

西瓜种质资源表型多样性及聚类分析

潘存祥¹, 许勇², 纪海波¹, 李玉明¹, 陈年来¹

(¹甘肃农业大学农学院, 兰州 730070; ²国家蔬菜工程技术研究中心, 北京 100080)

摘要:采用变异系数、多样性指数和聚类分析等方法,对国内外783份西瓜种质资源24个表型性状进行了遗传多样性研究。结果表明:西瓜种质资源24个表型性状的平均变异系数为31.19%,其中种子覆纹颜色变异系数最大(70.90%),第一雌花节位最小(0.48%)。24个表型性状的平均遗传多样性指数为1.68,叶纵径(2.29)、叶横径(2.24)、果实皮厚(2.24)、果实横径(2.23)、果实生育期(2.19)、茎节间长度(2.09)、果实纵径(2.07)、种子百粒重(2.07)、单瓜种子数(2.04)多样性系数均较大,茎断面形状多样性指数最小(0.39)。基于24个表型性状,供试西瓜材料在欧氏距离为25时聚为2类:A类为普通西瓜种(*Citrullus lanatus*);B类为药西瓜(*Citrullus colocynthis*)。在欧氏距离为20时聚为3类:A1为*Citrullus lanatus*的普通西瓜亚种(sp. *vulgaris*),A2为*Citrullus lanatus*的毛西瓜亚种(sp. *lanatus*),B类为*Citrullus colocynthis*的淡味药西瓜亚种(sp. *insipidus*)。在欧氏距离为15时A11为sp. *vulgaris*的普通西瓜变种(var. *vulgaris*),A12为sp. *vulgaris*的籽瓜变种(var. *megalaspermus*),A2为sp. *lanatus*的开普西瓜变种(var. *capensis*)。西瓜种质资源表型性状的变异程度和多样性指数较高,具有丰富的变异程度和多样性。欧氏距离25可作为西瓜属内划分物种的遗传距离,20可作为划分西瓜亚种的遗传距离,15可作为西瓜变种划分的遗传距离。

关键词:西瓜;变异系数;多样性指数;聚类分析

Phenotypic Diversity and Clustering Analysis of Watermelon Germplasm

PAN Cun-xiang¹, XU Yong², JI Hai-bo¹, LI Yu-ming¹, CHEN Nian-lai¹

(¹ College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070;

² National Engineering Research Center for Vegetables, Beijing 100080)

Abstract: In order to efficiently use watermelon germplasm, this study analyzed and compared the genetic diversity of 24 main phenotypic traits of 783 germplasms using genetic diversity indexes, coefficient of variation and cluster analysis. The results showed that coefficient of variation (CV) values of the 24 phenotypic traits ranged from 0.48% (The first female flowers node) to 70.90% (Seed speckle color) with an average of 31.19%. The diversity indexes (H') of the 24 phenotypic traits ranged from 0.39 (Stem section shape) to 2.29 (Leaf longitudinal diameter) with an average of 1.68. The phenotypic traits with higher diversity indexes (H') were leaf longitudinal diameter (2.29), leaf transverse diameter (2.24), fruit peel thickness (2.24), fruit transect diameter (2.23), fruit development period (2.19), length between nodes (2.09), fruit longitudinal diameter (2.07), 100-seed weight (2.07), seed per fruit (2.04). Based on clustering analysis of 24 phenotypic traits, the 783 collections, at the Euclidean distance of 25, could be divided into 2 broad headings: A was *Citrullus lanatus*; B was *Citrullus colocynthis*. The collections were further classified into 3 categories by cluster analysis at the genetic distance of 20: A1 was sp. *vulgaris*, A2 was sp. *lanatus*, B was sp. *insipidus*. at the Euclidean distance of 15, A11 was var. *vulgaris*, A12 was var. *megalaspermus*. A2 was var. *capensis*. Coefficients of variation (CV) and diversity indexes (H') of watermelon phenotypic traits were high, indicating that watermelon had abundant variation and diversity. Euclidean distance 25 could be used as a watermelon divided into species genetic distance, 20 could be used as a watermelon

收稿日期: 2014-03-07 修回日期: 2014-04-08 网络出版日期: 2014-12-11

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20141211.2224.024.html>

基金项目: 甘肃省干旱生境作物学国家重点实验室开放基金项目 (GSCS-2010-006)

第一作者主要从事蔬菜栽培生理研究。E-mail: 553833417@qq.com

通信作者: 陈年来, 主要从事蔬菜生理生态研究。E-mail: chenml@gsau.edu.cn

divided into subspecies genetic distance, 15 could be used as a watermelon divided into varietas genetic distance.

Key words: watermelon; variation coefficient; diversity index; cluster analysis

西瓜种质资源是开展西瓜育种工作的物质基础,西瓜种质资源的研究和开发利用为西瓜育种发展提供关键的原材料。西瓜育种要取得明显性突破的关键在于优质种质资源的开发和利用,其前提是加强种质资源的分类和亲缘关系的研究。郭军等^[1]利用 RAPD 技术对国内外 32 份西瓜主栽品种与其骨干亲本及野生类型的遗传亲缘关系进行了研究,结果表明栽培品种间的遗传距离较小,野生种与栽培种之间的差异较大;李艳梅等^[2]利用 AFLP 指纹图谱分析技术对 57 个西瓜材料进行了基因组 DNA 多态性分析,计算出品种间遗传相似系数变化范围在 0.24~0.99 之间,平均相似系数为 0.70,说明西瓜品种间遗传基础狭窄;张爱萍等^[3]采用 SRAP 技术对 64 份西瓜种质资源的遗传多样性进行了研究,计算了 64 个材料间的遗传相似系数,其变化范围为 0.47~0.97,说明材料间同源性较高,遗传分化较小。利用分子标记技术可以更准确地了解植物遗传多样性,但难以与具体的表型性状结合起来^[4];形态学方法是植物遗传多样性研究最直观、最基础的方法,通过形态学性状遗传多样性研究,能从整体了解资源的丰富程度,为使用者提供重要信息^[5]。本研究以 783 份西瓜种质资源为材料,在大田条件下观测记录了 24 个主要的表型性状,运用多样性分析、聚类分析等方法,对其表型多样性进行研究。从形态学水平上揭示西瓜资源遗传多样性,明确西瓜表型变异丰富程度及不同种质间遗传关系,不仅有利于资源的进一步开发利用,也有助于对西瓜

种质资源的全面认识,对了解我国西瓜资源的组成结构及将来的引种和育种工作都具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所用西瓜材料共 783 份,其中 768 份为国外引进的种质资源材料(PI 系列 679 份、CIT 系列 89 份),由国家蔬菜工程技术研究中心提供;15 份为甘肃农业大学自有。

1.2 试验方法

试验材料分别于 2009 年和 2011 年在甘肃省民勤县种植。试验地土壤肥力中等,肥水管理与生产相同,采用高垄覆膜的栽培模式,每年每份材料种植 10 株,随机排列,株行距 0.5 m × 1.0 m,双蔓整枝,每株留 1 果(自交授粉),每份材料调查 5~8 株,同一性状的数据采集者为同一人,数据资料为 2 年的平均值,性状调查项目与采集方法参照《西瓜种质资源描述规范和数据标准》^[6]统一的规范和标准,观察记载 24 项主要的表型性状。

1.3 数据标准化处理与统计分析方法

植株性型、茎断面形状、果皮底色、果皮覆纹形状、果皮覆纹颜色、果肉色泽、果肉质度、果肉风味、种子底色、种子覆纹形状、种子覆纹颜色 11 个性状按照《西瓜种质资源描述规范和数据标准》^[6]进行分级和赋值,具体见表 1,用目测的方法观察和记载每株主蔓第一雌花的着生节位,计算以上各性状的变异系数^[7]和多样性指数^[8]。

表 1 西瓜资源性状描述分级

Table 1 Describe grouping of characters of watermelon resources

性状 Characters	性状描述分级 Describing groups of the characters										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
茎断面形状 STSS	四边形	五边形	六边形	圆形							
植株性型 PRT	雄全株	雌雄同株									
果皮底色 PB	浅黄	黄	深黄	绿白	浅绿	黄绿	绿	深绿	墨绿		
果皮覆纹形状 PSS	无	网条	齿条	条带	放射条	斑点					
果皮覆纹颜色 PSC	无	浅黄	黄	深黄	浅绿	绿	深绿	墨绿			
果肉色泽 FC	白	乳白	浅黄	黄	橙黄	粉红	桃红	红	橘红	大红	
果肉质度 PT	软	沙	酥	脆	硬						
果肉风味 FF	甜	酸	苦	涩							
种皮底色 SB	白	黄白	灰黄	黄	红黄	浅红	红	灰褐	黑	绿	灰绿
种子斑纹形状 SSS	无	点	斑	纹	边						
种子斑纹颜色 SSC	无	灰褐	黄白	黄红	黄褐	黑					

STSS: Stem section shape, PRT: Plant resistance type, PB: Peel background, PSS: Peel speckle shape, PSC: Peel speckle color, FC: Flesh color, PT: Pulp texture, FF: Flesh flavor, SB: Seed background, SSS: Seed speckle shape, SSC: Seed speckle color. The same as below

将全生育期、果实生育期、茎节间长度、叶纵径、叶横径、单瓜质量、果实纵径、果实横径、果皮厚度、固形物含量、单瓜种子数、种子百粒重 12 个性状的测量值用 Excel 计算出平均值、标准差、变异系数。根据平均值、标准差将各性状测量数据分为 10 级,从第 1 级 $\{X_i < (x - 2\sigma)\}$ 到第 10 级 $\{X_i \geq (x + 2\sigma)\}$,其中 i 表示级数, x 和 σ 分别表示调查性状的平均值和标准差, X_i 为性状 i 级的取值,每 0.5σ 为 1 级,统计各性状在 10 个级别中的分布频率。每级的相对频率(P_i)用于计算多样性指数^[9]。

利用 Shannon-Weaver 遗传多样性指数来衡量性状遗传多样性大小。计算公式^[10]为: $H' = - \sum P_i \ln P_i$ 。其中 P_i 为某性状第 i 级内材料份数占总份数的百分比, \ln 为自然对数^[11]。

聚类分析运用软件 SPSS19,对记载的 24 个表型性状采用系统聚类组间聚合的方法对材料进行聚类,用平方欧氏距离绘制聚类结果的树状图^[12]。

2 结果与分析

2.1 西瓜种质资源表型性状的多样性分析

西瓜种质资源主要表型性状的变异系数和多样性指数见表 2。

24 个表型性状的变异系数平均值为 31.19%,其中种子覆纹颜色(70.90%)变异系数最大,第一雌花节位(0.48%)变异系数最小。种子覆纹颜色(70.90%)、种子覆纹形状(60.18%)、单果质量(54.82%)和种子底色(52.40%)变异系数超过 50%,表明以上 4 个性状变异丰富。而果皮底色(22.55%)、果实纵径(22.34%)、茎节间长度(19.77%)、叶纵径(18.37%)、茎断面形状(17.95%)、叶横径(17.64%)、果实横径(17.43%)、果实生育期(12.38%)、全生育期(8.64%)和第一雌花节位(0.48%)变异系数均低于 25%,表明这 10 个性状的遗传特性较稳定。

24 个表型性状多样性指数平均值为 1.68,叶纵径最大为 2.29,茎断面形状最小为 0.39。叶纵径(2.29)、叶横径与果皮厚度(均为 2.24)、果实横径(2.23)、果实生育期(2.19)、茎节间长度(2.09)、果实纵径与种子百粒重(均为 2.07)、单瓜种子数(2.04)的多样性指数较大,表明供试西瓜材料在以上 9 个性状中每组(根据平均值与标准差将各性状观测值分为 10 组)内的分布较为均匀。植株性型(0.59)与茎断面形状(0.39)多样性指数较小,表明供试西瓜材料在这 2 个性状上表现型相对较少,

而且在每个表现型上的分布不均匀。

表 2 西瓜种质资源主要性状的变异系数和遗传多样性指数

Table 2 Variation coefficient and diversity indexes of 24 characters of watermelon germplasm

性状 Characters	变异系数(%) Variation coefficient	遗传多样性指数(H') Diversity index
全生育期 WGP	8.64	1.78
果实生育期 FDP	12.38	2.19
植株性型 PRT	35.02	0.59
茎断面形状 STSS	17.95	0.39
第一雌花节位 TFFN	0.48	1.84
茎节间长度 LBN	19.77	2.09
叶纵径 LLD	18.37	2.29
叶横径 LTD	17.64	2.24
果皮底色 PB	22.55	1.26
果皮覆纹颜色 PSC	26.20	1.46
果皮覆纹形状 PSS	28.02	1.25
单果质量 SFW	54.82	1.93
果实纵径 FLD	22.34	2.07
果实横径 FTD	17.43	2.23
果皮厚度 PT	33.93	2.24
果肉色泽 FC	36.51	1.44
果肉质地 PT	47.07	1.45
果肉风味 FF	42.64	1.52
固形物含量 SC	34.21	1.98
种子底色 SB	52.40	1.61
种子覆纹颜色 SSC	70.90	1.37
种子覆纹形状 SSS	60.18	1.22
单瓜种子数 SPF	37.30	2.04
种子百粒重 100SW	31.92	2.07
平均值 Average	31.19	1.68

WGP:Whole growth period, FDP:Fruit development period, TFFN:The first female flowers node, LBN:Length between nodes, LLD:Leaf longitudinal diameter, LTD:Leaf transverse diameter, SFW:Single fruit weight, FLD:Fruits longitudinal diameter, FTD:Fruits transect diameter, PT:Peel thickness, SC:Solids content, SPF:Seed per fruit, 100SW:100-seed-weight

2.2 西瓜资源主要表型性状的聚类分析

聚类分析结果(表 3)显示,在欧氏距离 25 时所有材料可分为 2 个类群,在欧氏距离 20 时可分为 3 个类群,欧氏距离为 15 时可分为 6 个类群,各类群特点见表 3。

表 3 783 份西瓜材料聚类分析结果

Table 3 The cluster analysis results of 783 watermelon materials

欧氏距离 Euclidean distance	类群代码 Code	材料份数 No. of materials	主要特征 Character
25	A	764	雌雄同株或雄全株。茎有棱或圆形,茎节间长度 ≤ 9 cm。果实纵径 ≤ 19 cm,横径 ≤ 18 cm。单果 ≤ 5 kg,果实形状和颜色十分多样化,固形物含量 4% ~ 12%,果肉软、沙、脆或硬,微甜或甜,个别苦涩味。种子大小和颜色种类丰富。
	B	19	雄全株。茎断面为五边形,茎节间长 8 ~ 15 cm。果实较大(直径 ≥ 17 cm),单果 5 kg 以上,果皮浅绿、绿或深绿,上覆有深绿或墨绿条带或放射条。果肉白、浅黄或红色,固形物含量 1% ~ 4%,果肉柔、脆或硬,味酸或苦。种皮呈绿白、绿、橄榄绿、灰绿、黄或棕黄,覆有黄褐色,红色或黑色斑、条带、边,或种皮无覆纹。
20	A1	762	雌雄同株或雄全株。茎有棱或圆形。果实形状颜色多样化,固形物含量 6% ~ 12%,果肉脆、沙或柔,多汁,甜或微甜。种子大小和颜色差别很大。
	A2	2	全生育期 115 d,果实生育期 45 ~ 50 d。雄全株。茎断面为六边形。叶片纵径 29 cm,横径 23 cm。果实较小,圆球形,单果重 3 ± 0.5 kg,浅黄果皮覆墨绿核桃纹,果肉白色,固形物含量 5% 以下,质地硬,味苦。橄榄色种皮,无覆纹。
	B	19	同上。
15	A11	754	雌雄同株或雄全株。茎有棱或圆形。果皮底色浅绿、绿、深绿、墨绿,果肉色红、橙黄,黄或白色,固形物含量较高为 6% ~ 11%,个别可达 12% 以上,质地脆或沙,果肉多汁,甜或微甜。种子百粒重 ≤ 18 g,个别可达 20 ± 2 g,种子大小和颜色种类丰富。
	A12	8	全生育期 110 ± 3 d,果实生育期 50 ± 2 d。雌雄同株。茎断面为五边形,叶片较小,纵径 12 cm,横径 11 cm。圆形果实,单果重 2.5 ± 1 kg,浅绿色果皮覆有绿色或墨绿色核桃纹,果肉黄白或淡黄,固形物含量为 $5\% \pm 1\%$,质地滑柔,味微甜或酸。种子大,百粒重 30 g 左右,黄白色种皮带黑褐色边。
	A2	2	同上。
	B1	2	全生育期 125 ~ 130 d,果实生育期 55 ~ 60 d。茎节间 15 cm,叶纵径 17 cm。叶横径 18 cm。果实纵径 19 cm,横径 17 cm,单果重 8 ~ 10 kg。绿色果皮覆有深绿条带,果肉浅黄,固形物含量 $3\% \pm 1\%$,硬,苦。种子百粒重 10 g 左右,单瓜种子约 400 粒,橄榄绿或绿白色种皮,无覆纹。
	B2	5	全生育期 105 ~ 110 d,果实生育期 50 ~ 55 d。节间长度 8 ± 1 cm,叶纵径 15 ± 2 cm,横径 14 ± 2 cm。果实纵径 30 ± 1.5 cm,横径 20 ± 1.5 cm,单果重 5 kg 左右。浅绿或绿皮覆深绿放射条,果肉浅黄或白,固形物含量 2.5%,硬,酸。种子百粒重约 15 g,单瓜种子约 300 粒,绿或灰绿种皮覆黄褐色斑或纹,或无覆纹。
	B3	12	全生育期 103 d,果实生育期 47 d。茎节间长 12 ± 2 cm,叶纵径 20 cm,横径 19 cm。果实纵径 19 cm,横径 21 cm,单果重 5 ± 1 kg。果皮绿、浅绿、深绿,覆深绿或墨绿条带,果肉白或浅黄,固形物含量 1.8%,硬或柔,酸、苦或微甜。百粒重 13.5 g,单瓜种子约 200 粒,黄或棕黄种皮,覆红色或黑色斑或边或无覆纹。

欧氏距离为 25 时,将所有材料分为 A(包含 764 份材料)、B(包括 19 份材料);欧氏距离为 20 时,A 类分为 A1(包含 762 份材料)、A2(包含 2 份材料)2 类,B 类未继续分离;欧氏距离为 15 时,A1 类分为 A11(包含 754 份材料)、A12(包含 8 份材料)2 类,A2 类未继续分离,B 类分为 B1、B2、B3 3 类。

3 讨论

变异系数和多样性指数都是反映多样性的重要指标,但是两者的变化规律却不一致,例如种子覆纹颜色变异系数为 70.90%,多样性指数为 1.37,叶纵径多样性指数为 2.29,变异系数仅为 18.37%。变化规律的不一致也揭示了变异系数和多样性指数所

反映的内容不一样。表型性状变异系数反映了某性状数据的离散程度,其大小与性状的变异范围呈正相关,变异系数越大表明性状的变异程度越大;Shannon-Weaver 多样性信息指数是反映种质资源间多样性的另一个重要指标,它的值越高,表明表型性状的多样性越丰富,表型性状多样性指数受性状分组数目和组内个体分布均匀程度的影响,变异系数与多样性指数之间不存在相关关系,仅为反映种质资源多样性的一些指标^[9,13]。

所研究西瓜材料 24 个表型性状中,多样性指数平均值为 1.68,尚建立等^[14]对 1200 份西瓜进行表型鉴定试验,得出西瓜遗传多样性指数(1.7)较大的结论,这与本研究结果相同。李艳梅等^[2]利用 AFLP 指纹图谱技术,对 57 份西瓜材料进行了基因组 DNA 多态性分析,根据 DNA 谱带计算品种间的平均遗传相似系数为 0.70,得出西瓜品种间遗传基础狭窄的结论。李朋飞等^[15]运用 SRAP 分子标记技术分析了 80 份西瓜种质资源的遗传多样性,28 对不同的引物组合共扩增出 308 条谱带,其中多态性谱带 68 条,80 份西瓜种质的遗传相似系数变化范围在 0.94~1.00 之间,表明供试西瓜种质资源的遗传背景比较狭窄。段会军等^[16]用 AFLP 标记对西瓜品种进行了多态性分析,结果表明,西瓜品种间同源性较高,遗传基础狭窄,多数品种亲缘关系较近。上述研究结果与本研究结论均存在差异,材料来源和研究方法的不同都会导致研究结果的差异,上述研究中试验材料数量较少,大部分来源于我国,品种间同源性较高,遗传分化小,而本研究中材料来源较广泛,有许多国外品种,并且涉及籽瓜品种。

表型性状具有稳定性和变异性,是植物基因型和所处生态环境的综合体现,植物可以通过改变它们的表型来响应环境的改变^[17]。对于表型连续数量变异的性状而言,其变异的产生多源于多基因位点控制的效应,这些位点不止对一个性状产生影响,对其他性状也会产生不同程度的影响。形态特征发育受多方面的影响,包括直接加性或非加性遗传效应、母性效应、基因型与环境的相互作用,以及环境的随机影响,表型特征的最终表现方式,是各方面综合作用的结果^[18]。因此运用分子标记技术与形态学方法研究得出不一致的结论,将植物学性状、形态学研究与分子标记技术相结合,就能准确把握西瓜资源遗传多样性的本质^[4]。

根据《中国西瓜甜瓜》^[19]对西瓜亚种、西瓜变种的描述,对比表 3 分类结果,认为 A1 类为 *sp. vul-*

garis, B 类为 *sp. insipidus*, A11 类为 *var. vulgaris*, A12 类为 *var. megalaspermus*, A2 类为 *var. capensis*。A12 类包含的 8 份材料来源于参与研究的 10 份籽瓜材料(宁夏红与双茨科未聚入此类,聚入 *var. vulgaris* 一类)。

通过对西瓜的主要表型性状聚类分析,明确了西瓜种质资源类型,同时根据育种目标可以选择性状互补的亲本配制组合,使西瓜育种中亲本的选配更趋完善。目前西瓜种质资源遗传多样性研究中,聚类分析的结果往往还停留在品种群的划分,还没有深入探讨其与西瓜属、种、亚种和变种之间的关系,建立可靠的西瓜分类技术体系还需综合细胞学、生物化学以及分子生物学等方法进行更为深入研究。

参考文献

- [1] 郭军,许勇,寿森严,等.西瓜种质资源遗传亲缘关系的 RAPD 分析[J].植物遗传资源学报,2002,3(1):7-13
- [2] 李艳梅,段会军,马峙英.西瓜种质资源的遗传多样性及亲缘关系的 AFLP 分析[J].华北农学报,2007,22(S):177-180
- [3] 张爱萍,王晓武,张岳莉,等.西瓜种质资源遗传多样性的 SRAP 分析[J].中国农学通报,2008,24(4):115-120
- [4] 陈巍,王力荣,朱瑞端,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
- [5] 田稼,郑殿升.中国作物遗传资源[M].北京:中国农业出版社,1994:312-315
- [6] 马双武,刘君璞.西瓜种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2005
- [7] 邓朝军,陈志峰,张小艳,等.枇杷种质资源果实描述性状多样性分析[J].福建果树,2009(2):42-47
- [8] 贺晨帮,宗绪晓.豌豆种质资源形态标记遗传多样性分析[J].植物遗传资源学报,2011,12(1):42-48
- [9] 赵香娜,李桂英,刘洋,等.国内外甜高粱种质资源主要性状遗传多样性及相关性分析[J].植物遗传资源学报,2008,9(3):302-307
- [10] 陈雪燕,王亚娟,雒景吾,等.陕西省小麦地方品种主要性状的遗传多样性研究[J].麦类作物学报,2007,27(3):456-460
- [11] Shannon C E, Weaver W. The mathematical theory of communication[M]. Urbana: University of Illinois Press, 1949:3-14
- [12] 赵虎基,乐锦华,李红霞.应用形态标记对籽瓜品种(系)的聚类分析[J].石河子大学学报,2000,4(2):107-112
- [13] 雷进生.观赏辣椒种质资源遗传多样性研究[D].武汉:华中农业大学,2005
- [14] 尚建立,王吉明,郭琳琳,等.西瓜种质资源主要植物学性状的遗传多样性及相关性分析[J].植物遗传资源学报,2012,13(1):11-15,21
- [15] 李朋飞,霍秀爱,程永强,等.基于 SRAP 的西瓜种质资源遗传多样性评价[J].中国农业科技导报,2013,15(2):89-96
- [16] 段会军,张彩英,郭小敏,等.西瓜品种间亲缘关系的 AFLP 分析[J].河北农业大学学报,2007,30(1):17-22
- [17] 胡启鹏,郭志华,李春燕,等.植物表型可塑性对非生物环境因子的响应研究进展[J].林业科学,2008,44(5):135-142
- [18] 杨继.植物种内形态变异的机制及其研究方法[J].武汉植物学研究,1991,9(2):185-195
- [19] 中国农业科学院郑州果树研究所.中国西瓜甜瓜[M].北京:中国农业出版社,2000:16-20