

# 不同栝楼种质果实和种子性状分析及综合评价

郑 雷, 王化东, 梁雪兰

(四川中医药高等专科学校药学院 四川绵阳 621000)

**摘要:** 明确不同栝楼种质果实和种子的性状差异, 为籽用栝楼优良种质筛选及专用型栝楼品种培育提供依据。以 10 份栝楼种质为试验材料, 测定了栝楼果实和种子的 8 个性状指标, 并结合聚类分析和主成分分析, 对不同种质进行综合评价。结果表明, 栝楼果实和种子的 8 个性状在不同种质间存在极显著差异, 变异系数(CV)在 7.2%~27.1%, 遗传多样性指数(H')在 2.27~2.42; 果实长度与果实直径和单果鲜质量呈极显著相关, 相关系数分别为 0.885、0.949, 果实直径与单果鲜质量呈极显著正相关, 相关系数为 0.975。聚类分析表明, 10 份栝楼种质可分为 3 个类群, 其中类群 1 栝楼果实大, 种子粒数多, 种子个体大。综合评价表明, 种质 5 和种质 3 综合性状优良。综上, 栝楼果实和种子性状存在丰富的表型变异和遗传多样性, 具有较大的品种改良潜力; 类群 1 栝楼可作为优良种质筛选的群体, 种质 5 和种质 3 综合性状优良, 值得进一步研究。

**关键词:** 栝楼; 种质; 果实性状; 种子性状; 综合评价

中图分类号: R282.2

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2023)09-036-06

## Analysis and comprehensive evaluation on fruit and seed traits of different *Trichosanthes kirilowii* Maxim. germplasm

ZHENG Lei, WANG Huadong, LIANG Xuelan

(College of Pharmacy, Sichuan College of Traditional Chinese Medicine, Mianyang 621000, Sichuan, China)

**Abstract:** To clarify the differences in fruit and seed traits among different germplasm resources of *Trichosanthes kirilowii* Maxim., and provide basis for selection the excellent germplasm and cultivating specialized variety. 10 *T. kirilowii* germplasm were used as experimental materials, 8 traits of *T. kirilowii* fruit and seed were measured and analyzed and cluster analysis and principal component analysis were used to comprehensively evaluate different germplasms. The results showed that the 8 traits of *T. kirilowii* fruit and seed had extremely significant differences among different germplasm, the variation coefficient ranged from 7.2% to 27.1% and the genetic diversity index (H') ranged from 2.27 to 2.42. Fruit length was extremely significantly correlated with fruit diameter and fresh weight per fruit, with correlation coefficients of 0.885 and 0.949, fruit diameter and fresh weight per fruit was extremely significantly correlated, with correlation coefficient of 0.975. The cluster analysis showed that 10 germplasms of *T. kirilowii* could be divided into 3 groups, among them, the group 1 had large fruit, more seeds per fruit and large seed. The comprehensive evaluation showed that the germplasm 5 and the germplasm 3 of *T. kirilowii* had excellent comprehensive traits. In conclusion, there were abundant variation and genetic diversity in the fruit and seed traits of *T. kirilowii*, which had high potential for variety improvement. Group 1 could be used as a group for selection excellent germplasm. Germplasm 5 and Germplasm 3 had excellent comprehensive traits, which were worthy of further reaserch.

**Key words:** *Trichosanthes kirilowii* Maxim.; Germplasm; Fruit traits; Seed traits; Comprehensive evaluation

栝楼(*Trichosanthes kirilowii* Maxim.)为葫芦科栝楼属多年生植物,其果实、种子、瓜皮、块根均可入药,是我国常用的中药材,也被称为瓜蒌、瓜蒌子、瓜蒌皮和天花粉,具有清热泻火,润肺化痰、利

尿消肿等功效<sup>[1]</sup>,其药用价值和经济价值较高。目前,对栝楼的相关研究主要集中在活性成分、化学成分、药理药效等方面<sup>[2-3]</sup>,随着研究的深入及栝楼休闲食品的开发利用,需求量逐年增加。为提高栝

收稿日期: 2023-04-18; 修回日期: 2023-06-19

基金项目: 四川省科学技术厅重点研发项目(2020YFN0124); 四川省中医药重点学科中药化学建设项目(ZD2020-4); 四川中医药文化传承与研究中心规划项目(2021Z001); 四川中医药高等专科学校中药材种质创新利用及生态栽培研究团队项目(TD-2022-6); 四川中医药高等专科学校自然科学重点资助项目(22ZRZD01)

作者简介: 郑 雷,男,副教授,主要从事中药材栽培研究。E-mail: zhenglei19870922@163.com

通信作者: 梁雪兰,男,副教授,主要从事中药材综合开发利用研究。E-mail: 360881249@qq.com

栝楼的产量和品质,目前已开展相关的栽培技术研究<sup>[4-6]</sup>,并富有成效,然而其种质资源评价及优质高产栽培技术研究仍较为薄弱。作物产量和品质形成不仅与栽培技术、生态环境等密切相关,更受种质的遗传因素控制。优良种质是生产优质药材的源头,是影响作物产量和品质形成最为稳定和重要的因素<sup>[7]</sup>。栝楼适应性强,在安徽、河南、河北、四川、福建等省均有广泛分布,由于地理阻隔和不同自然环境的长期作用,栝楼存在丰富的种质资源变异,尤其在果实和种子性状上存在显著差异<sup>[8]</sup>。研究不同种源作物的果实和种子性状差异可以揭示作物的地理迁移规律<sup>[9]</sup>,亦可作为筛选优良种质的依据,为作物新品种选育奠定基础<sup>[10]</sup>。

据统计,全国栝楼种植面积约 3.35 万  $\text{hm}^2$ ,同时生产上也选育出皖蒺 9 号、皖蒺 17 号、皖蒺 20、越蒺 2 号、徽记 1 号等栝楼品种<sup>[11]</sup>,但基本均为安徽品种,其他地区品种较少。为满足需求,目前在安徽、山东、河北、湖南、四川、江苏等省建立了大量的栝楼规模化种植基地,然而各基地种植品种基本上均引种于安徽,由于各地区气候、土壤等生态环境条件差异较大,引进品种在各地区的适应性、丰产性、稳产性及抗病性表现不一致。因此,为提高四川地区栝楼的产量和品质,急需加强栝楼种质资源评价与筛选,选育适宜于本地区生产的优良品种。笔者以不同栝楼种质为试验材料,对不同栝楼种质的果实和种子性状进行分析及综合评价,以期明确不同栝楼资源果实和种子的性状差异,为籽用栝楼优良种质筛选及专用型栝楼(籽用栝楼)品种定向培育奠定基础 and 提供依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

供试材料为福建南平,安徽滁州、合肥,四川绵阳、巴中,河南南阳、周口,河北安国、保定等 10 个主产区的栝楼种质,经四川中医药高等专科学校江洪波教授鉴定为栝楼属植物栝楼(*T. kirilowii*)。10 份栝楼种质来源信息如表 1 所示。

### 1.2 试验设计

试验在四川中医药高等专科学校试验田进行。不同栝楼种质于 2021 年 3 月种植,试验采用随机区组设计。露地起垄栽培,垄长 15 m,垄宽 2 m,株行距 1.5 m $\times$ 2.0 m,小区面积 30  $\text{m}^2$ ,每小区种植 10 株,3 次重复,每份种质栽培 30 株。栝楼生育期采用单蔓吊蔓栽培模式,伸蔓期摘除多余侧

表 1 不同栝楼种质来源信息  
Table 1 Source information of different *T. kirilowii* Maxim. germplasms

种质	来源
1	福建省南平市光泽县
2	安徽省滁州市定远县
3	安徽省合肥市庐江县
4	四川省绵阳市游仙区
5	四川省巴中市南江县
6	四川省巴中市南江县
7	河南省南阳市唐河县
8	河南省周口市项城市
9	河北省保定市安国市
10	河北省保定市博野县

芽,仅留主蔓向上牵引攀爬,待主蔓长到 2 m 时打顶。11 月栝楼果实成熟时采收,采收时每份种质每小区随机取样 5 株,共 15 株备测。

### 1.3 测定指标和方法

采用数显卡尺测定果实长度和直径;采用称质量法测定单果鲜质量;采用计数法测定单果饱满种子粒数;采用数显卡尺测定种子的长度、宽度及厚度,每份种质随机选取 30 粒种子进行测量,3 次重复;采用 500 粒法测定种子千粒重,重复 2 次。

### 1.4 数据处理和分析

数据采用 Excel 2010 和 SPSS 25.0 进行处理及统计分析,其中变异系数(CV)/% = 标准差/平均值 $\times$ 100;遗传多样性指数( $H'$ ) =  $-\sum P_i \ln P_i$ 。  $P_i$  为某一性状在第  $i$  个级别出现的频率<sup>[12]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同栝楼种质果实和种子的性状测定

对 10 份栝楼种质果实和种子的性状测定结果见表 2,栝楼果实长度、果实直径、单果鲜质量、单果种子粒数、种子长度、种子宽度、种子厚度及种子千粒重 8 个性状均在种质间存在极显著差异。不同栝楼种质平均果实长度、果实直径、单果鲜质量、单果种子粒数、种子长度、种子宽度、种子厚度及种子千粒重分别为 11.0 cm、9.2 cm、452.7 g、130 粒、14.83 mm、9.36 mm、3.66 mm 和 234.72 g。10 份栝楼种质果实和种子性状的变异系数在 7.2%~27.1%,其中单果种子粒数变异系数最大,为 27.1%,变幅在 64~186 粒之间,其次为单果鲜质量,为 20.9%,变幅在 268.9~598.8 g;变异系数最小的是果实直径,为 7.2%,变幅在 7.4~10.3 cm,其余 5 个性状变异系数在 9.0%~12.0%,表明栝楼果实和种子

表2 不同栝楼种质果实和种子性状

Table 2 Fruit and seed traits of different *T. kirilowii* Maxim. germplasms

种质	果实长度/cm	果实直径/cm	单果鲜质量/g	单果种子粒数/粒	种子长度/mm	种子宽度/mm	种子厚度/mm	种子千粒重/g
1	11.8±0.3	9.5±0.3	502.4±10.3	151±7	14.55±0.24	9.35±0.06	3.58±0.13	197.51±4.46
2	10.7±0.3	9.2±0.3	427.7±16.7	165±12	15.22±0.13	9.29±0.11	3.57±0.11	248.08±0.55
3	12.2±0.2	10.2±0.1	596.4±2.8	184±2	15.59±0.07	8.84±0.10	3.94±0.09	217.27±3.30
4	11.6±0.2	9.3±0.3	475.8±17.5	150±13	14.53±0.11	9.20±0.06	3.46±0.04	232.49±3.34
5	12.1±0.1	9.9±0.2	556.1±13.7	98±5	16.21±0.18	10.83±0.08	4.02±0.05	265.92±3.99
6	12.1±0.3	9.7±0.4	536.7±15.7	161±13	15.40±0.13	8.62±0.14	3.59±0.03	253.47±2.68
7	9.7±0.3	8.5±0.1	333.6±18.6	97±15	13.92±0.08	8.59±0.13	3.69±0.12	231.55±3.26
8	10.7±0.3	9.2±0.2	427.0±15.9	112±9	15.72±0.27	10.51±0.21	3.86±0.13	276.37±5.06
9	9.7±0.2	8.9±0.2	387.3±11.0	107±3	13.26±0.07	8.60±0.25	3.39±0.04	192.02±2.66
10	9.7±0.1	7.8±0.3	284.1±12.0	71±5	13.37±0.16	9.84±0.07	3.61±0.09	232.47±3.74
最大值	12.5	10.3	598.8	186	18.68	12.86	4.48	283.49
最小值	9.4	7.4	268.9	64	11.57	7.56	2.84	189.70
均值	11.0	9.2	452.7	130	14.83	9.36	3.66	234.72
标准差	1.00	0.67	94.62	35.13	1.67	1.01	0.38	26.70
F 值	34.83**	15.15**	100.26**	30.36**	83.27**	69.80**	10.06**	122.59**
CV/%	9.1	7.2	20.9	27.1	11.3	10.8	10.4	11.4
H'	2.34	2.35	2.28	2.27	2.33	2.35	2.42	2.30

注:\*\*表示在 0.01 水平差异极显著,\*表示在 0.05 水平差异显著。下同。

性状在不同种质间存在丰富的变异,利于优良种质的筛选;10 份栝楼种质果实和种子性状的 H' 值均较高,在 2.27~2.42,其中种子厚度 H' 值最大,为 2.42,单果种子粒数 H' 值最小,为 2.27,表明栝楼果实和种子性状存在丰富的遗传多样性,遗传差异大,具有较大的品种改良潜力。

### 2.2 不同栝楼种质果实和种子性状的相关性分析

对栝楼果实和种子的 8 个性状进行相关性分析,结果如表 3 所示。果实长度与果实直径、单果

鲜质量和种子长度呈极显著正相关,相关系数分别为 0.885、0.949 和 0.770;与单果种子粒数呈显著正相关,相关系数为 0.646;果实直径与单果鲜质量、单果种子粒数和种子长度呈极显著正相关,相关系数分别为 0.975、0.776 和 0.767;单果鲜质量与种子长度呈极显著正相关,相关系数为 0.770,与单果种子粒数呈显著正相关,相关系数为 0.706;种子长度与种子厚度和种子千粒重呈显著正相关,相关系数分别为 0.726 和 0.665。

表3 不同栝楼种质果实和种子性状相关性分析

Table 3 The correlation analysis of fruit and seed traits of different *T. kirilowii* Maxim. germplasms

指标	果实长度	果实直径	单果鲜质量	单果种子粒数	种子长度	种子宽度	种子厚度	种子千粒重
果实长度	1							
果实直径	0.885**	1						
单果鲜质量	0.949**	0.975**	1					
单果种子粒数	0.646*	0.776**	0.706*	1				
种子长度	0.770**	0.767**	0.770**	0.449	1			
种子宽度	0.173	-0.046	0.061	-0.413	0.473	1		
种子厚度	0.417	0.382	0.446	-0.040	0.726*	0.582	1	
种子千粒重	0.206	0.105	0.103	0.136	0.665*	0.622	0.533	1

### 2.3 不同栝楼种质果实和种子性状聚类分析

对 10 份栝楼种质果实和种子性状进行系统聚类分析,结果如图 1 所示。10 份栝楼果实和种子性状在阈值 10 处可划分为 3 个类群:类群 I 包括种质 1、种质 4、种质 6、种质 5 和种质 3,共 5 份种质;类

群 II 仅包括 2 份种质,分别为种质 7 和种质 10;类群 III 包括 3 份种质,分别为种质 2、种质 8 和种质 9。

对 3 个类群栝楼果实和种子性状进行方差分析和多重比较分析(表 4),结果表明,不同类群栝楼果实和种子性状存在差异。果实长度、果实直径及

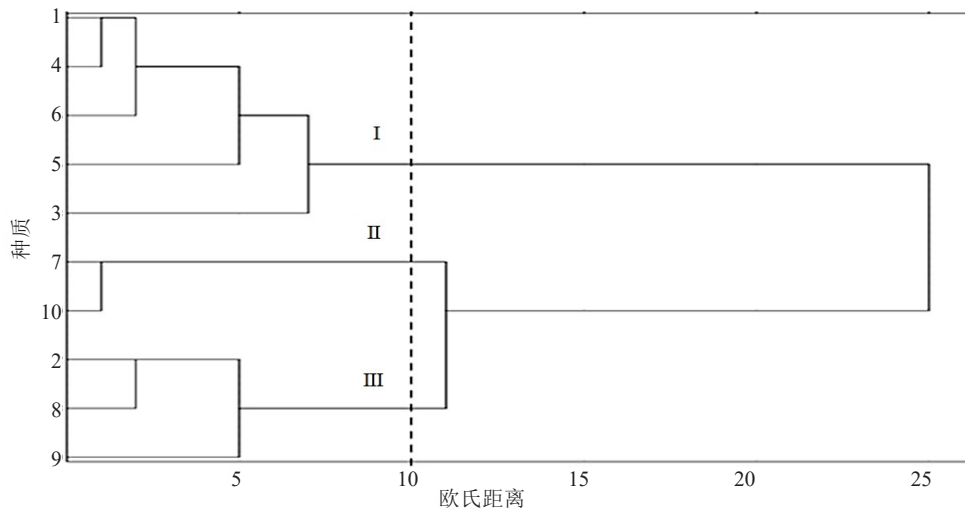


图1 不同栝楼种质果实和种子性状聚类分析

Fig. 1 Clustering analysis of fruit and seed traits of different *T. kirilowii* Maxim. germplasms

表4 不同类群栝楼果实和种子性状分析

Table 4 Fruit and seed traits analysis of different groups of *T. kirilowii* Maxim.

类群	果实长度/cm	果实直径/cm	单果鲜质量/g	单果种子粒数/粒	种子长度/mm	种子宽度/mm	种子厚度/mm	种子千粒重/g
I	12.0±0.2	9.7±0.3	533.5±41.9	149±28	15.26±0.64	9.37±0.77	3.72±0.22	233.33±24.53
II	9.7±0.1	8.1±0.4	308.9±24.7	84±13	13.64±0.27	9.21±0.63	3.65±0.04	232.01±0.46
III	9.7±0.1	9.1±0.1	414.0±18.9	128±26	14.73±1.06	9.46±0.79	3.61±0.19	238.83±35.05
F值	37.542**	17.030**	24.830**	3.267	2.324	0.047	0.252	0.039

单果鲜质量在不同类群间存在极显著差异,单果种子粒数、种子长度、种子宽度、种子厚度、种子千粒重5个性状则在不同类群间差异不显著。类群I果实长度、果实直径、单果鲜质量、单果种子粒数、种子长度和种子厚度均最大,即此类群果实大,单果种子粒数多,种子个体大,可作为籽用栝楼优良种质筛选的群体;类群II果实长度、果实直径、单果鲜质量、单果种子粒数、种子长度、种子宽度、种子千粒重均最小,即此类群果实小,种子粒数少,种子个体小,果实和种子综合性状较差;类群III种子宽度和种子千粒重最大,其他性状介于类群I和类群III之间。

2.4 不同栝楼种质果实和种子性状主成分分析及综合评价

2.4.1 不同栝楼种质果实和种子性状主成分分析 对10份栝楼种质果实和种子的8个性状进行主成分分析(表5),结果表明,提取前2个主成分,累计贡献率为85.89%,包含了大部分主要指标信息。第1主成分特征值为4.494,贡献率为56.12%,在果实长度、果实直径、单果鲜质量和种子长度上有较大荷载,向量值分别为0.923、0.919、0.938和0.939,即主要反映果实性状和种子长度性状;第2

主成分特征值为2.237,贡献率为29.77%,在种子宽度和种子千粒重上有较大荷载,向量值为0.855和0.739,即主要反映种子性状。

表5 不同栝楼种质果实和种子性状主成分分析

Table 5 The principal component analysis of fruit and seed traits of different *T. kirilowii* Maxim. germplasms

指标	主成分	
	1	2
果实长度(X1)	0.923	-0.180
果实直径(X2)	0.919	-0.347
单果鲜质量(X3)	0.938	-0.278
单果种子粒数(X4)	0.629	-0.676
种子长度(X5)	0.939	0.285
种子宽度(X6)	0.280	0.855
种子厚度(X7)	0.628	0.576
种子千粒重(X8)	0.410	0.739
特征值	4.494	2.237
贡献率/%	56.12	29.77
累计贡献率/%	56.12	85.89

2.4.2 不同栝楼种质果实和种子性状综合评价 对10份栝楼种质果实和种子性状进行综合评价,结果如表6所示。提取前2个主成分的特征值,计算特征向量。前2个主成分得分为:  $F1=0.923ZX1 + 0.919ZX2 + 0.938ZX3 + 0.629ZX4 + 0.939ZX5 +$



$0.280ZX_6+0.628ZX_7 + 0.410ZX_8$  ;  $F_2=-0.180ZX_1-0.347ZX_2- 0.278ZX_3- 0.676ZX_4 + 0.285ZX_5 + 0.855ZX_6+0.576ZX_7+0.739ZX_8$  ( $ZX_i$  为各性状  $X_i$  的标准化值)。将各性状主成分得分乘以方差贡献率并求和,即可得到各种质果实和种子性状的综合得分,即综合得分  $F = 0.561 2F_1+0.297 7F_2$ 。由不同栝楼种质果实和种子性状综合得分可知(表 6),种质 5 得分(0.80)最高,其次为种质 3,得分为 0.78,综合性状优良,可作为优良种质进行进一步培育,而种质 10 得分最低,综合性状较差。

表 6 不同栝楼种质综合评价

Table 6 Comprehensive evaluation of different *T. kirilowii* Maxim. germplasms

种质	主成分得分		综合得分	得分排名
	F1	F2		
1	0.56	-0.72	0.10	5
2	0.14	-0.11	0.04	6
3	1.52	-0.24	0.78	2
4	0.32	-0.53	0.02	7
5	0.41	1.91	0.80	1
6	1.01	-0.28	0.48	3
7	-1.04	-0.33	-0.68	8
8	-0.35	1.51	0.25	4
9	-0.73	-1.40	-0.83	9
10	-1.83	0.20	-0.97	10

### 3 讨论与结论

果实和种子为作物重要的繁殖器官,对物种延续起着非常重要的作用,但其性状因地理阻隔和环境差异会存在变异,因而果实和种子性状常用于作物多样性研究及优质种源筛选<sup>[13-16]</sup>。性状由本身的遗传物质决定,是遗传物质的外在表现,其遗传多样性分析已被广泛应用于育种研究<sup>[16-17]</sup>,同时性状变异亦是种源选择和良种选育的重要基础<sup>[18]</sup>。笔者的研究表明栝楼果实和种子的 8 个性状在不同种质间存在极显著差异,具有丰富的性状变异和遗传多样性,遗传改良潜力大,可为优良种质的筛选提供有利条件。在栝楼果实和种子的 8 个性状中单果种子粒数变异系数最大,变幅在 64~186 粒,并且单果种子粒数与果实直径呈极显著正相关,与果实长度和单果鲜质量呈显著正相关,因而单果种子粒数可作为籽用栝楼优良种质筛选的重要指标。聚类分析表明,10 份栝楼种质可分为 3 个类群,其中类群 I 果实大,单果种子粒数多,种子个体大,可作为籽用栝楼优良种质筛选的群体。因此,利用栝楼不

同种质资源筛选籽用栝楼优良种质具有较强的可操作性,在筛选时可重点关注单果种子粒数较多的种质类群。

优良种质是中药材生产的源头,是生产稳定、可控中药材的前提,决定着中药材的生长发育和质量<sup>[19]</sup>。研究表明,对中药材种质资源进行筛选、评价及利用,可从遗传基础上改良品种,是提高中药材质量及品种选育的有效途径<sup>[20]</sup>。开展种质资源评价需对各项指标进行综合分析,主成分分析由于其可将多个性状指标转化成彼此相互独立,个数较少的主成分,综合反映原来多个性状指标的主要信息,因此综合评价结果更加科学准确,目前已广泛应用于种质资源综合评价中<sup>[16-17]</sup>。笔者选取了栝楼果实和种子的 8 个性状作为评价指标,通过主成分分析将 8 个性状指标转换成 2 个主成分指标,且累计贡献率达到 85.89%,包含了大部分主要指标信息。并由此进一步开展了综合评价,研究结果表明,种质 5 和种质 3 综合性状较优良,可作为籽用栝楼的优良种质进一步培育。

综上所述,笔者的研究通过对 10 份栝楼种质的果实长度、果实直径、单果鲜质量、单果种子粒数、种子长度、种子宽度、种子厚度及种子千粒重 8 个性状指标进行分析及综合评价,明确了不同种质栝楼果实和种子的性状差异,类群 I 可作为籽用栝楼优良种质筛选的群体,同时筛选出 2 份优良种质,包括种质 3 和种质 5,果实大,单果种子粒数多,种子个体大,可进一步用于本地区籽用栝楼优良新品种选育。笔者的研究结果为籽用栝楼优良种质筛选及专用型栝楼品种选育奠定了基础。

#### 参考文献

- [1] 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, 2010.
- [2] 张琪, 彭向前. 栝楼的活性成分及其药理作用的研究进展[J]. 山东化工, 2021, 50(14): 98-100.
- [3] 王力玄, 杨磊磊, 郭颖婕, 等. 栝楼化学成分及药理作用研究进展[J]. 特产研究, 2020, 42(2): 79-84.
- [4] 郑向丽, 韩海东, 林昇平, 等. “闽选中科 1 号”瓜蒌主要性状、产量与品质试验[J]. 福建农业学报, 2016, 31(6): 668-670.
- [5] 张荣超, 辛杰, 郭庆梅. 施肥对瓜蒌品质影响的研究[J]. 四川农业大学学报, 2016, 34(3): 328-335.
- [6] 韩琳娜, 周凤琴, 郭庆梅, 等. 中期施肥对栝楼果实产量与品质的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2011, 46(6): 36-40.
- [7] 郑雷, 王化东, 梁雪兰, 等. 不同柴胡种质干物质积累及种子质量研究[J]. 北方园艺, 2020(19): 118-122.
- [8] 郑雷, 王化东, 梁雪兰, 等. 不同种源栝楼种子性状分析[J]. 中国农业科技导报, 2022, 24(11): 1-8.

- [9] 魏胜利,王文全,秦淑英,等.甘草种源种子形态与萌发特性的地理变异研究[J].中国中药杂志,2008,33(8):869-873.
- [10] 金关荣,奚秀洁,程舟,等.薏苡种子形态性状多样性评价[J].植物遗传资源学报,2017,18(3):421-428.
- [11] 谢进,黄艳宁,宋荣,等.湖南栝楼产业发展报告[J].湖南生态科学学报,2021,8(4):97-102.
- [12] 唐凤,李瑶,王永琪,等.22份野生披碱草属种质农艺性状遗传多样性分析及综合评价[J].种子,2021,40(6):44-51.
- [13] 陈巍,王力荣,朱更瑞,等.基于SSR标记和生物学性状进行桃遗传多样性的比较分析[J].植物遗传资源学报,2009,10(1):86-90.
- [14] 蒋会兵,宋维希,矣兵,等.云南茶树种质资源的表型遗传多样性[J].作物学报,2013,39(11):2000-2008.
- [15] 何权,蒋瑞娟,朱军,等.新疆梭梭种子表型性状变异分析及相关研究[J].植物资源与环境学报,2019,28(3):26-32.
- [16] 胡凌峰,宋曰钦,孟俊,等.基于数量性状的花榈木种子多样性分析及综合评价[J].分子植物育种,2019,17(16):5504-5512.
- [17] 郭松,李在留,薛建辉,等.不同种源掌叶木果实和种子表型性状多样性分析及综合评价[J].植物资源与环境学报,2018,27(4):11-20.
- [18] 常恩福,张清,肖桂英,等.铁橡栎不同种源及家系种子的形态特征及变异[J].种子,2020,39(6):53-58.
- [19] 郑雷,李云,李玛,等.不同七叶莲种质果实性状及种子质量研究[J].种子,2019,38(12):102-104.
- [20] 魏胜利,王文全,王海.我国中西部地区甘草资源及其可持续利用的研究[J].中国中药杂志,2003,28(3):202-206.