

薄壳山核桃新梢与果实生长动态观察

石文革, 许党, 李军 (云南省红河州林业和草原科学研究所, 云南蒙自 661199)

摘要 金华薄壳山核桃新梢和果实是以非线性有节律的增长方式生长。梢生长长期 149 d, 有 2 次生长高峰, 即抽春、夏 2 次梢, 呈 2 个“S”型生长曲线, 春梢快速生长期持续 18 d, 停长期 42 d, 第 2 次快速生长期持续 44 d; 新梢直径生长则只有 1 次生长高峰, 持续 18 d, 呈单“S”型生长曲线, 出现时间与春梢长度快速生长期基本一致; 新梢长度、直径和果实纵、横径各指标的日均生长量都不是均衡变化, 而是以一个或多个峰值出现, 除第一个峰值同时出现, 生长中后期新梢长度与果实日均生长量峰值交错出现, 新梢长度、新梢直径、果实纵径、果实横径生长与其各自日均生长量间不相关或负相关; 金华薄壳山核桃新梢的长度、直径和果实的纵、横径生长过程可用一元非线性回归方程建立生长模型, 采用 Logistic 模型, 回归分析达到极显著水平; 薄壳山核桃生长早期梢果同时出现生长高峰, 营养供给要求高, 栽培管理中应在秋季提高树体营养积累水平, 早春及时追肥缓解梢果营养矛盾。

关键词 薄壳山核桃; 新梢; 果实; 生长动态; Logistic 模型

中图分类号 S664.1 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)22-0132-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.22.033



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Observation on New Shoot and Fruit Growth of Jinhua Thin Shell *Carya cathayensis*

SHI Wen-ge, XU Dang, LI Jun (Forestry and Grassland Science Research Institute of Honghe Prefecture, Mengzi, Yunnan 661199)

Abstract The new shoots and fruits of the Jinhua thin shell *Carya cathayensis* are grown in a non-linear growth mode. In the growing period of the tip, there were two growth peaks, namely, spring and summer, two “S”-type growth curves, a rapid growth period of 18 days in the spring-tip, 42 days in the long-time period, and 44 days in the second rapid growing period, and the growth of the new-tip diameter was only one-time growth peak and lasted for 18 days. In that form of a single-“S” growth curve, the appearance time was basically consistent with the rapid growth period of the spring tip length; the average daily growth amount of each index of the new tip length, the diameter and the longitudinal and transverse diameter of the fruit were not a uniform change, the length of the new tip, the diameter of the new tip, the longitudinal diameter of the fruit, the growth of the fruit cross-diameter and the growth of the average daily growth of the fruit were not correlated or negatively correlated with each other, and the length, the diameter and the longitudinal direction of the fruit were the new tip length, the diameter and the longitudinal direction of the fruit. The growth model can be established by a univariate non-linear regression equation in the transverse-diameter growth process. Logistic model and regression analysis were used to reach a very significant level; the growth peak and the nutrient supply requirement of the thin-shell pecans grow at the same time, and the nutrient accumulation level of the tree body should be increased in autumn in the cultivation management. In that early spring, the nutrition contradiction of the peripheral fruit is relieved at the instant top dressing.

Key words *Carya illinoensis* (Wangehn.) K. Koch; New shoot; Fruit; Growth dynamics; Logistic model

薄壳山核桃 [*Carya illinoensis* (Wangehn.) K. Koch], 也称山核桃、美国山核桃, 英文名字叫 pecan, 属胡桃科 (Juglandaceae) 山核桃属 (*Carya* Nutt.), 山核桃组, 原产于美国, 是一种果材兼用的优良树种, 在我国属引入种。落叶大乔木, 树高 50 m 以上, 分布于 26°~42°N, 我国薄壳山核桃引种始于 19 世纪末, 已有百余年的历史^[1], 目前北至北京, 南至云南 10 余个省市都有薄壳山核桃分布。近 10 年来薄壳山核桃研究取得了丰富的成果, 主要集中在品种选育与引种^[2-6]、育苗与栽培技术方面^[7-18], 生长规律方面研究较少^[19-23], 新梢与果实生长间关系研究鲜见报道。通过对薄壳山核桃新梢和果实生长的观察, 研究其生长过程和特性, 为栽培管理提供依据。

1 材料与与方法

1.1 试验地概况 试验观察地点位于蒙自市文澜镇土官村红河州林业和草原科学研究所试验基地, 属于云南高原小盆地, 旱作农耕地, 地势平坦, 土层深厚, 红壤土, 经农业部农产品质量监督检验测试中心(昆明)检测: pH 6.8, 有机质 17.75 g/kg, 全氮 0.8 mg/g, 全磷 237.48 mg/kg, 全钾 41.9 mg/g, 水解氮 65.43 mg/kg, 有效磷 3.37 mg/kg, 速效钾 161.77 mg/kg, 阳离子

交换量 0.29 cmol/kg。海拔 1 310 m, 属南亚热带季风气候, 年降雨量 856.2 mm, 年蒸发量 1 478.6 mm, 年平均气温 19.5 °C, 最冷月(一月)均温 12.8 °C, 最热月(七月)均温 23.6 °C, 平均最高气温 30.8 °C, 平均最低气温 6.9 °C, 极端最高气温 35.4 °C, 极端最低气温 -8.0 °C, 年均日照时数 2 125.5 h, ≥10 °C 的积温 5 219~5 703 °C, 无霜期 337 d。气候特点是冬、春季晴天多阳光充足, 春季升温快, 夏季温度不高, 冬季较暖, 降水集中在夏季, 占全年的 50% 以上。

1.2 材料 观察样本为金华薄壳山核桃, 砧木定植于 2010 年 3 月, 2011 年 2 月通过坐地砧嫁接而来, 株行距 5 m×6 m。行向南北, 树势中等。在试验地内选择 6 株树冠大小、长势接近的植株作为观察树。4 月上旬芽膨大露白后, 分别在每一株树的东南西北方向选择 1~2 个健壮芽作为观测对象, 每株树上选 4~6 枝, 挂上标牌并编号。5 月上旬雌花谢花后, 在每株树的东南西北方向分别选择 1~2 个较健壮的花序, 选择花序基部第一个幼果作业观察对象, 挂上标牌并编号。每 7 d 左右测量一次新梢长度、新梢基部直径、果实纵径、横径。观察时间从 2018 年 4 月 9 日新梢展叶期开始, 到 12 月 4 日为止。

1.3 数据处理 数据统计和生长曲线图的绘制用 Excel 2010 完成, 建模、拟合和方差分析用国产试验设计、统计分析 & 数据分析软件 DPS (data processing system) V7.05 数据处理系统进行。

作者简介 石文革(1966—), 男, 云南个旧人, 高级工程师, 从事经济林木引种栽培研究。

收稿日期 2020-04-26

该研究应用 Logistic 生长模型对薄壳山核桃新梢长度和直径生长分析并建立数学模型,方程为 $y=c/(1+e^{-bt})$,其中 y 为新梢长度(cm)、新梢直径(mm)、果实纵径(mm)或果实横径(mm); t 为生长时间(d); c 、 a 、 b 均为待求参数。

梢长和直径快速生长起点和终点 2 个特征点就是曲线曲率最大的点,根据 Logistic 生长模型方程应用中值定理建立方程求导而得^[24]:

$$\text{快速生长起始点 } t_1 = [a - \ln(S + \sqrt{S^2 - 1})] / b \quad (1)$$

$$\text{快速生长终止点 } t_2 = [a - \ln(S - \sqrt{S^2 - 1})] / b \quad (2)$$

其中, $S = [(a+1) + e^a(a-1)] / (e^a - 1)$ 。

1.4 方法步骤 观察值为观测统计数据。拟合值由拟合得到的模型方程求得。为便于在同一幅图内比较分析,将新梢直径、果实纵径和果实横径分别乘以 5、2 和 2 绘制成图 1。

2 结果与分析

2.1 新梢生长 金华薄壳山核桃每年抽春、夏 2 次梢,整个生长期 149 d。春梢 4 月 3 日芽膨大露白,4 月 9 日展叶,6 月 5 日后停止生长,生长期 57 d,4 月 17 日后梢长度迅速增长,快速生长期 18 d,生长量占春梢长度生长量的 77.9%,5 月 5 日后生长放缓,增长幅度在 4 月 27 日—5 月 2 日时达到最高值,日均生长 1.96 cm。春夏梢之间有 42 d 的停止生长期,7 月 17 日进入第 2 次快速生长期,持续 44 d,完成夏梢生长量的 97.7%。生长高峰期日均生长量 2.36 cm,8 月 30 日生长迅速下降,9 月 4 日后基本停止生长,夏梢长度生长期 49 d(图 1)。

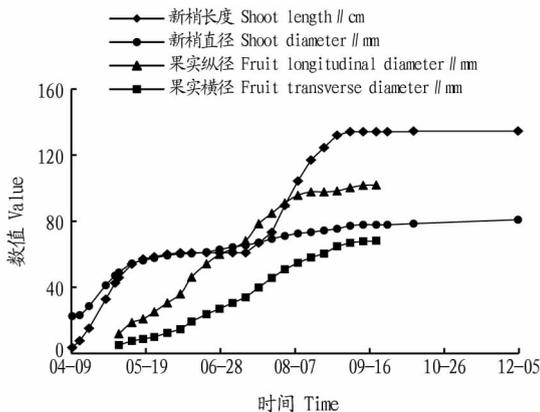


图 1 金华薄壳山核桃新梢与果实生长曲线

Fig.1 New shoot and fruit growth curve of Jinhua thin shell *Carya cathayensis*

新梢直径从 4 月 9 日开始增长,4 月 15 日进入快速生长期,5 月 3 日开始放缓,持续 18 d,快速生长期生长量占全年直径生长量的 66.4%,生长增长幅度在 4 月 27 日时到最高点,5 月 8 日以后快速下降,以后呈下降趋势,但一直缓慢生长。

2.2 新梢日均生长量变化 由图 2 可知,金华薄壳山核桃新梢长度日均生长量曲线有 2 次高峰,出现时间与新梢长度快速生长期一致,春梢长度日均生长量高峰时 1.96 cm/d,夏梢长度日均生长量高峰值要高于春梢,达 2.36 cm/d,停止生长期日均生长量为 0。直径日均生长量只出现一次生长高峰,出现时间比春梢梢生长高峰早 2 d。直径日均生长量的变

化比较大,峰值达 0.28 mm/d,生长高峰期过后日均生长量在 0.01~0.07 mm/d 波动。

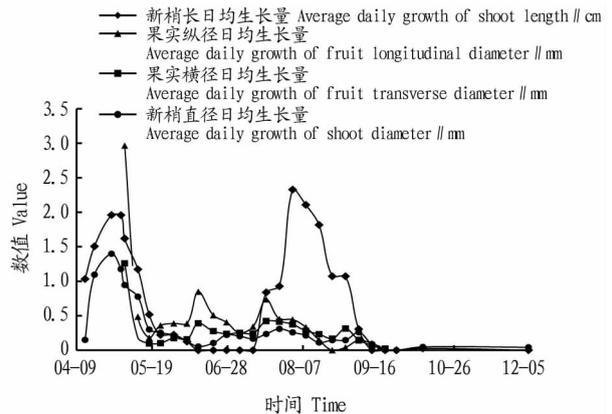


图 2 金华薄壳山核桃新梢、果实日均生长量曲线

Fig.2 Average daily growth curve of the new shoot and fruit of Jinhua thin shell *Carya cathayensis*

2.3 果实生长 金华薄壳山核桃 4 月 27 日柱头枯萎,5 月 4 日子房开始膨大,9 月 19 日外果皮开裂,内果壳变成褐色,果实成熟,果实生长期 138 d。果实纵径 5 月 27 日进入快速生长期,7 月 20 日生长放缓,快速生长期 54 d。果实横径进入快速生长期晚纵径 12 d,于 6 月 8 日进入快速生长期,8 月 19 日生长放缓,快速生长期 73 d,比纵径长 19 d(图 1)。

2.4 果实日均生长量变化 金华薄壳山核桃果实纵径、横径日均生长量曲线出现 4 次高峰,出现时间基本一致,纵径生长高峰分别出现在 5 月 4 日、6 月 12 日、7 月 18 日、9 月 5 日,日均生长量分别为 2.95、0.85、0.74、0.14 mm/d;横径生长高峰分别出现在 5 月 4 日、6 月 12 日、7 月 18 日、8 月 29 日,第 4 次稍早于纵径,日均生长量分别为 1.26、0.39、0.42、0.31 mm/d(图 2)。

2.5 新梢生长与果实生长相关性 金华薄壳山核桃新梢长度、直径、果实纵径、横径生长之间呈极显著相关性(表 1),梢长生长量与梢直径生长量相关性极显著,与其他指标相关性不显著。直径生长量则与其他指标显现极显著负相关。果实纵、横径生长量与新梢长度生长量相关性不显著,而新梢直径生长量与果实纵、横径生长量呈现极显著的相关性。果实纵、横径与纵径生长量显著相关,但与横径生长量相关性不显著。

2.6 新梢生长与果实生长节律 在生长期新梢和果实生长均从萌芽、座果后不断生长,并趋于一个稳定值。新梢长度生长出现春、夏 2 个明显的快速生长期,新梢粗度生长在春季出现 1 次快速生长期,后期生长趋于平缓。果实纵径生长曲线相对较为平缓,果实纵径生长有 4 个小的快速生长期,果实横径生长曲线较平缓,无明显的波动。

日均生长量变化较大,4 月下旬至 5 月上旬新梢长度、新梢粗度、果实纵径、果实横径日均生长量都出现 1 个峰值,5 月下旬到 7 月上旬新梢生长量形成低谷,6 月中旬果实纵横径生长量形成 1 个峰值,7 月中到下旬、8 月下旬到 9 月初新梢粗度、果实纵径、横径生长量分别出现 2 次小高峰,但都处于新梢长度生长日均高峰的两侧。

表1 金华薄壳山核桃新梢生长与果实生长相关性

Table 1 Correlation between new shoot growth and fruit growth of Jinhua thin shell *Carya cathayensis*

指标 Index	梢长 Shoot length	梢直径 Shoot diameter	梢长生长量 Growth of shoot length	梢直径 生长量 Growth of shoot diameter	果实纵径 Fruit longitudinal diameter	果实横径 Fruit transverse diameter	果实纵径 生长量 Growth of fruit longi- tudinal diameter	果实横径 生长量 Growth of fruit trans- verse diameter
梢长 Shoot length	1	0.92**	-0.25	-0.58**	0.86**	0.93**	-0.49*	-0.35
梢直径 Shoot diameter	0.92**	1	-0.34	-0.65**	0.98**	0.98**	-0.61**	-0.42*
梢长生长量 Growth of shoot length	-0.25	-0.34	1	0.61**	0.21	0.21	0.24	0.41
梢直径生长量 Growth of shoot diameter	-0.58**	-0.65**	0.61**	1	-0.56**	-0.50*	0.73**	0.66**
果实纵径 Fruit longitudinal diameter	0.86**	0.98**	0.21	-0.56**	1	0.98**	-0.51*	-0.28
果实横径 Fruit transverse diameter	0.93**	0.98**	0.21	-0.50*	0.98**	1	-0.49*	-0.28
果实纵径生长量 Growth of fruit longitudinal diameter	-0.49*	-0.61**	0.24	0.73**	-0.51*	-0.49*	1	0.94**
果实横径生长量 Growth of fruit transverse diameter	-0.35	-0.42*	0.41	0.66**	-0.28	-0.28	0.94**	1

注: * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$

2.7 新梢和果实生长数学模型 非线性回归分析模型中最常见的是建立2个变量之间函数关系的一元非线性回归模型^[25],运用DPS软件中的Logistic模型对新梢和果实生长随时间的变化进行拟合,模型方程为 $y = c / (1 + e^{-bx})$ 。其中,梢长生长分春、夏两段拟合,梢直径生长用全年数据进行拟合。模型方程及方差分析见表2, P 均为0.000 1,达到极显著水

平,表明新梢长度和直径生长过程可用一元非线性回归方程描述(表2)。新梢生长特征点,即快速生长期起点和快速生长终点分别用公式(1)和(2)计算,通过对生长曲线方程求导,得到曲线拐点,免人为因素造成的误差,各生长量变化特征点与对应日期见表3。

表2 金华薄壳山核桃新梢、果实生长一元非线性回归模型分析

Table 2 Analysis of univariate nonlinear regression model for new shoot and fruit growth of Jinhua thin shell *Carya cathayensis*

性状 Character	模型方程 Model equation	相关系数 Correlation coefficient (R)	决定系数 Coefficient of determination (R ²)	F	P
春梢长度 Spring shoot length	$y = 60.6586 / [1 + \exp(2.447800 - 0.143466x)]$	0.9996	0.9993	8114.5970	0.0001
夏梢长度 Summer shoot length	$y = 73.7023 / [1 + \exp(15.251200 + 0.128738x)]$	0.9986	0.9972	1235.5720	0.0001
新梢直径 New shoot diameter	$y = 14.4875 / [1 + \exp(0.594286 + 0.041482x)]$	0.9727	0.9446	193.5646	0.0001
果实纵径 Fruit longitudinal diameter	$y = 54.4819 / [1 + \exp(1.895800 + 0.038000x)]$	0.9970	0.9939	1470.5230	0.0001
果实横径 Fruit transverse diameter	$y = 37.9099 / [1 + \exp(2.552600 + 0.036058x)]$	0.9993	0.9985	5995.4780	0.0001

表3 薄壳山核桃新梢和果实生长特征点与日期

Table 3 Characteristic points and dates of new shoot and fruit growth of *Carya cathayensis*

生长指标 Growth index	快速生长起点 Starting point of rapid growth (t ₁)		快速生长终点 End point of rapid growth (t ₂)		快速生 长期 Rapid growth period d
	时间 Time d	日期 Date	时间 Time d	日期 Date	
春梢长度 Spring shoot length	8.3	04-17	25.9	05-05	18.0
夏梢长度 Summer shoot length	92.5	07-10	144.5	09-01	53.0
新梢直径 New shoot diameter	6.1	04-15	22.5	05-02	16.4
果实纵径 Fruit longitudinal diameter	23.1	05-27	76.7	07-20	54.0
果实横径 Fruit transverse diameter	34.5	06-08	107.1	08-19	72.6

3 结论与讨论

(1)金华薄壳山核桃新梢是以非线性有节律的增长方式生长。梢长生长期从展叶到停止生长149 d,有2次生长高峰,即抽春、夏2次梢,呈2个“S”型生长曲线。春梢快速生长期持续18 d,停长42 d,第2次快速生长期持续44 d。新梢直径生长则只有一次生长高峰,快速生长期持续18 d,呈单“S”型生长曲线,出现时间与春梢长度快速生长期基本一致。

(2)金华薄壳山核桃果实纵、横径生长都经过一个较缓慢的生长-快速生长-缓慢的生长,最后趋于一个恒定值,呈单“S”型生长曲线。生长期138 d,果实纵径5月27日进入快速生长期,持续54 d,果实横径6月8日进入快速生长期,持续72.6 d,果实纵径进入快速生长期比横径早12 d,果实横径快速生长期比纵径长19 d。

(3)金华薄壳山核桃新梢长度、新梢直径、果实纵径、果实横径4个生长量间相互呈极显著正相关。但新梢和果实各指标的日均生长量都不是均衡变化,而是以一个或多个峰

值出现,除第一个峰值同时出现,生长中后期新梢长度与果实日均生长量峰值交错出现,新梢长度、新梢直径、果实纵径、果实横径生长与其各自日均生长量间不呈正相关。

(4) 金华薄壳山核桃新梢的长度、直径和果实的纵、横径生长都是随时间递增的函数,生长过程可用 Logistic 模型来定量描述,回归分析达到极显著水平,春梢长度生长方程为 $y = 60.684 \cdot 3 / (1 + e^{2.481 \cdot 600 - 0.146 \cdot 264t})$,夏梢长度生长方程为 $y = 73.686 \cdot 9 / (1 + e^{16.109 \cdot 700 - 0.136 \cdot 301t})$,直径生长方程为 $y = 14.705 \cdot 4 / (1 + e^{0.572 \cdot 078 + 0.037 \cdot 809t})$;果实纵径生长方程 $y = 54.4819 / (1 + e^{1.895 \cdot 800 + 0.038 \cdot 000t})$,果实横径纵径生长方程 $y = 37.909 \cdot 9 / (1 + e^{2.552 \cdot 600 + 0.036 \cdot 058t})$ 。

(5) 金华薄壳山核桃生长早期梢、果生长高峰重叠,相互争夺养分,营养供给要求高,此时气温较低,叶片未发育成熟,处于营养供给能力较低时期,秋季提高树体营养积累水平,早春及时追肥有利于缓解梢果营养竞争。栽培管理夏末、秋初增施磷钾促进夏梢老熟,提高树体养分积累水平,萌芽前后施一次速效肥,或在春梢快速生长期采取根外追肥及时补充营养促进新梢及幼果生长。

参考文献

- [1] 董凤祥,王贵禧.美国薄壳山核桃引种及栽培技术[M].北京:金盾出版社,2003:26.
- [2] 杨建华,习学良,董润泉,等.薄壳山核桃品种“金华”的选育[J].中国南方果树,2018,47(1):149-150.
- [3] 李淑芳,习学良,杨建华,等.薄壳山核桃品种“贝克”的选育[J].中国果树,2017(2):65-66,101.
- [4] 朱灿灿,耿国民,周久亚.薄壳山核桃品种“威斯顿”的引种与栽培技术[J].中国南方果树,2015,44(1):96-97,104.
- [5] 邹伟烈,范志远,张雨,等.薄壳山核桃品种“卡多”的引种与选育[J].中国果树,2018(2):54-56,109.
- [6] 邹伟烈,习学良,范志远,等.薄壳山核桃引种云南弥渡的表现及栽培技

- 术要点[J].中国南方果树,2010,39(3):61-64.
- [7] 李俊南,熊新武,习学良,等.薄壳山核桃发枝结果习性及其修剪试验初报[J].河北果树研究,2015,30(3):256-259.
- [8] 常君,姚小华,邵慰忠,等.薄壳山核桃不同砧木对嫁接成活率及生长指标的影响[J].中南林业科技大学学报,2016,36(2):56-60.
- [9] 李永荣,翟敏,郭忠仁,等.薄壳山核桃种子晚冬早春高温催芽技术[J].中国园艺文摘,2013(8):202-203.
- [10] 翁春余,邵慰忠,叶浩然,等.薄壳山核桃 17 个无性系嫁接试验[J].浙江林业科技,2012,32(3):35-38.
- [11] 崔同意.薄壳山核桃容器育苗技术[J].安徽农学通报,2013,19(4):60,102.
- [12] 朱海军,刘广勤,生静雅,等.促进薄壳山核桃种子萌发研究进展[J].江苏农业科学,2011,39(4):233-236.
- [13] 贾晓东,刘永芝,翟敏,等.薄壳山核桃山地嫁接与栽培技术[J].北方园艺,2018(8):195-197.
- [14] 黄有军,王正加,郑炳松,等.植物生长调节剂对薄壳山核桃硬枝扦插生根的影响[J].西南林业大学学报,2006,26(5):42-44,49.
- [15] 姜宗庆,李成忠,余乐,等.不同层积处理对薄壳山核桃种子发芽的调控效应[J].江苏农业科学,2018,46(18):150-152.
- [16] 李俊南,李莲芳,熊新武,等.薄壳山核桃无性繁殖技术研究进展[J].安徽农业科学,2012,40(33):16226-16228.
- [17] 朱海军,徐奎源,刘广勤,等.美国薄壳山核桃设施育苗技术[J].浙江林业科技,2010,30(3):75-78.
- [18] 呼延丽,石文革,张荣贵.温度和湿度对薄壳山核桃嫁接成活率的影响[J].林业科技通讯,2017(11):33-35.
- [19] 刘雨,常君,任华东,等.薄壳山核桃雌花发育的解剖学研究[J].西南大学学报(自然科学版),2018,40(6):32-37.
- [20] 张瑞,李洋,梁有旺,等.薄壳山核桃花粉离体萌发和花粉管生长特性研究[J].西北植物学报,2013,33(9):1916-1922.
- [21] 陈芬,姚小华,高焕章,等.薄壳山核桃不同无性系开花物候特性观测和比较[J].林业科学研究,2015,28(2):209-216.
- [22] 左继林,张时煌.赣选美国薄壳山核桃幼树年生长节律[J].江西农业学报,2013,25(12):44-46,52.
- [23] 贾晓东,罗会婷,翟敏,等.‘波尼’薄壳山核桃果实发育动态分析[J].果树学报,2015,32(2):247-253.
- [24] 张连翔,刘学增.逻辑斯蒂曲线上两个重要特征点的分析及其在应用[J].河北林学院学报,1992,7(2):154-158.
- [25] 唐启义.DPS 数据处理系统[M].2 版.北京:科学出版社,2010:846

(上接第 114 页)

势变强、果实重量变大等明显超亲优势,在品种改良或创制等方面具有广泛的应用前景。

参考文献

- [1] 熊海波,许红云,徐群,等.水稻亚种间、品种间杂交揭示杂草稻的起源和进化[J].分子植物育种,2012,10(2):131-139.
- [2] 袁汉民,杨欣明,张富国,等.利用普通小麦与近缘属间的复合杂交创造小麦新种质[J].植物遗传资源学报,2004,5(4):320-323.
- [3] 何丽,孙万仓,刘自刚,等.白菜型冬油菜与芥菜型油菜远缘杂交亲和性分析[J].西北农业学报,2013,22(3):64-69.
- [4] 李锡香,朱德蔚.南瓜种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2007.
- [5] 程永安,张慧恩,许忠民,等.印度南瓜与中国南瓜有性杂交亲和性研究[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2002,28(4):343-344.
- [6] ZHANG Q, YU E D, MEDINA A. Development of advanced interspecific-bridge lines among *Cucurbita pepo*, *C. maxima*, *C. moschata* [J]. HortScience, 2012, 47(4):452-458.
- [7] 姬青云.印度南瓜与中国南瓜人工杂交制种技术[J].中国种业,2005(3):51-52.
- [8] 王迎儿,应泉盛,古斌权,等.南瓜类型砧木新品种‘甬砧 8 号’的选育[J].中国瓜菜,2017,30(9):28-30.
- [9] 张富仙,章心惠,陈润兴,等.美洲南瓜与印度南瓜远缘杂交亲和性研究[J].浙江农业学报,2010,22(1):25-29.
- [10] RAKHA M T, METWALLY E I, MOUSTAFA S A, et al. Production of *Cucurbita* interspecific hybrids through cross pollination and embryo rescue technique[J]. Word applied sciences journal, 2012, 20(10):1366-1370.

- [11] 李丙东,刘宜生,王长林.南瓜属蔬菜生物学基础研究概况及育种进展[J].中国蔬菜,1996(6):48-50.
- [12] 蒋宇,李海涛,刘爱群.中国南瓜和印度南瓜远缘杂交亲和性与生理生化变化的研究[J].东北农业大学学报,2009,40(8):23-27.
- [13] 刘小俊,李跃建,张知仪,等.南瓜丛生性状的种间转育研究初报[J].西南农业学报,2009,22(1):130-132.
- [14] DE OLIVEIRA A C B, MALUF W R, PINTO J E B P, et al. Resistance to papaya ringspot virus in summer squash *Cucurbita pepo* L. introgressed from an interspecific *C. pepo* × *C. moschata* cross [J]. Euphytica, 2003, 132:211-215.
- [15] IVANČIĆ A, SISKÓ M, BOHANCE B, et al. Morpho-agronomic characteristics of the interspecific hybrid *Cucurbita ficifolia* × *C. maxima* [J]. Agricultura, 2004(3):1-5.
- [16] SAROWAR S, OH H Y, HYUNG N I, et al. *In vitro* micropropagation of a *Cucurbita* interspecific hybrid cultivar—A root stock plant [J]. Plant cell, tissue and organ culture, 2003, 75:179-182.
- [17] KARAAGAC O, BALKAYA A. Interspecific hybridization and hybrid seed yield of winter squash (*Cucurbita maxima* Duch.) and pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) lines for rootstock breeding [J]. Scientia horticulturae, 2013, 149:9-12.
- [18] ROBINSON R W. Barriers to gene transfer in an interspecific *Cucurbita* cross [J]. HortScience, 1997, 32(3):495.
- [19] URETSKY J. Development and evaluation of interspecific *Cucurbita maxima* × *Cucurbita moschata* hybrid for processing squash [D]. Durham: University of New Hampshire, 2012.
- [20] 马海龙,智海英,岳青.黑籽南瓜种间杂交研究[J].中国农学通报,2011,27(19):176-180.