质量及单株质量等性状表现优异。有 6 个材料的 R 在 0.5 以上,占有所有材料的 35.29%;只有 3 个材料的 R 在 0.3 以下,这也说明数量性状综合表现好的种质资源占多数。17 份材料丰富的遗传多样性,为球茎甘蓝种质资源的筛选和新种质的创制提供了更大的可能。

3.2 球茎甘蓝营养品质的遗传多样性分析

营养成分分析是评价种质优良的重要基础^[26]。赵孟良等对 20 份白菜品种^[27]、马一棟等对茼蒿^[19]种质资源的评价皆通过总糖、可溶性蛋白、抗坏血酸含量进行营养成分的多样性分析。可见,对于十字花科作物的营养成分分析一般应从这几个指标入手。

本研究结果表明,影响球茎甘蓝品质的营养成分(总糖、抗坏血酸、粗纤维、可溶性蛋白含量)和硝态氮、亚硝酸盐含量在各种质资源间均存在显著性差异。且抗坏血酸含量的最高值是最低值的 14.71 倍,硝态氮含量的最高值是最低值的 2.92 倍。6 个指标之间存在着不同程度的变异,变异系数分布在

0.18~0.69 之间,表明所收集到的资源遗传多样性较丰富。相关性分析结果表明,抗坏血酸含量与硝态氮含量呈显著负相关。总糖、抗坏血酸、粗纤维、可溶性蛋白含量越高,球茎甘蓝品质越好,而亚硝酸盐、硝态氮含量过高,则会使球茎甘蓝品质下降,并且亚硝酸盐可能会与二甲胺、三甲胺结合,产生的亚硝胺是强致癌物质,诱发一系列疾病^[28]。

球茎甘蓝的总糖含量远高于其他十字花科作物,其含量是白菜的 5.90 倍,抗坏血酸含量也超过其他十字花科作物,因此球茎甘蓝的后续研究可集中于总糖含量和抗坏血酸含量的调控方面。其次,关于球茎甘蓝总糖及抗坏血酸含量远高于其他十字花科作物,是由于其品种品质差异还是青海独特地理环境所致,还有待研究。后续应进行多年、多点品种比较试验,进一步明晰所筛选的优异资源是否存在地理位置上的优越性,以及球茎甘蓝与其他十字花科作物品质差异较大的根本原因,以筛选出适宜青海地区种植的优质球茎甘蓝,并进行大面积示范推广。

3.3 球茎甘蓝种质资源农艺性状及营养品质的综合评价

利用主成分分析方法评价种质性状的研究已多有报道,其广泛应用于猕猴桃^[29]、甘蓝^[30]、水稻^[31]等作物。本研究主成分分析结果表明,得到累计方差贡献率为 83.58%,6 个主成分共筛选出叶

长、叶宽、株幅、球茎纵径、单株质量、球茎质量、抗坏血酸含量、亚硝酸盐含量 8 个代表性指标,可作为球茎甘蓝种质资源评选和选育工作的指标。

聚类分析作为目前进行种质资源评价研究中常用的一种数据分析方法,可将不同品种进行归类,从而衡量各品种的优劣并根据性状的相似程度进行分类,反映亲缘关系的远近^[32-35]。17 份球茎甘蓝的种质资源可以被分成 3 类:第 1 类表型性状上极具优势,产量稳定;第 2 类营养品质较高,生产中可培育高品质品种;第 3 类表型性状和营养品质皆不具优势。依据这些信息,在育种工作中,可根据实际用途或育种目标从中进一步选择,提高育种效率。

本试验通过相关性分析、隶属函数分析、主成分分析、聚类分析等方法,发现球茎甘蓝的种质资源在农艺性状上具有丰富的变异性和多样性,并且性状之间存在着极显著的相关性,营养成分在不同材料之间也有显著的差异。后续研究可集中于产量稳定或者营养品质较高的新品种选育方面,为开展青海当地良种繁育、示范、推广提供基础。

参考文献:

- [1] 张飞雪,周利利,陈丽萍,等. 我国球茎甘蓝研究现状[J]. 蔬菜, 2020(8):36-39.
- [2] 丁晓蕾. 球茎甘蓝在中国的引种栽培史考略[J]. 中国蔬菜, 2015(12):67-72.
- [3] 王国强,张海珍,陈小文,等. 萝卜嫁接苤蓝技术[J]. 长江蔬菜, 2020(17):31-32.
- [4] 王红旗,何金法,赵 鑫. 提高水果苤蓝产量与品质的关键技术[J]. 乡村科技,2021,12(21):94-95.
- [5] 高秉森,沈 彪. 枸杞套种苤蓝高效栽培技术[J]. 长江蔬菜, 2020(19):43-44.
- [6] 祝 宁,宗 静,齐长红,等. 棚室草莓套种水果苤蓝高效栽培技术[J]. 农村新技术,2020(8):14-15.
- [7] 吴国平,王丽娟,王建华. 球茎甘蓝引种筛选试验[J]. 上海蔬菜,2017(5):6-7.
- [8] 霍振国,张孟军,李永义,等. 球茎甘蓝(苤蓝)新品种翠宝 1 号的选育[J]. 中国蔬菜,2018(10):82-84.
- [9] 霍振国,张孟军,李永义,等. 适宜春秋两季露地栽培的苤蓝品种“翠宝 2 号”[J]. 蔬菜,2018(3):69-70.
- [10] 赵继秀,马 祥,琚泽亮,等. 青海省东部不同燕麦种质资源产量性状评价[J]. 草业科学,2022,39(10):2160-2170.
- [11] 刘林娅,黄亚成,杨 那,等. 81 份辣椒种质资源表型性状的遗传多样性分析[J]. 热带作物学报,2023,44(4):706-715.
- [12] 何巧芸,周智满,曾 铮,等. 195 份大蒜种质资源在南方地区的农艺性状综合评价[J]. 中国蔬菜,2022(7):69-77.
- [13] 田闰玉,郭怡婷,任延靖,等. 241 份菊芋种质资源地上部性状的遗传多样性分析[J]. 青海大学学报,2021,39(2):17-26.
- [14] 赵孟良,王丽慧,任延靖,等. 257 份菊芋种质资源表型性状的遗传多样性[J]. 作物学报,2020,46(5):712-725.
- [15] 彭 枫,赵孟良,徐晨曦,等. 基于表型性状的菠菜种质资源遗传多样性分析[J]. 分子植物育种,2021,19(5):1698-1708.
- [16] 赵孟良,韩 睿,田闰玉,等. 126 份芜菁种质资源地上部表型的多样性分析[J]. 分子植物育种,2021,19(1):318-332.
- [17] 王超楠,刘晓晖,闻凤英,等. 苤蓝优质高效栽培技术[J]. 农业科技通讯,2011(9):178-180.
- [18] 内蒙古农业科学院蔬菜研究所. 结球甘蓝田间试验观察项目及其记载标准[S]. 2000.
- [19] 马一棟,李晓娟,赵孟良,等. 不同芜菁种质资源营养品质分析及综合评价[J]. 食品与发酵工业,2021,47(19):277-287.
- [20] 曹雪莲,陈 影,彭卫红,等. 毛头鬼伞种质资源农艺性状遗传多样性分析及综合评价[J]. 食用菌学报,2022,29(5):53-64.
- [21] 肖继兵,刘 志,辛宗绪,等. 基于主成分分析和隶属函数的谷子全生育期耐旱性鉴定[J]. 干旱地区农业研究,2022,40(6):34-44.
- [22] 刘 莉. 蔬菜营养学[M]. 天津:天津大学出版社,2014.
- [23] 田雪珂,钟启文,孙雪梅,等. 叶用莴苣种质资源表型性状及营养品质综合评价[J]. 江苏农业学报,2022,38(5):1330-1339.
- [24] 赵 娜,缪亚梅,姚梦楠,等. 蚕豆种质资源籽粒表型与营养品质性状的多样性分析[J]. 江苏农业学报,2022,38(3):597-604.
- [25] 程智慧. 蔬菜栽培学总论[M]. 2 版. 北京:科学出版社,2019.
- [26] 谭 亮,李军乔,李玉林,等. 青海不同产地蕨麻营养成分分析及品质评价[J]. 食品与生物技术学报,2022,41(1):95-111.
- [27] 赵孟良,韩 睿,王紫莹,等. 20 份小白菜品种引种试验农艺性状的多样性分析[J]. 南方农业学报,2020,51(8):1960-1969.
- [28] 孟凡非,康铁东,杨 成,等. 化肥减量施用对蔬菜地氮素流失控制及小白菜生长的影响[J]. 西南农业学报,2022,35(11):2603-2608.
- [29] 江 海,陈小华,杜佳宝,等. 基于主成分分析评价陕南地区主栽猕猴桃的品质[J]. 陕西理工大学学报(自然科学版),2021,37(1):43-49.
- [30] 祖 琴,邓 巍,王 秀,等. 主成分分析和 SIMCA 的甘蓝与杂草光谱识别方法研究[J]. 光谱学与光谱分析,2013,33(10):2745-2750.
- [31] 徐清宇,余 静,朱大伟,等. 基于主成分分析和聚类分析的不同水稻品种营养品质评价研究[J]. 中国稻米,2022,28(6):1-8.
- [32] 夏利娟,蔡鲲鹏,马莉娟,等. 小麦品质相关分析和聚类分析[J]. 农学学报,2021,11(8):1-7.
- [33] 索荣臻,王明玖,赵天启,等. 野生大豆与栽培大豆杂交后代不同品种(系)的光合特性比较与聚类分析[J]. 中国油料作物学报,2020,42(2):255-263.
- [34] 王艳平,潘 红,吴 燕,等. 基于表型性状和 KASP 标记的玉米 DUS 测试品种的聚类分析[J]. 江苏农业学报,2022,38(5):1171-1178.
- [35] 孟丽梅,杨子光,孙军伟,等. 53 份小麦品种农艺性状的聚类分析[J]. 山西农业科学,2018,46(7):1085-1088.