

# 中国灌木辣椒种质农艺性状鉴定与疫病抗性评价

方 荣<sup>1</sup>, 周坤华<sup>1</sup>, 马辉刚<sup>2</sup>, 陈学军<sup>1</sup>, 何烈干<sup>2</sup>, 缪南生<sup>1</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>江西省农业科学院植物保护研究所, 南昌 330200)

**摘要:**为科学评价中国灌木辣椒种质, 选取有代表性的 8 份辣椒材料, 开展了中国灌木辣椒农艺性状鉴定和疫病抗性分析。结果表明: 中国灌木辣椒长势强, 株高均在 1.0 m 以上, 叶片阔大, 花瓣白绿色; 果实直立向上, 单果质量在 0.51 ~ 2.04 g 之间, 平均为 1.26 g; 果实辣椒素与二氢辣椒素含量之和在 565.00 ~ 1821.00 mg/kg, 平均为 1328.33 mg/kg, 是一年生辣椒 B<sub>9431</sub> 的 407 倍; 对疫霉菌抗性水平表现为中抗至高抗, 其中, 海南野生灌木辣椒 H108 表现高抗。基于表型数据的主成分分析将中国灌木辣椒与一年生辣椒及美洲灌木辣椒有效区分开来。本研究结果为中国灌木辣椒优异基因的发掘和有效利用提供了理论参考。

**关键词:** 灌木辣椒; 农艺性状; 疫病; 抗性; 主成分分析

## Identification of Agronomic Traits and Evaluation of Resistance to *Phytophthora capsici* in *C. frutescens* in China

FANG Rong<sup>1</sup>, ZHOU Kun-hua<sup>1</sup>, MA Hui-gang<sup>2</sup>, CHEN Xue-jun<sup>1</sup>, HE Lie-gan<sup>2</sup>, MIAO Nan-sheng<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Vegetable and Flower Institute, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200; <sup>2</sup> Plant Protection Institute, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200)

**Abstract:** For scientific evaluation of germplasm resource in *Capsicum frutescens* in China, eight representative accessions were selected to assess the agronomic traits and analyze the resistance to *Phytophthora capsici*. The results showed that the accessions in *C. frutescens* in China had strong growth potential with more than 1.0 m in height, broad leaves, white green flowers, and erect and upward fruits. Fruit weight was found from 0.51 to 2.04 g and the average fruit weight was 1.26 g. The total content of capsaicin and dihydrocapsaicin was 565.00-1821.00 mg/kg, the average content was 1328.33 mg/kg, which was 406 times higher than that in *C. annuum* B<sub>9431</sub>. The resources in *C. frutescens* in China showed middle to high resistance to *phytophthora capsici*, and wild *C. frutescens* H108 in Hainan province possessed the highest resistance to the disease. Principal component analysis based on phenotypic data could separate *C. frutescens* accessions in China from the same species accession in American and *C. annuum* accession. This study laid a theoretical reference for the discovery and utilization of elite genes in *C. frutescens* in China.

**Key words:** *C. frutescens*; agronomic traits; phytophthora blight; resistance; principal component analysis

辣椒(*Capicum* spp.)是茄科辣椒属(2n=24)蔬菜作物,是我国主要蔬菜作物之一。在辣椒属的 5 个栽培种(*C. annuum*、*C. chinense*、*C. baccatum*、*C. frutescens* 和 *C. pubescens*)中,灌木辣椒(*C. frutescens*)是重要的加工型栽培种,现主要分布于美洲、亚洲和非洲的低纬度地区<sup>[1]</sup>,在我国仅海南和云南地区有分布的报道,多呈野生或半野生状态,亦有少量人工栽培<sup>[2-4]</sup>。

辣椒种质资源农艺性状鉴定与抗病性评价是辣椒种质资源深化研究与有效利用的基础,近年来,不少学者在此领域开展了相关研究。李智军等<sup>[5]</sup>观察了引自亚蔬中心的 22 份辣椒种质农艺性状,并采用灌根法鉴定了对疫霉菌的抗性;顾闽峰等<sup>[6]</sup>比较了 28 个鲜食型辣椒品种(组合)农艺性状,筛选出适合江苏沿海地区栽培的新品种;滕有德等<sup>[7]</sup>对 71

收稿日期:2013-04-19 修回日期:2013-05-18 网络出版日期:2013-12-19

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20131219.1111.002.html>

基金项目:国家自然科学基金(30860173、31060203)

第一作者主要从事蔬菜遗传育种与分子生物学技术研究。E-mail:fangrongrui@sohu.com

通信作者:陈学军,主要从事辣椒遗传育种与分子生物技术研究。E-mail:19889766@163.com

份三峡库区辣椒资源进行了田间种植鉴定和分类研究;刘建华等<sup>[8]</sup>采用苗期接种方法分析了 1079 份辣椒种质对疫霉菌的抗性,筛选出 60 份抗疫病材料;王述彬等<sup>[9]</sup>对 154 份辣椒种质资源进行了田间抗病性评价,鉴定出 15 份材料抗 TMV、11 份抗 CMV、17 份抗疫病,4 份材料辣椒素含量极高;王飞等<sup>[10]</sup>从 74 份泰国辣椒材料中筛选出抗疫病材料 7 份。

但上述有关辣椒农艺性状鉴定与疫病抗性评价研究均主要针对一年生辣椒(*C. annuum*),而对原产我国的灌木辣椒种质资源的相关研究尚未见报道。本研究在前期收集、保存国内外灌木辣椒种质资源,开展种间杂交试验,并联合应用 SRAP 和 SSR 分子标记分析其遗传多样性的基础上<sup>[11-13]</sup>,选取有代表性的辣椒种质 8 份,开展了农艺性状观察、辣椒素及二氢辣椒素分析和疫病抗性鉴定,以期为中国灌木辣椒种质资源的开发利用与优异基因发掘提供理论参考。

# 1 材料与方法

## 1.1 供试材料

供试材料共 8 份,其中,灌木辣椒材料 7 份,包括原产我国的灌木辣椒材料 6 份和美洲灌木辣椒 1 份。在 6 份中国灌木辣椒种质中,3 份来自海南,3 份来自云南。此外,一年生辣椒材料 1 份(表 1)。除 V06C1032 引自国家蔬菜种质资源中期库,其他均由江西省农业科学院蔬菜花卉研究所提供。

表 1 供试辣椒材料名称及来源

Table 1 The name and origin of the 8 accessions in the study

序号 Order	材料名称 Accessions name	种 Species	来源 Origin
V1	B <sub>9431</sub>	<i>C. annuum</i>	中国江西
V2	H103	<i>C. frutescens</i>	美国
V3	H102	<i>C. frutescens</i>	中国云南,砚山
V4	H101	<i>C. frutescens</i>	中国云南,麻栗坡
V5	V06C1032	<i>C. frutescens</i>	中国云南
V6	H108	<i>C. frutescens</i>	中国海南,三亚涯城
V7	H107	<i>C. frutescens</i>	中国海南,五指山
V8	H104	<i>C. frutescens</i>	中国海南,三亚林旺

## 1.2 农艺性状调查

鉴于部分灌木辣椒材料在南昌地区不能正常坐果,农艺性状鉴定试验安排在海南三亚南繁基地进行。2011 年 10 月 7 日于海南三亚播种,11 月 2 日

定植,每个材料定植 20 株,行距 65 cm,株距 40 cm,田间管理同大田。每份种质在开花坐果盛期随机选取 6 株进行农艺性状观察,描述型性状有叶色、茎节色泽、叶背主脉茸毛、花瓣色泽、柱头色泽、花萼生长状态、花药色泽、果实着生状态、青熟果色泽、老熟果色泽、果实辣味、软肉及落果性状和果肉香味等 13 个性状;数值型性状包括株高、茎粗、分枝数、叶纵径、叶横径、叶形指数、叶柄长、每节花数、始花节位、果纵径、果横径、果形指数、单果质量、果肉厚度、果柄长度、单果种子数、播种至开花天数等 17 个性状,其中,叶形指数 = 叶纵径/叶横径,果形指数 = 果纵径/果横径,具体参照陈学军等<sup>[14]</sup>的方法进行。采摘植株中部青熟果,采用液相色谱仪分析方法<sup>[15]</sup>检测果实辣椒素和二氢辣椒素含量。

## 1.3 疫病抗性鉴定方法

疫病抗性鉴定试验在江西省农业科学院蔬菜花卉研究所塑料大棚内进行,2012 年 3 月 20 日播种,4 月 26 日塑料育苗钵分苗,草炭为育苗基质,1 钵 1 苗。当幼苗具 6 片真叶时,采用游动孢子灌根法接种鉴定,每个材料接种 10 株,重复 3 次,共 30 株。

将南昌地区辣椒植株上分离纯化得到的致病力强的病原辣椒疫霉(*Phytophthora capsici* L.)接种于胡萝卜琼脂培养基(CA)上,置 25 ℃ 条件下培养 7 d,获得大量孢子囊后将菌丝刮到无菌水中,用双层尼龙布过滤洗出,放入 4 ℃ 冰箱中预冷 30 min,促使游动孢子从孢子囊中释放出来,用血球计数板计算游动孢子的数量,无菌水稀释至每 1 mL 约 1000 个游动孢子。

接种前 1 d 将营养钵灌透水,用玻璃棒在距幼苗根茎约 3 cm 处钻孔,孔深 3 cm 左右,将 3 mL 游动孢子悬浮液注入孔内。接种后保湿 12 h,以后适时浇水以保持土壤湿度近饱和状态,温度保持在 25 ± 1 ℃。接种后 7 d 按农业部 1999 年颁布的分级标准调查发病级别,并计算病情指数<sup>[16]</sup>。病情指数(DI) = [Σ(病级数值 × 该病级病株数) × 100]/(病级最高值 × 调查株数)。抗病性划分标准,高抗(HR):病情指数 ≤ 10;抗病(R):10 < 病情指数 ≤ 30;中抗(MR):30 < 病情指数 ≤ 50;感病(S):病情指数 > 50。

## 1.4 数据分析

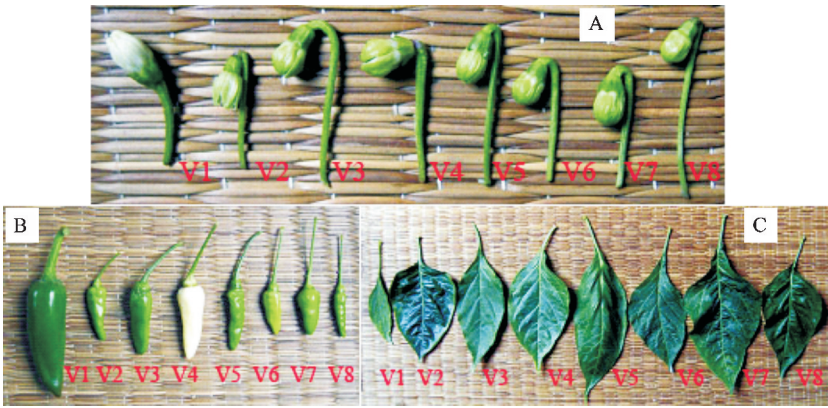
采用 Excel 软件进行数据整理,SPSS12.0 软件计算均值、标准差和主成分分析,主成分分析方法参照陈学军等<sup>[17]</sup>的方法,因子旋转(factor rotation)采用斜交因子旋转(promax rotation)方法。

2 结果与分析

2.1 灌木辣椒农艺性状分析

2.1.1 植物学性状 与一年生辣椒相比,灌木辣椒在植物学性状方面具有以下共同特点:植

株长势强,平均株高在 1.00 m 以上;叶片阔大,叶形指数在 1.68 ~ 2.26 之间,明显小于 B<sub>9431</sub> (2.96);花瓣均为白绿色,花萼不明显,花梗直立;始花节位均较高(16 ~ 25 节),表现晚熟(图 1 和表 2)。



A:花, B:果实, C:叶片  
A:Flowers, B:Fruits, C:Leaves

图 1 8 份辣椒材料形态特征

Fig. 1 Morphological characters of 8 accessions

表 2 辣椒农艺性状和果实品质性状分析

Table 2 Agronomic traits and fruit quality characters of different accessions

材料 Accessions	B <sub>9431</sub>	H103	H102	H101	V06C1032	H108	H107	H104	均值 Mean	变异系数 CV
叶色 Leaf color	绿	深绿	绿	绿	绿	绿	绿	绿	—	—
茎节色泽 Anthocyanin in the node	紫	绿	绿	绿	绿	绿	绿	绿	—	—
叶背主脉茸毛 Midrib pubescence in leaf blade	无	无	较少	多	多	较少	较少	较少	—	—
花瓣色泽 Flower color	白	白绿	白绿	白绿	白绿	白绿	白绿	白绿	—	—
柱头色泽 Stigma color	白	白	白	白	白	白	白	白	—	—
花萼明显否 Whether calyx is distinct	是	否	否	否	否	否	否	否	—	—
花药色泽 Anther color	灰褐	褐	褐	褐	褐	黄褐	褐	褐	—	—
果实直立否 Whether fruit is erect	否	是	是	是	是	是	是	是	—	—
青熟果色 Fruit color before maturity	绿	绿	浅绿	乳白	浅绿	黄绿	绿	绿	—	—
老熟果色 Fruit color at maturity	红	红	红	红	红	红	红	红	—	—
果实辣味 Pungency	微辣	微辣	强	强	强	强	强	强	—	—
软肉(落果)Soft flesh (deciduous fruit)	无	有	有	有	有	有	有	有	—	—
果肉香味 Flesh fragrance	无	有	有	有	有	有	有	有	—	—
株高(cm)Plant height	38.00	126.70	123.00	130.00	127.30	103.00	117.00	110.00	109.38	0.277
茎粗(cm)Stem diameter	0.84	0.95	1.00	1.06	1.05	1.17	1.19	1.14	1.05	0.114
分枝数 Number of branches	0.62	4.67	11.00	7.67	7.00	8.33	11.67	11.00	7.75	0.483
叶纵径(cm)Length of the leaf	8.30	14.63	18.73	16.53	19.70	19.80	16.67	15.00	16.17	0.232
叶横径(cm)Width of the leaf	2.80	8.70	8.30	8.00	10.40	9.97	8.50	7.90	8.07	0.286

表 2(续)

材料 Accessions	B <sub>9431</sub>	H103	H102	H101	V06C1032	H108	H107	H104	均值 Mean	变异系数 CV
叶形指数 Leaf shape index	2. 96	1. 68	2. 26	2. 07	1. 89	1. 99	1. 96	1. 90	2. 09	0. 187
叶柄长 (cm) Leaf stalk length	2. 75	3. 40	2. 93	3. 43	3. 47	3. 87	3. 67	3. 05	3. 32	0. 114
每节花数 Flowers per node	1	1	1 ~ 2	1 ~ 2	1 ~ 2	1 ~ 2	1 ~ 2	1 ~ 2	—	—
始花节位 Node of first flower	1. 40	19. 30	17. 30	19. 00	16. 80	24. 67	24. 00	21. 50	18. 00	0. 406
果纵径 (cm) Length of the fruit	8. 80	3. 40	3. 53	4. 33	4. 33	2. 54	2. 83	2. 62	4. 05	0. 503
果横径 (cm) Diameter of the fruit	2. 50	0. 90	1. 24	1. 24	0. 95	0. 97	1. 19	0. 72	1. 21	0. 455
果形指数 Fruit shape index	3. 52	3. 78	2. 85	3. 49	4. 56	2. 63	2. 38	3. 64	3. 36	0. 211
单果质量 (g) Fruit mass	16. 70	0. 81	1. 71	2. 04	1. 20	0. 68	1. 44	0. 51	3. 14	1. 755
果肉厚 (cm) Flesh thickness	2. 50	0. 63	0. 77	0. 84	0. 50	0. 75	0. 73	0. 80	0. 94	0. 681
果柄长 (cm) Length of fruit peduncle	3. 37	2. 33	2. 85	3. 30	2. 80	2. 27	2. 47	3. 08	2. 81	0. 153
单果种子数 Seeds number per fruit	85. 00	24. 67	24. 40	27. 67	38. 30	33. 33	54. 00	26. 00	39. 17	0. 536
播种至开花天数 (d) The days from seeding to flowering	35	74	72	70	75	80	86	78	71. 25	0. 217
辣椒素 (mg/kg) Capsaicin	1. 67	7. 58	1100. 00	635. 00	957. 00	1220. 00	385. 00	1020. 00	665. 78	0. 731
二氢辣椒素 (mg/kg) Dihydrocapsaicin	1. 59	4. 07	434. 00	260. 00	625. 00	601. 00	180. 00	553. 00	332. 33	0. 773
辣椒素 + 二氢辣椒素 (mg/kg) Capsaicin + dihydrocapsaicin	3. 26	11. 65	1534. 00	895. 00	1582. 00	1821. 00	565. 00	1573. 00	998. 11	0. 738

**2.1.2 果实性状** 灌木辣椒果实直立向上生长,果小,单果质量均在 3 g 以下,果肉有香味,除美洲灌木辣椒 H103 外,均表现强辣(表 2)。此外,7 份灌木辣椒均具落果及软肉性状,即生物学成熟果与果柄会自动脱离,且果肉有自溶现象,因此,灌木辣椒红熟果不耐贮运。

**2.1.3 辣椒素和二氢辣椒素含量** B<sub>9431</sub> 和 H103 表现微辣,辣椒素和二氢辣椒素的含量均较低。其他 6 份中国灌木辣椒种质辣味强,辣椒素含量最高的是 H108,达 1220.00 mg/kg,是 B<sub>9431</sub> 的 730 倍;二氢辣椒含量最高的是 V06C1032,达 625.00 mg/kg,是 B<sub>9431</sub> 的 393 倍。辣椒素和二氢辣椒素含量的总和才能真实反映种质材料辣味的强弱,从表 2 可知,原产于海南的野生灌木辣椒 H108 辣椒素和二氢辣椒素含量之和最高,达 1821.00 mg/kg,其次是云南灌木辣椒 V06C1032,为 1582.00 mg/kg,最低的是 B<sub>9431</sub>,只有 3.26 mg/kg。相关分析结果显示,辣椒素含量与二氢辣椒素含量相关系数为 0.955,达极显著正相关。

2.2 主成分分析

对 8 份种质材料进行主成分分析,3 个主成分的特征值分别为 5.978、1.385 和 1.330,累积贡献率

分别占到全部主成分的 74.74%、19.76% 和 5.34% (表 3)。以这 3 个主成分作三维图(图 2),8 个材料被分为 3 类,B<sub>9431</sub> 和美洲灌木辣椒 H103 均分别被单独分为一类;6 份中国灌木辣椒聚为一类,且在另一维平面上;表明中国灌木辣椒在表型性状方面与 B<sub>9431</sub> 差异较大,与美洲灌木辣椒 H103 也有一定差异。

表 3 方差斜交旋转后主成分载荷矩阵

Table 3 Factor loading matrix after promax rotation				
序号 Order	材料 Accessions	主成分 Component		
		1	2	3
V1	B <sub>9431</sub>	-0.018	0.563	1.000
V2	H103	0.090	1.000	0.564
V3	H102	0.998	0.065	-0.041
V4	H101	0.999	0.122	-0.007
V5	V06C1032	0.997	0.064	-0.036
V6	H108	0.999	0.047	-0.047
V7	H107	0.993	0.198	0.071
V8	H104	0.999	0.058	-0.043
特征值 Eigenvalues		5.978	1.385	1.330
累计贡献率(%)		74.74	19.76	5.34
Cumulative rate				



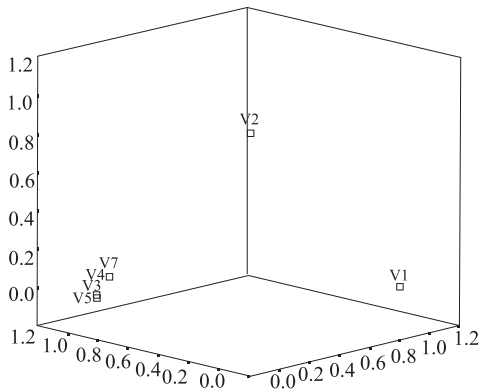


图2 8个材料的主成分分析图  
Fig.2 PCA plot of 8 accessions

2.3 疫病抗性鉴定

7份灌木辣椒材料对疫霉菌表现出不同程度的抗性,H103和H108病情指数小于10,表现高抗;H101、H104和H107病情指数分别为21.30、26.17和25.84,表现抗病;H102和V06C1032病情指数分别为38.00和39.33,表现中抗。B<sub>9431</sub>发病率为100%,病情指数为100,表现感病(表4)。

表4 辣椒种质疫病抗性鉴定结果

材料	发病率(%)	病情指数	抗性评价
Accessions	Incidence rate	Disease index	Resistance evaluation
B <sub>9431</sub>	100.00	100.00	S
H103	21.80	9.56	HR
H102	55.00	38.00	MR
H101	45.00	21.30	R
V06C1032	20.51	39.33	MR
H108	15.38	5.00	HR
H107	54.93	25.84	R
H104	51.34	26.17	R

HR:高抗;R:抗;MR:中抗;S:感病  
HR:High resistance,R:Resistance,MR:Medium resistance,S:Susceptible

3 讨论

灌木辣椒是我国海南、云南等热带地区分布的一类重要辣椒遗传资源,本研究首次较为系统地比较了我国海南、云南和美洲三地灌木辣椒农艺性状异同,结果表明,三地灌木辣椒种质尽管在果实色泽、叶色等方面存在差异,但具有很多共同特性,如植株高大,花瓣白绿、花萼不明显,果实直立向上,具

有落果与软肉性状等,从而有别于一年生辣椒。P. W. Bosland等<sup>[18]</sup>认为野生辣椒果小且直立向上的性状有助于其种子通过鸟类传播繁殖;而落果与软肉性状是由S基因控制的显性性状,主要存在于野生灌木辣椒种质中,由于该性状使生物学成熟果与果柄自动脱离且果实货架寿命短,因此,拥有该性状的种质在人工驯化栽培过程中大部分被淘汰<sup>[19]</sup>。

基于表型性状的主成分分析三维图可将中国灌木辣椒与一年生辣椒及美洲灌木辣椒有效区分开来,这一结果与陈学军等<sup>[12]</sup>的SRAP和SSR分子标记聚类结果一致,表明中国灌木辣椒在表型性状方面和DNA分子水平上与一年生辣椒及美洲灌木辣椒存在差异。本课题组前期开展的有性杂交结果显示,一年生辣椒与灌木辣椒存在一定的种间杂交障碍,表现为杂种部分种子种胚发育不良,杂种种子发芽率低<sup>[11]</sup>;但中国灌木辣椒与美洲灌木辣椒之间不存在杂交障碍,二者正反交均能得到正常可育杂交后代,说明两者确为同一栽培种。中国灌木辣椒种质与美洲灌木辣椒种质的遗传差异,可能与起源地不同或地理隔离有关。

辣椒素和二氢辣椒素是辣椒果实中的主要生物活性成分,二者占辣椒素类物质总量的95%以上<sup>[20]</sup>,主要分布于胎座、果肉和种子中,其含量的高低直接影响到辣椒果实及其制品的辣度。本研究供试的8个材料,辣椒素含量是二氢辣椒素含量的1.05~2.53倍,平均为2.00倍,略低于L. Nowaczyk等<sup>[21]</sup>报道的2.5倍,这可能与供试材料不同有关。此外,中国灌木辣椒种质辣椒素和二氢辣椒素含量远高于B<sub>9431</sub>和美洲灌木辣椒H103,特别是海南野生灌木辣椒H108辣椒素和二氢辣椒素浓度高达1821.00mg/kg,在辣椒加工和辣椒素类物质的提取方面具有重要利用价值。

疫病是我国辣椒的主要病害之一<sup>[22]</sup>,本试验中,6份中国灌木辣椒种质对疫霉菌均表现出不同程度的抗性,特别是海南野生灌木辣椒H108高抗疫病。H108原产于海南三亚涯城丘陵山区,在当地为多年生,引种至南昌地区栽培时,春夏季节花而不实,表现出光敏不育特性,在秋季短日照条件下能正常开花坐果。H108高抗疫病及辣椒素类物质含量高等优良特性,可以应用于辣椒抗病育种和品质育种。目前本课题组正在通过种间杂交途径,将H108上述优异性状转育至一年生辣椒中,以期拓展一年生辣椒遗传基础,促进一年生辣椒遗传改良。

## 参考文献

- [1] Pickersgill B. Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp. [J]. *Euphytica*, 1997, 96: 129-133
- [2] 广东植物研究所. 海南植物志: 第三卷[M]. 北京: 科学出版社, 1974
- [3] 中国科学院云南植物研究所. 云南植物志: 第二卷[M]. 北京: 科学出版社, 1979: 561
- [4] 邓明华, 文锦芬. 云南灌木辣椒资源[J]. 辣椒杂志, 2009(1): 36-37
- [5] 李智军, 龙卫平, 郑锦荣, 等. 亚蔬辣椒资源材料的疫病抗性鉴定及主要农艺性状观察[J]. 广东农业科学, 2006(12): 30-33
- [6] 顾闽峰, 郭军, 郑佳秋, 等. 鲜食型辣椒农艺性状比较及新品种筛选[J]. 江苏农业科学, 2010(5): 190-193
- [7] 滕有德, 乐正碧, 陈学群, 等. 三峡库区辣椒种质资源考察和鉴定[J]. 植物遗传资源科学, 2000(1): 61-64
- [8] 刘建华, 杨宇红, 卢鉴植, 等. 辣椒种质资源对疫霉的抗病性鉴定研究[J]. 湖南农业科学, 1998(3): 30-31
- [9] 王述彬, 袁希汉, 邹学校, 等. 中国辣椒优异种质资源评价[J]. 江苏农业学报, 2001, 17(4): 244-247
- [10] 王飞, 姚明华, 焦春海. 泰国辣椒种质资源鉴定与评价[J]. 湖北农业科学, 2010, 49(9): 2146-2148
- [11] 陈学军, 方荣, 周坤华, 等. 辣椒种间杂种的表型鉴定及 SRAP 分析[J]. 西北植物学报, 2011, 31(2): 286-290
- [12] 陈学军, 周坤华, 宗洪霞, 等. 中国灌木辣椒种质遗传多样性的 SRAP 和 SSR 分析[J]. 西北植物学报, 2012, 32(11): 2201-2205
- [13] 周坤华, 方荣, 陈学军. 辣椒属栽培种、野生种和种间杂交后代的 SRAP 分析[J]. 分子植物育种, 2011, 9(6): 1209-1216
- [14] 陈学军, 程志芳, 陈劲枫, 等. 辣椒种质遗传多样性的 RAPD 和 ISSR 及其表型数据分析[J]. 西北植物学报, 2007, 27(4): 662-670
- [15] 韩晓岚, 胡云峰, 赵学志, 等. 高效液相色谱法测定辣椒素及二氢辣椒素[J]. 中国食物与营养, 2009(11): 43-46
- [16] 易图永, 张宝玺, 谢丙炎, 等. 辣椒疫病三种接种方法的比较[J]. 中国蔬菜, 2003(2): 16-18
- [17] 陈学军, 方荣, 周坤华, 等. 辣椒花器性状与果实性状的遗传相关及因子分析[J]. 江西农业大学学报, 2009, 31(6): 1006-1010
- [18] Bosland P W, Votava E J. Peppers: vegetable and spice capsicums[M]. New York: CABI Publishing, 2000
- [19] Rao G U, Paran I. Polygalacturonase: a candidate gene for the soft flesh and deciduous fruit mutation in *Capsicum* [J]. *Plant Mol Biol*, 2003, 51(1): 135-141
- [20] Zewdie Y, Bosland P W. Capsaicinoid inheritance in an interspecific hybridization of *Capsicum annuum* L.  $\times$  *C. chinense* L. [J]. *J Am Soci Hort Sci*, 2000, 125(4): 448-453
- [21] Nowaczyk L, Nowaczyk P, Banach-Szott M. Relationships between capsaicinoids in the soft-flesh genotypes of *Capsicum* spp. [J]. *Veg Crops Res Bull*, 2009, 70: 31-36
- [22] 张宝玺, 王立浩, 毛胜利, 等. 优质抗疫病甜椒种质资源的选育[J]. 植物遗传资源学报, 2005, 6(3): 295-299