

# 江西省地方冬瓜种质资源表型性状遗传多样性分析

关峰<sup>1</sup>, 石博<sup>1</sup>, 万新建<sup>1</sup>, 张景云<sup>1</sup>, 黄长林<sup>1</sup>, 张会国<sup>2</sup>, 黄国东<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup>江西省农业科学院蔬菜花卉研究所, 南昌 330200; <sup>2</sup>江西省高安市农业农村局, 高安 330800)

**摘要:** 为深入了解江西省地方冬瓜种质资源的变异特点和多样性, 采用主成分分析、聚类分析和表型性状综合评价方法, 对“第三次全国农作物种质资源普查与收集行动”中收集到的 95 份江西省地方冬瓜种质资源的 12 个表型性状进行了遗传多样性分析及综合评价。结果表明, 不同环境条件下, 95 份冬瓜种质表型性状具有丰富的变异, 遗传多样性指数的变幅为 0.479~2.103, 其中首雌花节位的多样性指数最高, 瓜横径和瓜纵径次之。聚类分析将供试冬瓜种质资源划分为 4 个类群, 第 III 类群为大果型资源, 具有高产潜力。第 IV 类群符合江西省粉皮、无棱沟、短圆筒冬瓜的消费习惯, 可用作改良冬瓜商品性的亲本材料。主成分分析和综合评价结果表明, 前 5 个主成分累积贡献率为 67.586%, 各冬瓜种质的综合得分范围为 -0.92~1.03, 4 份得分高的种质资源新安粉皮巨型冬瓜、东园冬瓜、峡江冬瓜和黄坊冬瓜可作为核心育种资源加以利用。本研究系统评价了江西省冬瓜地方种质资源的遗传多样性, 为后续冬瓜新品种选育提供科学依据。

**关键词:** 冬瓜; 种质资源; 遗传多样性; 江西

## Genetic Diversity Analysis of Wax Gourd Resources Collected from Jiangxi Province Using Phenotypic Traits

GUAN Feng<sup>1</sup>, SHI Bo<sup>1</sup>, WAN Xin-jian<sup>1</sup>, ZHANG Jing-yun<sup>1</sup>,  
HUANG Chang-lin<sup>1</sup>, ZHANG Hui-guo<sup>2</sup>, HUANG Guo-dong<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>*Institute of Vegetable and Flower, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200;*

<sup>2</sup>*Jiangxi Gaoan Agriculture Bureau, Gaoan 330800*)

**Abstract:** To understand the genetic diversity of wax gourd germplasm resources, 95 wax gourd germplasm resources collected from Third National Survey and Collection of Crop Germplasm Resources in Jiangxi province were used. The cluster analysis, principal component analysis, and multivariate evaluation of 12 phenotypic traits were carried out. These results revealed abundant phenotypic variations at each of traits, with the genetic diversity index of 0.479–2.103 under different environmental conditions. The diversity index of first female flower node was the highest, followed by fruit diameter and length. The cluster analysis suggested four groups, in which group III was large-fruit wax gourd germplasm resources with a potential for high-yield varieties breeding. Group IV was suitable for spending habits with heavy wax powder, little furrow and short cylinder shape, and they could be used to improve the commercial properties in Jiangxi province. The principal component analysis and comprehensive evaluation indicated that the cumulative contribution rate of the 5 main components was 67.586%. The comprehensive score of the wax gourd germplasm resources ranged from -0.92 to 1.03, the four accessions

收稿日期: 2021-08-30 修回日期: 2021-09-16 网络出版日期: 2021-10-13

URL: <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20210830001>

第一作者研究方向为蔬菜遗传育种与分子生物技术, E-mail: [guanfeng\\_0813@163.com](mailto:guanfeng_0813@163.com)

通信作者: 万新建, 研究方向为蔬菜遗传育种与分子生物技术, E-mail: [xinjian71@163.com](mailto:xinjian71@163.com)

**基金项目:** 财政部和农业农村部: 国家现代农业产业技术体系 (CARS-23); 第三次全国农作物种质资源普查与收集行动; 江西省重点研发计划一般项目 (20202BBFL63010, 20212BBF63015); 江西现代农业科研协同创新专项 (JXXTCXQN202102, JXXTCX202101, JXXTCX202114)

**Foundation projects:** China Agriculture Research System of MOF and MARA (CARS-23), Third National Survey and Collection of Crop Germplasm Resources, Jiangxi Key Research and Development Project (20202BBFL63010, 20212BBF63015), Jiangxi Modern Agricultural Research Collaborative Innovation Project (JXXTCXQN202102, JXXTCX202101, JXXTCX202114)

with high comprehensive scores were xinan giant wax gourd with powder, dongyuan wax gourd, xiajiang wax gourd and huangfang wax gourd, which could be used as the core breeding resources. Taken together, this result can provide an insights for variety breeding in wax gourd.

**Key words:** wax gourd; germplasm resources; genetic diversity; Jiangxi province

冬瓜 (*Beincasehispida* Cogn.) 原产于我国南部地区, 至今有近 2000 年的栽培历史, 现主要分布在广东、广西、海南、湖南、江西、江苏等地, 据统计, 2018 年, 我国冬瓜种植面积超过 20 万  $\text{hm}^2$ <sup>[1-2]</sup>。冬瓜是一种高产蔬菜, 且具有耐热、耐潮湿、耐储运、货架期长等优点<sup>[3]</sup>, 是现代农产品加工及调节蔬菜淡季供应的重要蔬菜品种。但由于我国冬瓜育种起步晚、生产上使用的品种亲本比较单一, 冬瓜育种的遗传基础日渐狭隘, 特别是蔬菜品种市场化导致一些地方古老品种逐渐消失。关于冬瓜种质资源多样性研究, 学者论述较少, 李文嘉<sup>[4]</sup>收集到 27 份广西节瓜种质资源, 并对 6 个性状进行调查。江彪等<sup>[5]</sup>将 57 份冬瓜种质划分为 6 个类群, 并且类群的划分与地方来源有较高相关性。谢大森等<sup>[6]</sup>对来源于东南亚国家及我国冬瓜主产区的 146 份冬瓜种质资源的生物学特性、品质、抗逆性和抗病性等进行了连续 3 年的鉴定, 从中筛选出抗枯萎病、耐疫病和病毒病的黑皮冬瓜材料 1 份, 抗疫病、耐枯萎病的粉皮冬瓜材料 1 份, 高钾低钠瓜肉致密的材料 2 份。但是在前期研究中, 对地方冬瓜种质资源表型的重要指标鉴定鲜有报道, 需加紧完善和补充, 拓展冬瓜育种的遗传背景。

江西省位于 24° 29' ~ 30° 12' N, 113° 29' ~ 118° 39' E, 具有亚热带温暖湿润气候的特点, 江西省东、西、南三面环山, 北部是平原, 中部为丘陵、河谷平原交错分布, 全省整体形成一个往北开的巨大盆地, 这样的地形既有利于水源、物产向北方汇集, 又有利于接纳来自中原的人口和文化。地方冬瓜品种受到江西省长期气候影响、经过勤劳的江西人民长期生产实践和科学实验, 携带丰富的基因资源, 具有重大发展潜力<sup>[7-10]</sup>。本研究以保存的 95 份冬瓜种质资源为材料, 于 2018-2020 年分别在南昌、高安 2 个试验基地多年多地鉴定, 采用表型性状遗传多样性分析法对瓜形、瓜皮色等 6 个质量性状, 单瓜重、瓜肉厚等 6 个数量性状进行分析, 结合聚类分析、主成分分析进行综合评价。筛选优异地方冬瓜种质, 最终结果将丰富江西省冬瓜种质资源表型数据库, 为冬瓜种质资源的利用及新品种选育提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为“第三次全国农作物种质资源普查与收集行动”中收集到的江西地方冬瓜种质, 共计 95 份 (表 1)。

表 1 江西冬瓜种质资源调查信息表

Table 1 Information of wax gourd germplasm resources in surveyed areas of Jiangxi

全国统一编号 National unify No.	名称 Name	收集地 Location	海拔 (m) Elevation	留种时间 (≥年) Reserve time
2017361005	吴城冬瓜	九江市永修县吴城镇同兴村	38	45
2017361038	永修冬瓜	九江市永修县横山村	79	30
2017361314	山背冬瓜	九江市修水县上奉镇山背村	264	15
2017361322	布甲冬瓜	九江市修水县布甲乡太阳村	776	100
2017361347	修水冬瓜	九江市修水县布甲乡横山村	620	50
2017361361	黄荆冬瓜	九江市修水县东港乡黄荆村	406	50
2017361416	三溪桥冬瓜	九江市永修县三溪桥镇横山村	70	50
2017361438	云居冬瓜	九江市永修县云山垦殖场云居山	725	25
2017362140	大树冬瓜	九江市都昌县大树乡牡丹村	23	20
2017362161	竹林冬瓜	九江市都昌县阳峰乡竹林村	12	20
2017363163	萍乡冬瓜	萍乡市莲花县路口镇阳春村庙山里	295	40
2017363205	微型冬瓜	萍乡市莲花县六市乡太沙村一组	622	5
2018361032	黄坳冬瓜	九江市修水县黄坳乡九龙村	625	10
2018361309	汉溪冬瓜	鹰潭市余江区马荃镇汉溪村	77	50

表 1(续)

全国统一编号 National unify No.	名称 Name	收集地 Location	海拔(m) Elevation	留种时间(≥年) Reserve time
2018361367	杨溪冬瓜	鹰潭市余江区杨溪乡墩上村	64	50
2018361517	潢里冬瓜	宜春市上高县蒙山镇潢里村	63	30
2018361519	浒江冬瓜	宜春市上高县蒙山镇浒江村	82	30
2018361521	蒙山冬瓜	宜春市上高县蒙山镇浒江村	84	30
2018361545	水口冬瓜	宜春市上高县野市乡水口村	54	40
2018361592	苑新冬瓜	宜春市上高县镇渡乡苑新村	85	20
2018361617	鹅公冬瓜	赣州市定南县鹅公镇莲塘村	250	40
2018361626	柱石冬瓜	赣州市定南县鹅公镇柱石村	354	40
2018361642	岭北冬瓜	赣州市定南县岭北镇南丰村	269	30
2018361652	大坝冬瓜	赣州市定南县岭北镇大坝村	384	40
2018361664	定南冬瓜	赣州市定南县岭北镇蔡阳村	382	30
2018361665	东山冬瓜	赣州市定南县天九镇东山村	242	40
2018361688	天九冬瓜	赣州市定南县天九镇五户村	267	30
2018361709	金江冬瓜	吉安市峡江县金江乡南湖村	119	20
2018361726	新陂冬瓜	吉安市峡江县仁和镇新陂村	76	40
2018361750	峡江冬瓜	吉安市峡江县仁和镇大里村	36	40
2018361751	仁和冬瓜	吉安市峡江县仁和镇大里村	36	40
2018361753	官田冬瓜	吉安市峡江县仁和镇官田村	42	20
2018362324	洵口冬瓜	抚州市黎川县洵口镇洵口村	158	20
2018362325	黎川冬瓜	抚州市黎川县洵口镇洵口村	158	20
2018362372	中湖冬瓜	抚州市黎川县宏村镇中湖村	154	60
2018362494	安福冬瓜	吉安市安福县洋门乡潭源村	117	70
2018362515	邱源冬瓜	抚州市黎川县熊村镇邱源村	523	30
2018362641	前村冬瓜	赣州市兴国县良村镇前村村	292	50
2018362695	洋叶冬瓜	上饶市横峰县龙门畈乡洋叶村	105	50
2018362748	善塘冬瓜	上饶市横峰县港边乡善塘村	99	30
2018363103	塘背青皮冬瓜	赣州市瑞金市谢坊镇塘背村	211	30
2018363224	项山冬瓜	赣州市寻乌县项山乡聪坑村	460	30
2018363252	丹溪白皮冬瓜	赣州市寻乌县丹溪乡彭溪村	685	50
2018363262	水源香芋冬瓜	赣州市寻乌县水源乡周畲村	367	50
2018363327	崇仁冬瓜	抚州市崇仁县相山镇浯漳村	151	50
2018363337	相山枕头冬瓜	抚州市崇仁县相山镇厚料村	120	30
2018363564	新城枕头冬瓜	井冈山市新城镇排头村	217	50
2018363576	长古岭大白冬瓜	井冈山市长古岭林场湘洲村	363	60
2018363632	大源枕头冬瓜	上饶市万年县大源镇界福村	44.5	50
2018363639	裴梅晚熟大冬瓜	上饶市万年县裴梅镇荷桥上程村	100	30
2018363724	裴梅长冬瓜	上饶市万年县裴梅镇龙港聂家村	100	50
2019361016	沙洲冬瓜	抚州市南城县沙洲镇临坊村	98	30
2019361060	龙湖冬瓜	抚州市南城县龙湖镇龙湖村	92	30
2019361071	小竺小冬瓜	抚州市南城县龙湖镇小竺村	156	50
2019362176	中堡冬瓜	抚州市广昌县长桥乡中堡村	194	15
2019363065	饶埠青皮长冬瓜	上饶市鄱阳县饶埠镇天堂村	38	50
2019363148	双港枕头冬瓜	上饶市鄱阳县双港镇马鞍山村	50	50
2019363153	莲湖白皮长冬瓜	上饶市鄱阳县莲湖乡向阳村	3	50
2019363159	新安粉皮巨型冬瓜	上饶市鄱阳县四十里街镇新安村	97	40
2019363254	大墩枕头冬瓜	宜春市铜鼓县大墩镇大墩街	182	50
2019363300	排埠冬瓜	宜春市铜鼓县排埠镇华联村	335	50

表 1(续)

全国统一编号 National unify No.	名称 Name	收集地 Location	海拔(m) Elevation	留种时间(≥年) Reserve time
2019363363	高桥冬瓜	宜春市铜鼓县高桥乡高桥村	319	50
2019363396	三都枕头冬瓜	宜春市铜鼓县三都镇西向村	335	50
2019363415	高桥白皮小冬瓜	宜春市铜鼓县高桥乡高桥村	319	50
2019361615	水口冬瓜	抚州市南城县沙洲镇水口村	56	20
2019361645	上塘冬瓜	抚州市南城县上塘镇余公头村	123	25
2019362131	南坊冬瓜	抚州市广昌县驿前镇南坊村	308	30
2019362151	尖峰冬瓜	抚州市广昌县尖峰乡小坑村	340	50
2019362215	土岩冬瓜	上饶市横峰县龙门畈乡土岩村	103	30
2019362263	八一冬瓜	丰城市荷湖乡八一村	46	20
2019362275	小溪冬瓜	丰城市洛市镇小溪村	149	10
2019362292	秀市冬瓜	丰城市秀市镇秀市村	26	30
2019362301	岩上冬瓜	丰城市袁渡镇岩上村	28	20
2019362314	古竹冬瓜	抚州市广昌县盱江镇古竹村	183	15
2019362339	头陂冬瓜	抚州市广昌县头陂镇头陂村	170	15
2018361665	东山冬瓜	赣州市定南县天九镇东山村	242	20
P360281016	名口冬瓜	乐平市名口乡戴村	48.4	15
P360402003	汤桥白皮冬瓜	九江市濂溪区赛阳镇汤桥村	65	15
P360622025	林溪冬瓜	鹰潭市余江县马荃镇林溪村	102	20
P360703013	田心冬瓜	赣州市南康县朱坊镇天心村	156	15
P360735021	岩岭冬瓜	赣州市石城县高田镇岩岭村	577.6	15
P360802012	吉州冬瓜	吉安市吉州区曲濂镇长明村	54	25
P360822022	乌江冬瓜	吉安市吉水县乌江镇	75	20
P360825015	永丰冬瓜	吉安市永丰县中村乡记上村	412.4	15
P360826013	泰和冬瓜	吉安市泰和县澄江镇南门村	61	15
P360830003	铁井冬瓜	九江市濂溪区龙门铁井	415	20
P360902001	袁州白粉冬瓜	宜春市袁州区湖田乐家山	130.7	25
P360922025	东奇冬瓜	鹰潭市余江县鹅峰乡东溪村	155	20
P360924033	草坪冬瓜	宜春市宜丰县天宝乡草坪村	119	20
P361124007	紫溪冬瓜	上饶市铅山县紫溪乡火星村	205	20
P361124081	汪二荷田冬瓜	上饶市铅山县汪二镇荷田村	102.04	20
P361130042	白皮冬瓜	上饶市婺源县湖林村	103	15
P361181028	沙畈冬瓜	德兴市万村乡沙畈村沙畈组	61	20
P362135005	黄坊冬瓜	赣州市会昌县文武坝镇黄坊村	167	20
P362421023	东园冬瓜	吉安市吉安县永阳镇东园村	63	20

## 1.2 试验方法

选择结瓜习性、瓜面蜡粉、瓜皮色、棱沟深浅、熟性、瓜形、首雌花节位、瓜梗长、瓜纵径、瓜横径、瓜肉厚、单瓜重进行调查记载。其中质量性状予以赋值,将数据进行标准化。质量性状差异数字表示,结瓜习性:1=主蔓,2=侧蔓,3=主/侧蔓;瓜面蜡粉:1=无,2=少,3=中,4=多;瓜皮色:1=银灰,2=浅绿,3=绿,4=深绿,5=墨绿;棱沟深浅:1=无,2=浅,3=中,4=深;熟性:1=极早,2=早,3=中,4=晚;瓜形:1=扁球形,2=球形,3=短圆筒,4=椭球形,

5=梨形,6=长圆筒。

供试材料于2018年种植于江西省南昌市南昌县武阳镇试验基地(116.0262°E、28.5234°N,海拔28m),2019年、2020年种植于江西省宜春市高安市泗溪镇江西省农业科学院高安繁种基地(115.1308°E、28.2518°N,海拔39m)。性状调查参照《冬瓜和节瓜种质资源描述规范和数据标准》<sup>[11]</sup>,每份种质选取6株冬瓜进行调查记载。试验采取随机区组设计,3次重复,于3月中旬穴盘播种,三叶一心后定植。每份冬瓜种质种植各为独



表 2 6 个质量性状的多样性分析

Table 2 Genetic diversity analysis of six quality-related traits

性状 Traits	多样性指数 $H'$	赋值 Code of traits					
		1	2	3	4	5	6
结瓜习性 FH	0.479	12	2	81	—	—	—
瓜面蜡粉 WP	1.155	18	9	15	53	—	—
瓜皮色 FCC	1.344	0	27	33	20	15	—
棱沟深浅 FD	0.660	74	17	1	3	—	—
熟性 M	0.996	0	13	43	39	—	—
瓜形 FS	1.097	1	2	57	5	5	25

FH: Fruit habits, WP: Wax powder, FCC: Fruit cuticular color, FD: Furrow depth, M: Maturity, FS: Fruit shape, the same as below

表 3 6 个数量性状的多样性分析

Table 3 Genetic diversity analysis of six quantitative characters

性状 Traits	最小值 Min.	最大值 Max.	平均值 Mean	极差 Range	标准差 $SD$	变异系数 (%) $CV$	多样性指数 $H'$
首雌花节位 FFN	7.00	24.00	16.05	17.00	3.86	24.05	2.103
瓜梗长 (cm) FSL	3.60	17.00	7.41	13.40	2.35	31.71	1.954
瓜纵径 (cm) LDF	24.00	94.00	52.33	70.00	15.27	29.18	2.023
瓜横径 (cm) TDF	9.80	49.00	25.77	39.20	8.55	33.18	2.036
瓜肉厚 (cm) FT	2.30	9.60	4.59	7.30	1.20	26.14	1.990
单瓜重 (kg) WPF	1.69	35.70	15.54	34.10	8.04	51.74	1.943

FFN: Female flower node, FSL: Fruit stem length, LDF: Longitudinal diameter of fruit, TDF: Transverse diameter of fruit, FT: Fruit thickness, WPF: Weight per fruit, the same as below

表 4 不同环境条件下 6 个数量性状表型平均值比较

Table 4 The mean values of six quantitative characters in different environments

性状 Traits	2018 年南昌 In 2018, Nanchang	2019 年高安 In 2019, Gaoan	2020 年高安 In 2020, Gaoan
首雌花节位 FFN	15.50 ± 1.33	16.80 ± 2.07	15.90 ± 1.25
瓜梗长 (cm) FSL	7.40 ± 0.29	7.30 ± 1.82	7.50 ± 0.55
瓜纵径 (cm) LDF	51.70 ± 13.90	48.90 ± 10.50	56.40 ± 16.80
瓜横径 (cm) TDF	25.20 ± 2.56	23.90 ± 5.21	28.20 ± 1.98
瓜肉厚 (cm) FT	4.10 ± 0.15	4.80 ± 0.33	4.90 ± 1.35
单瓜重 (kg) WPF	12.50 ± 2.43	16.80 ± 2.15	17.30 ± 2.36

表中数据为平均值 ± 标准差

Data in chart were mean ±  $SD$

## 2.4 聚类分析

将质量性状结果进行标准化转化后,采用 UPGMA 法对 95 份供试品种 12 个性状进行了系统聚类(图 3)。在欧氏距离 7.5 处可将 95 份江西冬瓜资源聚类为 4 大类。其中,类群 I 包括 19 份资源,该类群主要特征为瓜面蜡粉最多,瓜皮色以浅绿色为主,首雌花节位最高,多为晚熟,瓜横径最短(19.2 cm);类群 II 包括 35 份资

源,其特点为瓜肉厚最薄(4.1 cm),瓜皮色多为绿色,单瓜重的变异系数最大(46.3%);类群 III 包括 8 份资源,其主要特征为单瓜最重(26.0 kg),腔小肉厚(5.5 cm),瓜皮色多为墨绿色,首雌花节位变异系数最小(16.0%);类群 IV 包括 33 份资源,该类群的特点多为短圆筒,瓜横径最长(34.4 cm),瓜纵径变异系数最小(16.0%)(表 5、表 6)。

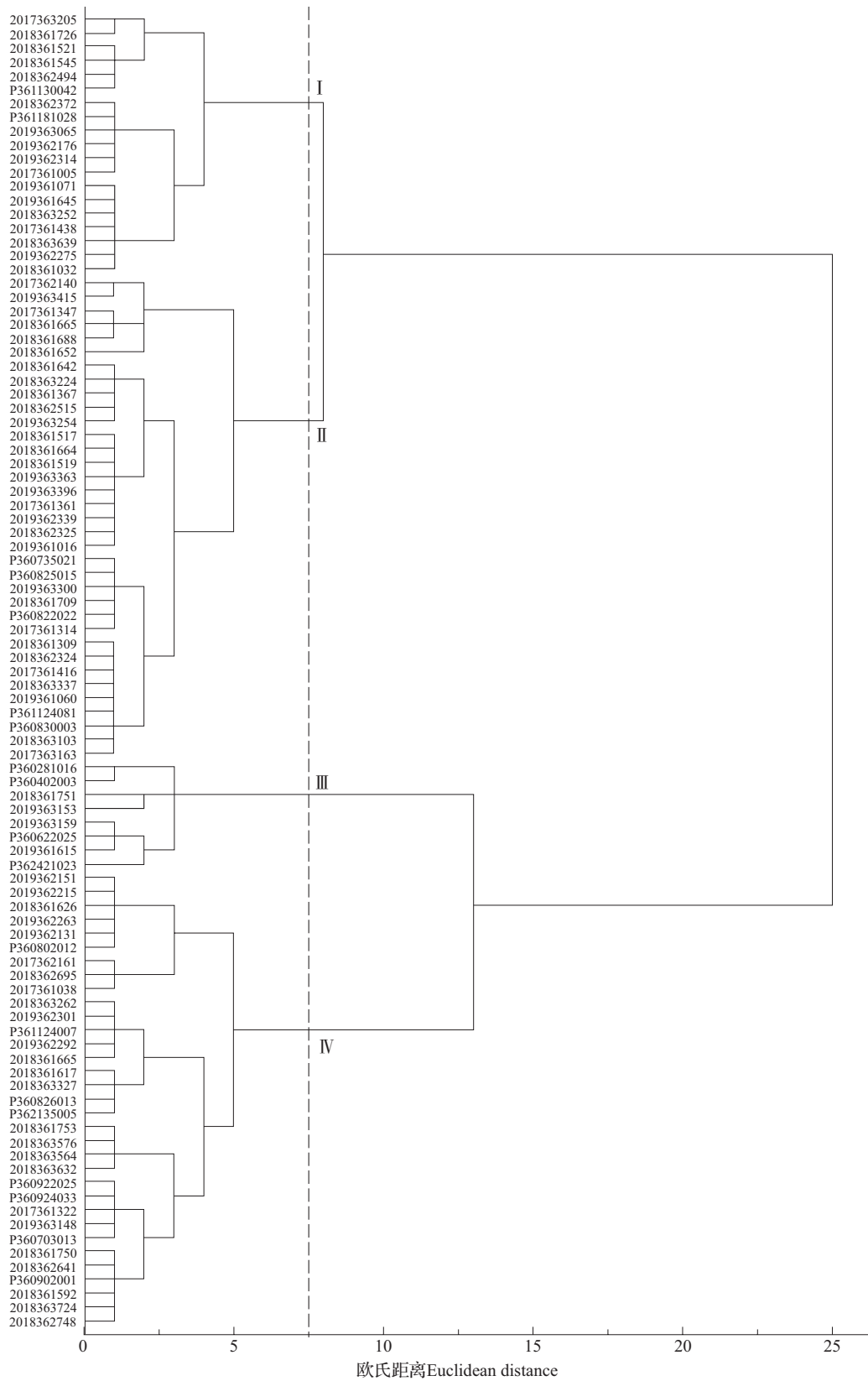


图 3 江西冬瓜资源基于 12 个性状的聚类分析

Fig.3 Cluster analysis of 12 agronomic traits in wax gourd resources in Jiangxi

表5 冬瓜种质资源各类群数量性状特征

Table 5 Quantitative characteristics of various groups in wax gourd germplasm resources

性状 Traits	类群 I Group I		类群 II Group II		类群 III Group III		类群 IV Group IV	
	均值	变异系数 (%)	均值	变异系数 (%)	均值	变异系数 (%)	均值	变异系数 (%)
	Mean	CV	Mean	CV	Mean	CV	Mean	CV
首雌花节位 FFN	17.2	21.2	15.1	22.7	14.1	16.0	16.6	25.1
瓜梗长 (cm) FSL	6.2	21.3	7.4	26.9	8.7	39.3	7.6	33.9
瓜纵径 (cm) LDF	53.6	12.6	38.1	18.0	86.1	4.8	57.2	16.0
瓜横径 (cm) TDF	19.2	31.5	21.4	21.4	24.4	26.7	34.4	17.9
瓜肉厚 (cm) FT	4.3	29.7	4.1	22.2	5.5	15.7	4.9	23.9
单瓜重 (kg) WPF	13.0	44.5	9.5	46.3	26.0	26.3	20.2	33.3

表6 冬瓜种质资源各类群质量性状分布频率

Table 6 Frequency distribution of various groups in wax gourd germplasm quality traits

性状 Traits	类群 I Group I		类群 II Group II		类群 III Group III		类群 IV Group IV	
	特征	分布频率 (%)	特征	分布频率 (%)	特征	分布频率 (%)	特征	分布频率 (%)
	Elite traits	Distribution frequency	Elite traits	Distribution frequency	Elite traits	Distribution frequency	Elite traits	Distribution frequency
结果习性 FH	主蔓	21.1	主蔓	2.9	主蔓	12.5	主蔓	15.2
	侧蔓	0	侧蔓	2.8	侧蔓	0	侧蔓	0
	主 / 侧蔓	78.9	主 / 侧蔓	94.3	主 / 侧蔓	87.5	主 / 侧蔓	84.8
瓜面蜡粉 WP	无	0	无	25.7	无	25.0	无	21.2
	少	15.8	少	11.4	少	0	少	6.1
	中	10.5	中	11.4	中	12.5	中	24.2
	多	73.7	多	51.4	多	62.5	多	48.5
瓜皮色 FCC	银灰	0	银灰	0	银灰	0	银灰	0
	浅绿	42.1	浅绿	25.7	浅绿	0	浅绿	24.2
	绿	26.3	绿	40.0	绿	45.8	绿	30.3
	深绿	21.1	深绿	14.3	深绿	0	深绿	33.4
	墨绿	10.5	墨绿	20.0	墨绿	54.2	墨绿	12.1
棱沟深浅 FD	无	78.9	无	80.0	无	87.5	无	75.8
	浅	21.1	浅	11.4	浅	12.5	浅	21.2
	中	0	中	2.9	中	0	中	0
	深	0	深	5.7	深	0	深	3.0
熟性 M	极早	0	极早	0	极早	0	极早	0
	早	15.8	早	11.4	早	0	早	18.2
	中	36.8	中	40.0	中	62.5	中	54.5
	晚	47.4	晚	48.6	晚	37.5	晚	27.3
瓜形 FS	扁球形	0	扁球形	2.9	扁球形	0	扁球形	0
	球形	0	球形	2.9	球形	0	球形	3.0
	短圆筒	52.6	短圆筒	68.6	短圆筒	50.0	短圆筒	57.6
	椭球形	0	椭球形	11.4	椭球形	0	椭球形	3.0
	梨形	0	梨形	2.9	梨形	12.5	梨形	9.1
	长圆筒	47.4	长圆筒	11.3	长圆筒	37.5	长圆筒	27.3



## 2.5 主成分分析

通过对 95 份冬瓜种质资源 12 个表型性状进行主成分分析,能够清楚地显示各表型性状在冬瓜果实多样性中的构成,把多指标转换为少数几个综合指标(表 7)。主成分分析的特征值和贡献率是选择成分的依据,前 5 个主成分的累积贡献率为 67.586%,包含了全部指标的大部分性状,表明这 5 个主成分可以代表 12 个性状所代表的遗传信息。第 1 主成分特征值为 2.613,贡献率为 21.777%。绝对值较高的性状

有单瓜重、瓜肉厚、瓜横径、瓜纵径,其特征向量都在 0.60 以上,这类性状主要与冬瓜果实重量有关。第 2 主成分的特征值为 1.764,贡献率为 14.697%,主要由首雌花节位、结瓜习性、瓜梗长、熟性决定,这类性状主要与座果习性有关。第 3 主成分特征值为 1.408,贡献率 11.737%,第 4 主成分特征值为 1.244,贡献率 10.370%,第 5 主成分特征值为 1.081,贡献率 9.005%。这些性状可视为江西地方冬瓜种质资源创新育种过程中评价和亲本选择的主要指标。

表 7 冬瓜资源主要农艺性状主成分分析

Table 7 Principal analysis of main agronomic traits of the wax gourd resources

性状 Traits	主成分 Principal component				
	1	2	3	4	5
单瓜重 WPF	0.813	0.008	0.100	-0.036	0.243
瓜肉厚 FT	0.784	-0.035	-0.076	-0.067	-0.031
瓜纵径 LDF	0.702	0.114	0.445	0.271	0.081
瓜横径 TDF	0.603	0.174	0.044	-0.327	0.030
首雌花节位 FFN	0.270	-0.628	-0.411	0.180	0.176
结瓜习性 FH	-0.311	0.570	0.250	0.337	-0.231
瓜梗长 FSL	0.457	0.552	-0.080	-0.072	-0.349
熟性 M	-0.230	0.543	-0.178	0.421	0.414
瓜面蜡粉 WP	-0.095	-0.443	0.267	-0.263	0.023
瓜形 FS	-0.106	0.051	0.675	0.564	0.144
瓜皮色 FCC	0.146	0.331	-0.619	0.387	-0.170
棱沟深浅 FD	-0.098	0.303	-0.111	-0.439	0.765
特征值 Initial eigenvalue	2.613	1.764	1.408	1.244	1.081
方差贡献率(%) Variance contribution rates	21.777	14.697	11.737	10.370	9.005
累积贡献率(%) Cumulative contribution rate	21.777	36.474	48.211	58.581	67.586

以  $X_1 \sim X_{12}$  分别代表标准化的 12 个表型性状数值,带入 5 个主成分中,获得 5 个主成分因子得分公式<sup>[15-16]</sup>。 $F_1 = -0.192X_1 - 0.059X_2 + 0.090X_3 - 0.061X_4 - 0.142X_5 - 0.066X_6 + 0.167X_7 + 0.283X_8 + 0.434X_9 + 0.373X_{10} + 0.485X_{11} + 0.503X_{12}$ ,  $F_2 = 0.429X_1 - 0.334X_2 + 0.249X_3 + 0.228X_4 + 0.409X_5 + 0.038X_6 - 0.473X_7 + 0.416X_8 + 0.086X_9 + 0.131X_{10} - 0.026X_{11} + 0.006X_{12}$ ,  $F_3 = 0.211X_1 + 0.225X_2 - 0.521X_3 - 0.094X_4 - 0.150X_5 + 0.569X_6 - 0.346X_7 - 0.067X_8 + 0.374X_9 + 0.037X_{10} - 0.064X_{11} + 0.084X_{12}$ ,  $F_4 = 0.302X_1 - 0.236X_2 - 0.468X_3 -$

$0.394X_4 + 0.378X_5 + 0.506X_6 + 0.161X_7 - 0.065X_8 + 0.243X_9 - 0.293X_{10} - 0.060X_{11} - 0.032X_{12}$ ,  $F_5 = -0.222X_1 + 0.022X_2 - 0.163X_3 + 0.736X_4 + 0.398X_5 + 0.138X_6 + 0.169X_7 - 0.336X_8 + 0.078X_9 + 0.029X_{10} - 0.029X_{11} - 0.234X_{12}$ 。并得出表型性状综合得分公式如下: $F = 0.218F_1 + 0.147F_2 + 0.117F_3 + 0.104F_4 + 0.090F_5$ , 综合得分越大,种质资源综合性状越好。由表 8 可知,综合得分排名前 4 位的种质资源依次为峡江冬瓜(1.03)、新安粉皮巨型冬瓜(0.98)、东园冬瓜(0.87)、黄坊冬瓜(0.80)。

表 8 江西地方冬瓜种质资源的综合得分

Table 8 Factor cores of wax gourd resources in Jiangxi

全国统一编号 National unify No.	综合得分 Scores	排名 Ranking	全国统一编号 National unify No.	综合得分 Scores	排名 Ranking	全国统一编号 National unify No.	综合得分 Scores	排名 Ranking
2017361005	0.33	24	2018362324	-0.39	79	2019361615	0.70	6
2017361038	0.23	29	2018362325	-0.25	69	2019361645	-0.11	53
2017361314	-0.30	73	2018362372	-0.10	51	2019362131	-0.36	75
2017361322	0.22	30	2018362494	-0.19	63	2019362151	-0.41	81
2017361347	-0.35	74	2018362515	-0.09	49	2019362215	-0.07	48
2017361361	-0.73	91	2018362641	0.53	16	2019362263	-0.09	50
2017361416	-0.46	84	2018362695	0.55	14	2019362275	-0.37	77
2017361438	-0.50	88	2018362748	0.60	11	2019362292	0.03	41
2017362140	-0.76	92	2018363103	0.04	38	2019362301	0.08	32
2017362161	0.02	42	2018363224	-0.44	83	2019362314	0.05	36
2017363163	-0.13	56	2018363252	-0.15	60	2019362339	-0.46	86
2017363205	-0.37	76	2018363262	0.43	19	2018361665	0.25	28
2018361032	-0.27	71	2018363327	0.35	22	P360281016	0.38	20
2018361309	-0.46	85	2018363337	-0.07	47	P360402003	0.70	7
2018361367	-0.06	45	2018363564	0.34	23	P360622025	0.67	10
2018361517	0.03	40	2018363576	0.15	31	P360703013	0.36	21
2018361519	-0.43	82	2018363632	0.25	27	P360735021	-0.05	44
2018361521	-0.15	59	2018363639	-0.10	52	P360802012	0.55	15
2018361545	-0.25	68	2018363724	0.52	17	P360822022	-0.13	57
2018361592	-0.07	46	2019361016	-0.66	89	P360825015	-0.02	43
2018361617	0.04	37	2019361060	-0.38	78	P360826013	0.69	8
2018361626	-0.40	80	2019361071	-0.23	65	P360830003	0.08	33
2018361642	-0.21	64	2019362176	0.28	25	P360902001	0.68	9
2018361652	-0.26	70	2019363065	-0.15	61	P360922025	-0.11	54
2018361664	0.06	34	2019363148	0.04	39	P360924033	-0.11	55
2018361665	-0.92	28	2019363153	0.47	18	P361124007	0.06	35
2018361688	-0.84	93	2019363159	0.98	2	P361124081	-0.29	72
2018361709	0.27	26	2019363254	-0.23	66	P361130042	-0.18	62
2018361726	-0.24	67	2019363300	0.57	12	P361181028	-0.13	58
2018361750	1.03	1	2019363363	-0.49	87	P362135005	0.80	4
2018361751	0.70	5	2019363396	-0.92	95	P362421023	0.87	3
2018361753	0.56	13	2019363415	-0.66	90			

## 2.6 江西冬瓜优异种质资源筛选

根据综合评价得分结果,从 95 份冬瓜种质资源中筛选出 4 份优异资源。新安粉皮巨型冬瓜(采集编号: 2019363159, 图 4A), 采集于上饶市鄱阳县四十里街镇新安村, 在当地已有 40 年种植史; 生长势强, 茎蔓生, 分枝性中强, 叶掌状, 深绿色; 瓜长圆

筒形, 蜡粉厚, 浅棱沟, 单瓜重 28.4 kg 左右。东园冬瓜(采集编号: P362421023, 图 4B), 采集于吉安市吉安县永阳镇东园村, 瓜纵径 58~70 cm, 瓜横径 37~40 cm, 腔小肉厚, 肉质白色, 致密, 味道清淡, 瓜形均匀整齐, 果实长圆柱形, 蜡粉厚, 耐储藏。峡江冬瓜(采集编号: 2018361750, 图 4C), 采集于吉安

市峡江县仁和镇大里村,中晚熟,瓜形一致,均匀,皮色浅绿,微甜,平均单瓜重 9.8 kg,特耐储运。黄坊冬瓜(采集编号:P362135005,图 4D),采集于赣

州市会昌县文武坝镇黄坊村,一致性好,瓜形为短圆筒,瓜纵径 45~57 cm,瓜横径 29~32 cm,单瓜重 2.8 kg 左右,囊腔小,肉质致密。



A: 新安粉皮巨型冬瓜; B: 东园冬瓜; C: 峡江冬瓜; D: 黄坊冬瓜

A: Xinan giant wax gourd with powder, B: Dongyuan wax gourd, C: Xiajiang wax gourd, D: Huangfang wax gourd

图 4 江西省部分优异冬瓜种质资源

Fig.4 Some local excellent wax gourd germplasm resources in Jiangxi province

### 3 讨论

表型性状是遗传物质的最终体现,是生物遗传多样性在形态水平上的表现,反映了植物自身遗传因素与生存环境相互作用的结果<sup>[17-18]</sup>。冬瓜作为一种原产自我国的传统蔬菜,经过大约 2000 年的人工选择与环境淘汰,蕴含着大量特异基因,无论在数量性状还是质量性状上都存在着丰富的遗传变异<sup>[19-20]</sup>。近年来,综合评价法被广泛应用在黄瓜、水稻、鹰嘴豆、甘蔗、豌豆、荞麦等各种农作物种质资源评价中<sup>[21-26]</sup>,精准鉴定后的农作物有望成为大范围推广蔬菜品种的重要亲本<sup>[27]</sup>。本研究综合分析了江西省 95 份地方冬瓜种质资源的 12 个表型性状的遗传多样性,遗传多样性指数的变幅为 0.479~2.103,其中首雌花节位的多样性指数最高(2.103),瓜横径(2.036)和瓜纵径(2.023)次之。单瓜重、早熟性和果实性状是冬瓜新品种产生的重要指标,研究表明冬瓜数量性状的变异系数均大于

20%,以单瓜重最大(51.74%),瓜横径(33.18%)和瓜梗长(31.71%)次之,说明地方冬瓜种质资源遗传多样性丰富,且在产量、外形性状方面有着巨大的改良潜力。张建军等<sup>[28]</sup>对冬瓜种质多样性的研究有不同见解,对中国 100 份冬瓜种质资源进行遗传分析,发现资源间遗传相似系数为 0.703~0.986,遗传相似系数较高,冬瓜种质的遗传背景比较狭窄。这可能与地方品种更改种植环境后导致原产地表型与鉴定地表型产生一定变化有关。

广适性的冬瓜新品种是育种工作的一个重要目标,而冬瓜种质数量性状由多基因控制,容易受到环境影响,且人工定向留种对冬瓜数量性状也有一定影响。95 份冬瓜资源产量相关性状如单瓜重、瓜肉厚、瓜横径等表现出 2020 年高安基地高于 2019 年高安基地与 2018 年南昌基地,这可能与不同年份冬瓜生育期内各基地的平均温度、降雨量等气候条件变化密切相关。因此,通过多年多点鉴定重要种

质资源非常必要<sup>[18]</sup>。通过聚类分析,将95份江西地方冬瓜资源分为4个类群,第I类群包含19份种质,属晚熟型资源,占资源总数的20.00%;第II类群包含35份种质,占比36.84%;第III类群包含8份种质,占比8.42%,属大果型高产资源;第IV类群包含33份种质,属瓜形、瓜色等商品性佳的优异资源,占比34.74%。类似的瓜形、单瓜重都划分到统一类群,这一结果与焦贤贤<sup>[29]</sup>的研究相一致,其原因可能是冬瓜种质资源在地区间的交流较少,经过长期的人工选择而形成具有地域特色的地方种质资源。主成分分析结果表明,前5个主成分的累积贡献率为67.586%,通过综合得分判断冬瓜综合优劣程度,筛选出4份得分高且商品性佳的种质新安粉皮巨型冬瓜、东园冬瓜、峡江冬瓜和黄坊冬瓜,可作为亲本育种资源加以利用。

#### 参考文献

- [1] 谢玲玲,陈玲欢,倪向江,周火强,弭宝彬. 冬瓜栽培技术分类探讨. 湖南农业科学, 2020(12): 101-104  
Xie L L, Chen L H, Ni X J, Zhou H Q, Mi B B. Discussion on cultivation technology of wax gourd. Hunan Agricultural Sciences, 2020(12): 101-104
- [2] 谢大森,江彪,刘文睿,薛舒丹,张白鸽. 优质、抗病冬瓜多样化育种研究进展. 广东农业科学, 2020, 47(11): 50-59  
Xie D S, Jiang B, Liu W R, Xue S D, Zhang B G. Research progress in diversification breeding of high-quality and disease-resistant on wax gourd. Guangdong Agricultural Sciences, 2020, 47(11): 50-59
- [3] 周胜军,陈新娟,朱育强,陈丽萍,张鹏. 我国冬瓜和节瓜种质资源的研究现状及建议. 植物遗传资源学报, 2014, 15(1): 211-214  
Zhou S J, Chen X J, Zhu Y Q, Chen L P, Zhang P. Research progress and suggestion on germplasm of ash gourd anchieh-que. Journal of Plant Genetic Resources, 2014, 15(1): 211-214
- [4] 李文嘉. 广西节瓜种质资源研究及评价. 长江蔬菜, 2003(9): 42-43  
Li W J. Genetic resources and tis evaluation and utilization of Chieh-qua in Guangxi. Journal of Changjiang Vegetables, 2003(9): 42-43
- [5] 江彪,刘文睿,谢大森,何晓明,彭庆务. 冬瓜种质资源亲缘关系的 ISSR 分析. 热带作物学报, 2013, 34(4): 616-620  
Jiang B, Liu W R, Xie D S, He X M, Peng Q W. Phylogenetic relationships of wax gourd (*Benincasahispida*) germplasm based on ISSR markers. Chinese Journal of Tropical Crops, 2013, 34(4): 616-620
- [6] 谢大森,何晓明,彭庆务. 冬瓜种质资源的综合鉴别. 中国蔬菜, 2009(8): 34-41  
Xie D S, He X M, Peng Q W. Identificaiton and evaluation of *Benincasahispida* Cogn. germplasm resources. China Vegetables, 2009(8): 34-41
- [7] 关峰,张景云,石博,万新建,辛佳佳. 江西蔬菜种质资源调查收集与优异资源发掘. 植物遗传资源学报, 2021, 22(2): 390-398  
Guan F, Zhang J Y, Shi B, Wan X J, Xin J J. Investigation, collection of vegetable germplasm resources and excellent resources discovery in Jiangxi. Journal of Plant Genetic Resources, 2021, 22(2): 390-398
- [8] 石博,关峰,张景云,万新建,张会国,黄国东. 江西省莧菜种质资源收集与多样性分析. 植物遗传资源学报, 2021, 22(3): 692-699  
Shi B, Guan F, Zhang J Y, Wan X J, Zhang H G, Huang G D. Field collection and genetic diversity analysis of amaranth germplasm resource in Jiangxi province of China. Journal of Plant Genetic Resources, 2021, 22(3): 692-699
- [9] 肖庆礼,周文慧,蒋吉临. 江西蔬菜品种志. 南昌: 江西科学技术出版社, 1986: 251-256  
Xiao Q L, Zhou W H, Jiang J L. The vegetable groups and cultivars of Jiangxi. Nanchang: Jiangxi Scientific and Technical Publishers, 1986: 251-256
- [10] 关峰,张景云,石博,黄长林,尹玉玲,万新建. 江西省瓜类蔬菜种质字眼调查与分析. 中国瓜菜, 2019, 32(10): 26-29  
Guan F, Zhang J Y, Shi B, Huang C L, Yin Y L, Wan X J. Survey and analysis of vegetable germplasm resources in Jiangxi province. China Cucurbits and Vegetables, 2019, 32(10): 26-29
- [11] 王长林. 冬瓜和节瓜种质资源描述规范和数据标准. 北京: 中国农业出版社, 2008: 6-28  
Wang C L. Description standard and data standard of wax gourd and Chieh-qua germplasm resources. Beijing: China Agriculture Press, 2008: 6-28
- [12] 林存学,杨晓华,刘海荣. 东北寒地96份李种质资源表型性状遗传多样性分析. 园艺学报, 2020, 47(10): 1917-1929  
Lin C X, Yang X H, Liu H R. Genetic diversity analysis of 96 plum germplasm resources by phenotypic traits in northeast cold area. Acta Horticulturae Sinica, 2020, 47(10): 1917-1929
- [13] 裴鑫德. 多元统计分析及其应用. 北京: 北京农业大学出版社, 1990: 213-235  
Pei X D. Multivariate statistical analysis and its application. Beijing: Beijing Agricultural University Press, 1990: 213-235
- [14] Keylock C J. Simpson diversity and the Shannon-Wiener index as special cases of a generalized entropy. Oikos, 2005, 109(1): 203-207
- [15] 杨航,于二汝,魏忠芬,奉斌,李慧琳. 贵州地方芝麻种质资源品质性状的分析与评价. 植物遗传资源学报, 2020, 21(2): 369-376  
Yang H, Yu E R, Wei Z F, Feng B, Li H L. Analysis and evaluation of quality-related traits in sesame germplasm resources in Guizhou. Journal of Plant Genetic Resources, 2020, 21(2): 369-376
- [16] 孙东雷,卞能飞,陈志德,邢兴华,徐泽俊,齐玉军,王幸,王晓军,王伟. 花生种质资源表型性状的综合评价及指标筛选. 植物遗传资源学报, 2018, 19(5): 865-874  
Sun D L, Bian N F, Chen Z D, Xing X H, Xu Z J, Qi Y J, Wang X, Wang X J, Wang W. Comprehensive evaluation and index screening of phenotypic traits in peanut germplasm resources. Journal of Plant Genetic Resources, 2018, 19(5): 865-874
- [17] 郭宁,杨树华,葛维亚,葛红. 新疆天山山脉地区疏花蔷薇天

- 然居群表型多样性分析. 园艺学报, 2011, 38(3): 495-502  
Guo N, Yang S H, Ge W Y, Ge H. Phenotypic diversity of natural populations of *Rosa laxa* Retz. in Tianshan mountains of Xinjiang. *Acta Horticulturae Sinica*, 2011, 38(3): 495-502
- [ 18 ] 王晓鸣, 邱丽娟, 景蕊莲, 任贵兴, 李英慧, 李春辉, 秦培友, 谷勇哲, 李龙. 作物种质资源表型性状鉴定评价: 现在与趋势. 植物遗传资源学报, 2022, 23(1): 12-20  
Wang X M, Qin L J, Jing R L, Ren G X, Li Y H, Li C H, Qin P Y, Gu Y Z, Li L. Evaluation on phenotypic traits of crop germplasm; Status and development. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2022, 23(1): 12-20
- [ 19 ] 陈婕英, 刘政国, 汪春玲, 陈庆明, 程志魁, 马连莲, 苟纪权. 冬瓜 SSR 多态性标记遗传及杂种种子纯度鉴定. 分子植物育种, 2021, 19(13): 4423-4428  
Chen J Y, Liu Z G, Wang C L, Chen Q M, Cheng Z K, Ma L L, Gou J Q. Genetics of SSR polymorphism marker and purity identification of hybrid seeds in wax gourd (*Benincasahispida*). *Molecular Plant Breeding*, 2021, 19(13): 4423-4428
- [ 20 ] 赵芹, 谢大森, 何晓明, 陈仁芳, 彭庆务, 罗少波. 节瓜及近缘葫芦科作物种质资源 RdnA-ITS 序列分析与系统进化研究. 植物遗传资源学报, 2014, 15(5): 1096-1106  
Zhao Q, Xie D S, He X M, Chen R F, Peng Q W, Luo S B. Analysis on the internal transcribed spacers (ITS) sequences and phylogenetics of Chieh-qua and its affinis Cucurbitaceae germplasm resources. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2014, 15(5): 1096-1106
- [ 21 ] 郭元元, 周生茂, 陈振东, 蒋月喜, 尚小红, 张力, 宋焕忠, 车江旅, 陈琴, 蒋万. 广西黄瓜地方品种鉴定评价及遗传多样性分析. 南方农业学报, 2018, 49(7): 1273-1281  
Guo Y Y, Zhou S M, Chen Z D, Jiang Y X, Shang X H, Zhang L, Song H Z, Che J L, Chen Q, Jiang W. Identification, evaluation and genetic diversity analysis of local cucumber varieties from Guangxi. *Journal of Southern Agriculture*, 2018, 49(7): 1273-1281
- [ 22 ] 徐志健, 农保选, 张宗琼, 杨行海, 曾宇, 莊洁, 李丹婷, 颜群, 夏秀忠. 广西水稻地方品种核心种质抗稻瘟病鉴定及评价. 南方农业学报, 2020, 51(5): 1039-1046  
Xu Z J, Nong B X, Zhang Z Q, Yang X H, Zeng Y, Zhuang J, Li D T, Yan Q, Xia X Z. Identification and evaluation of resistance to rice blast for core collection of Guangxi rice landraces. *Journal of Southern Agriculture*, 2020, 51(5): 1039-1046
- [ 23 ] 于海天, 杨峰, 吕梅娟, 胡朝芹, 杨新, 郑爱清, 王玉宝, 何玉华, 王丽萍. 伊朗鹰嘴豆种质资源农艺性状遗传多样性分析及综合评价. 南方农业学报, 2011, 52(3): 769-778  
Yu H T, Yang F, Lv M J, Hu C Q, Yang X, Zheng A Q, Wang Y B, He Y H, Wang L P. Genetic diversity and comprehensive evaluation of agronomic traits of chickpea resources from Iran. *Journal of Southern Agriculture*, 2011, 52(3): 769-778
- [ 24 ] 田春艳, 桃联安, 周清明, 余华先, 孙有芳, 董立华, 安汝东, 边芯, 郎荣斌, 张钰, 吴才文, 经艳芬. 云瑞甘蔗种质资源梢腐病田间抗性评价及农艺性状分析. 南方农业学报, 2020, 51(1): 91-100  
Tian C Y, Tao L A, Zhou Q M, Yu H X, Sun Y F, Dong L H, An R D, Bian X, Lang R B, Zhang Y, Wu C W, Jing Y F. Resistance evaluation for pokkahboeng disease in field and agronomic traits analysis of Yunrui sugarcane germplasm. *Journal of Southern Agriculture*, 2020, 51(1): 91-100
- [ 25 ] 龙珺臣, 张继军, 龚万灼, 陈红, 王萍, 宗绪晓, 何玉华, 杜成章. 重庆地区豌豆 (*Pisum sativum* L.) 种质资源收集与多样性分析. 植物遗传资源学报, 2019, 20(1): 137-145  
Long J C, Zhang J J, Gong W Z, Chen H, Wang P, Zong X X, He Y H, Du C Z. Field collection and genetic diversity analysis of pea (*Pisum sativum* L.) germplasm resource in Chongqing. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2019, 20(1): 137-145
- [ 26 ] 李春花, 陈蕤坤, 黄金亮, 孙道旺, 卢文洁, 王艳青, 尹桂芳, 任长忠, 王莉花. 苦荞种质资源遗传多样性分析及抗霜霉病种质筛选. 南方农业学报, 2020, 51(4): 740-747  
Li C H, Chen R K, Huang J L, Sun D W, Lu W J, Wang Y Q, Yin G F, Ren C Z, Wang L H. Genetic diversity analysis and downy mildew resistance screening of tartary buckwheat germplasm resources. *Journal of Southern Agriculture*, 2020, 51(4): 740-747
- [ 27 ] Laitinen R A E, Nikoloski Z. Genetic basis of plasticity in plants. *Journal of Experimental Botany*, 2019, 70(3): 739-745
- [ 28 ] 张建军, 刘世贵, 余懋群, 敖清艳. 100 份中国冬瓜种质资源农艺性状与遗传多样性研究. 四川大学学报, 2009, 46(6): 1855-1861  
Zhang J J, Liu S G, Yu M Q, Ao Q Y. Research on wax gourd agronomic characters and genetic diversity. *Journal of Sichuan University*, 2009, 46(6): 1855-1861
- [ 29 ] 焦贤贤. 冬瓜核心种质资源的构建. 南宁: 广西大学, 2018  
Jiao X X. Construction of core collections of wax gourd. Nanning: Guangxi University, 2018