

南瓜种间杂交后代主要表型性状的遗传变化分析

刘文君¹, 周建辉¹, 陈宝玲¹, 张曼^{1*}, 范爱丽¹, 高忠奎², 黄凤婵¹

(1. 广西农业科学院蔬菜研究所, 广西南宁 530007; 2. 广西农业科学院科研基地管理处, 广西南宁 530007)

摘要 以不同表型的4个印度南瓜自交系为母本,依次与不同表型的2个中国南瓜自交系杂交,分析种间杂交后代叶形、茎粗、节间长度、果形、果实皮色、果重等主要表型性状的遗传变化,探讨种间杂交在杂种优势利用和优异性状基因跨种转移的应用潜力。试验结果表明,不同杂交组合的亲性和性存在明显差异,种间杂交存在不亲和性,印度南瓜自交系Y15与中国南瓜杂交的亲性和性高于其他印度南瓜亲本材料;杂种F₁植株表现出叶片变大、节间变长和单瓜重变大的超亲趋势;杂种F₁植株和果实外观兼容了双亲的形态特征,叶上白斑、叶色接近中国南瓜亲本,果实形状及皮色接近印度南瓜亲本。选择亲和性高的亲本材料是杂交成功的关键,杂种后代具有明显的杂种优势,在性状改良和品种创制方面具有重要的应用价值。

关键词 种间杂交;中国南瓜;印度南瓜;表型性状

中图分类号 S642.1 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)22-0110-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.22.029



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Analysis on Genetic Change of Main Phenotypic Characters in the Interspecific Hybrid *Cucurbita maxima* D. × *Cucurbita moschata* D.
LIU Wen-jun, ZHOU Jian-hui, CHEN Bao-ling et al (Vegetable Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning, Guangxi 530007)

Abstract Four inbred lines of *Cucurbita maxima* D. with different phenotypes were used as female parents to cross with 2 *Cucurbita moschata* D. inbred lines with different phenotypes. To analyze the genetic changes of main phenotypic traits such as leaf shape, stem thickness, internode length, fruit shape, fruit skin color, fruit weight, etc. of the offspring of interspecific hybrids, and to explore the application of interspecific hybrids in the utilization of heterosis and the potential of application of cross species transfer of excellent characters. The results showed that there were significant differences in compatibility among different cross combinations, and there was incompatibility in interspecific hybridization. The compatibility of inbred line Y15 of *C. maxima* was higher than that of other *C. moschata* parents. The hybrid F₁ plants showed the trend of larger leaves, longer internodes and larger single melon weight. The plant and fruit appearance of hybrid F₁ were compatible with the morphological characteristics of their parents, the white spot and leaf color on the leaves were close to *C. moschata* parents, and the fruit shape and skin color were close to *C. maxima* parents. Therefore, selecting parental materials with high compatibility is the key to successful hybridization. The offspring of hybrids have obvious heterosis and have important application value in character improvement and variety creation.

Key words Interspecific hybridization; *C. moschata* D.; *C. maxima* D.; Phenotypic character

种间杂交(interspecific hybridization)实现了同属内不同种之间基因的相互交流,在农作物品种改良和新种质创制过程中发挥着重要作用,已广泛应用于水稻、小麦和十字花科蔬菜等作物^[1-3]。葫芦科(Cucurbitaceae)南瓜属(*Cucurbita*)作物种质资源丰富,类型多样,不同种的特征特性差异显著,如野生种抗性强、食用性差,中国南瓜(*C. moschata* D.)抗性较强、适应性广,印度南瓜(*C. maxima* D.)品质优良,但抗病性差^[4-6]。通过种间杂交方法可以实现优异性状基因的跨种转移,从而达到种质创制和品种改良的目的。此外,通常印度南瓜和中国南瓜杂交后代具有明显的杂种优势,适合用作瓜类蔬菜嫁接砧木^[7-8]。种间杂交具有重要的育种价值,科学家们从20世纪60年代开始针对南瓜种间杂交亲和性和优异性状基因转移等内容开展研究工作,结果表明南瓜种间杂交存在不亲和性,主要表现为杂交坐果率低、可育种子数少、杂交后代雄花败育^[5,9],栽培种间的杂交较野生种和栽培种的杂交易取得成功,但是不同栽培种间杂交的亲性和性存在差异,如中国南瓜与印度南瓜或美洲南瓜杂交的亲性和性较高,而印度南瓜和美洲南瓜的亲性和性相对较差^[10],不同亲本

选配方式也存在亲和性差异,如中国南瓜和印度南瓜杂交时,印度南瓜更适合用作母本^[11-12]。在性状转移方面,刘小俊等^[13]将丛生性状从中国南瓜转入印度南瓜,De等^[14]成功将中国南瓜PRSV抗性基因渗入到美洲南瓜。由此可见,通过种间杂交实现优良基因的跨种转移是切实可行的,选择优异的亲本材料和适合的杂交配组方式是成功的关键。试验在获得高抗、优质、多样性自交系材料的基础上,选择以印度南瓜为母本、中国南瓜为父本的杂交配组方式,筛选杂交亲和性较高的亲本材料,系统性分析杂交过程中叶片、主蔓和果实等主要表型性状遗传变化规律,探讨杂交F₁代的杂种优势及其应用潜力。

1 材料与方法

1.1 材料 6个亲本材料均为本课题组采用系谱选择法获得的高代自交系,Y3、Y15、Y28和Y32为印度南瓜自交系,果实均为扁圆形;G11和G36为中国南瓜自交系,其中G11果实长棒状,G35果实扁圆形。

1.2 方法 试验在广西农业科学院蔬菜研究所试验基地大棚内进行。2018年秋进行亲本的杂交试验,以4个印度南瓜自交系为母本,依次与2个中国南瓜自交系进行杂交,统计坐果率、果腔内种子数和种子发芽率等亲和性指标。2019年春、秋进行种间杂交主要表型性状的遗传规律分析。春茬2月4日播种,秋茬8月26日播种,叶片大小、茎粗、节间长度、果形指数、白粉病抗性等指标参照李锡香等^[4]方法测定。

基金项目 广西创新驱动发展专项资金项目(桂科AA17204026);广西自然科学基金项目(2017GXNSFAA198219)。

作者简介 刘文君(1980—),男,山西朔州人,副研究员,硕士,从事南瓜育种与分子生物学研究。*通信作者,研究员,从事瓜类蔬菜育种与栽培研究。

收稿日期 2020-05-09

1.3 统计分析 利用 Excel 进行基础数据处理,利用 DPS 软件进行数据方差分析,利用 GraphPad Prism 软件制图。

2 结果与分析

2.1 杂交亲和性 由表 1 可知,不同材料和配组方式的杂交亲和性存在显著差异,表现在杂交坐果率、果实内种子数、种子发芽率和单瓜可育种子数差异显著,同时表明种间杂交存

在不亲和障碍,如配组方式 Y3×G11、Y28×G36、Y32×G11 杂交后可以座果,但是果实内种子数或种子发芽率为 0,无法获得杂交 F₁ 代植株。Y15 与中国南瓜杂交的亲性和性高于其他印度南瓜自交系,与 G11 和 G36 杂交后,单瓜获得可育种子 15.9 粒和 20.9 粒。

表 1 不同亲本杂交亲和性

Table 1 Cross compatibility of different parents

母本 Female parent	父本 Male parent	杂交坐果率 Hybrid fruit setting rate//%	单瓜果腔内种子数 Number of seeds in the single fruit//粒	种子发芽率 Seed germination rate//%	单瓜可育种子数 Number of fertile seeds in the single fruit//粒
Y3	G11	42.8 cB	0 eD	0 eE	0 dD
	G36	57.1 bA	24 cC	15.9 cC	3.7 cC
Y15	G11	66.6 aA	60 aA	26.8 bB	15.9 bB
	G36	60.0 abA	39 bB	54.2 aA	20.9 aA
Y28	G11	21.4 dC	19 cdC	7.1 dD	1.3 dCD
	G36	14.2 deC	0 eD	0 eE	0 dD
Y32	G11	15.2 deC	25 cC	0 eE	0 dD
	G36	12.5 eC	16 dC	8.3 eE	1.3 dCD

注:同列数据后小写字母不同表示差异显著($P<0.05$),同列数据后大写字母不同表示差异极显著($P<0.01$)

Note: Different small letters within the same column indicated significant differences ($P<0.05$), different capital letters within the same column showed extremely significant differences ($P<0.01$)

2.2 叶片性状的遗传变化

2.2.1 叶上白色斑纹和叶色。由图 1 可知,印度南瓜和中国南瓜叶上白色斑纹、叶色性状存在明显差异,印度南瓜亲本 Y3、Y15、Y28 和 Y32 叶上无白色斑纹,幼苗基部叶色呈黄绿色;中国南瓜亲本 G11 和 G36 叶上沿叶脉延伸方向有明显白色斑纹,幼苗基部叶色呈深绿色。以印度南瓜为母本,依次与中国杂交后,获得 5 个杂交组合的 F₁ 代植株叶上白斑和叶色性状均偏向于中国南瓜亲本,叶上白斑明显,幼苗基部叶色呈深绿色。据此推断,叶上有白色斑纹和叶色深绿相对于叶上无白斑和叶色黄绿色为显性性状。

2.2.2 叶片大小。由图 2、3 可知,杂种 F₁ 代较双亲在叶片长度、叶片宽度方面均发生了不同程度的变化。所有组合 F₁ 代植株叶片长度较均双亲呈变大趋势。经方差分析,差异均达到极显著水平,其中组合 Y28×G11 的变化趋势最大,F₁ 代植株叶片长度较 Y28 增加 95.06%,组合 Y15×G36 的变化趋势最小,F₁ 代植株叶片长度较 Y15 增加 27.54%。F₁ 代植株叶片总体表现变宽趋势,不同组合的变化程度各不相同,组合 Y32×G36 的 F₁ 叶片宽度较双亲差异达到极显著水平;组合 Y3×G36 的 F₁ 叶片宽度较双亲差异达到显著水平;组合 Y15×G36 和 Y28×G11 的 F₁ 代与叶片宽度较小亲本差异均达到极显著水平,而与叶片宽度较大亲本差异不显著;组合 Y28×G11 的 F₁ 叶片宽度呈增加趋势,但与亲本差异不显著。由此可见,杂种 F₁ 植株叶片长度较双亲呈明显的增大趋势,而叶片宽度较双亲显著增加或变化不显著,杂种 F₁ 的叶片大小总体呈现增加趋势。

2.3 主蔓性状的遗传变化

2.3.1 主蔓粗度。由图 4 可知,所有组合杂种 F₁ 代植株的主蔓粗度均介于双亲之间,更接近粗度较小的亲本,如组合

Y3×G36、Y15×G11、Y15×G36、Y32×G36 杂种 F₁ 代主蔓粗度与较小粗度亲本的差异均未达到显著水平。

2.3.2 节间长度。由图 5 可知,所有组合 F₁ 代植株的节间长度均较双亲呈增长趋势,差异均达到极显著水平,组合 Y28×G11 增长趋势最为明显,F₁ 代较 Y28 节间长度增加 96.87%,组合 Y3×G36 的 F₁ 节间长度增加最小,较 G36 增加 32.94%。

2.4 果实性状

2.4.1 老熟瓜皮色。由图 6 可知,Y3 老熟瓜皮呈深绿色带纵向白色放射状条纹,Y15 老熟瓜皮呈橙红色带大量疑似白色斑纹,Y28 老熟瓜皮呈橙红色带纵向白色放射状条纹,Y32 老熟瓜皮呈灰绿色带大量绿色斑点,G11 老熟瓜皮呈橙黄色无斑纹或斑点,G36 老熟瓜皮呈橙黄色披蜡质,种间杂交后老熟瓜皮色变化较为复杂,不完全符合显隐性基因控制的质量性状遗传规律,如组合 Y32×G36,杂种 F₁ 代老熟瓜皮色呈现与双亲皮色不相同的深绿色,组合 Y3×G36 的 F₁ 代老熟瓜皮色呈深绿色,接近母本 Y3 皮色,组合 Y15×G11、Y15×G36 和 Y28×G11 的 F₁ 代老熟瓜皮色呈橙黄色,接近母本 Y15 或 Y28 皮色。由此推测,种间杂交 F₁ 代的老熟瓜皮色更接近印度南瓜亲本材料,其皮色遗传规律较为复杂,或与印度南瓜老熟瓜皮色多样及皮色遗传复杂有关。另外,由图 6 可知,组合 Y3×G36、Y28×G11 的 F₁ 老熟瓜表皮无纵向条纹,由此推测,老熟瓜表皮无条纹相对于有条纹为显性性状。

2.4.2 果实形状。印度南瓜 Y3、Y15、Y28 和 Y32 果实均为扁圆形,果形指数依次为 0.660、0.739、0.730 和 0.677;中国南瓜 G11 果实长棒形,果形指数 3.645,中国南瓜 G36 果实磨盘形,果形指数 0.413。由图 7 可知,所有组合杂种 F₁ 代的果形指数均介于双亲之间,而更接近于印度南瓜亲本,如组合

Y15×G11、Y28×G11 的 F₁ 代果形指数介于双亲之间,分别为 0.972 和 1.098,与 G11 果形指数的差异达到极显著水平,与 Y15、Y28 果形指数的差异不显著;组合 Y3×G36、Y15×G36 和

Y32×G36 的 F₁ 代果形指数分别为 0.635、0.658 和 0.591,与 G36 的差异均达到极显著水平,与 Y3、Y15、Y32 差异不显著或达到显著水平。

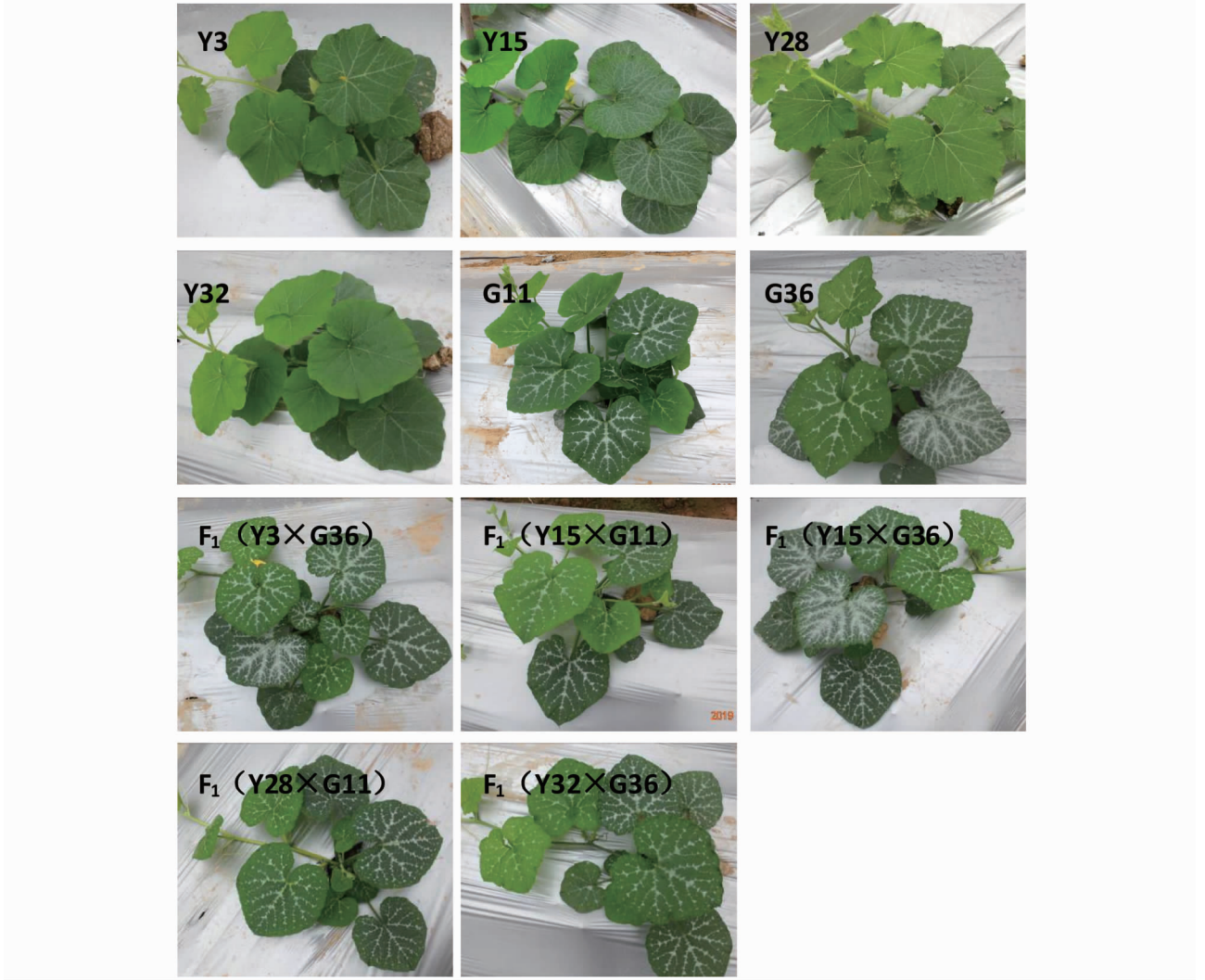
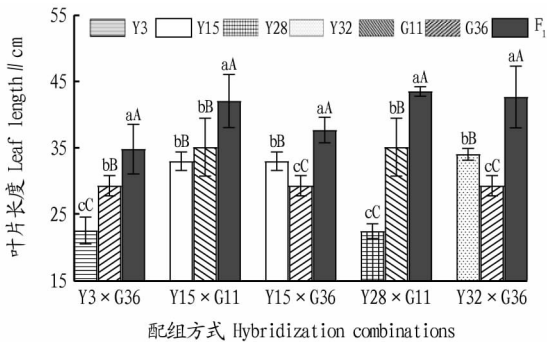


图1 杂交后代叶上白斑和叶色的遗传变化

Fig.1 Genetic change of white spot and leaf color in the hybridization

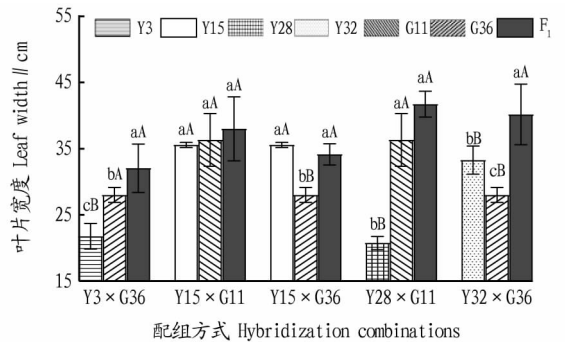


注:不同大写字母表示差异达到极显著水平 ($P < 0.01$),不同小写字母表示差异达到显著水平 ($P < 0.05$)

Note: Different uppercase letters represented extremely significant difference ($P < 0.01$), and different lowercase letters represented significant difference ($P < 0.05$)

图2 叶长的遗传变化

Fig.2 The genetic change of leaf length

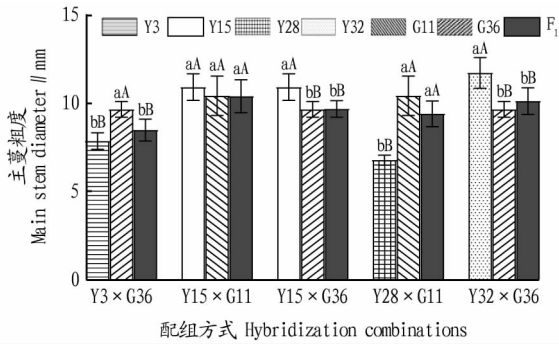


注:不同大写字母表示差异达到极显著水平 ($P < 0.01$),不同小写字母表示差异达到显著水平 ($P < 0.05$)

Note: Different uppercase letters represented extremely significant difference ($P < 0.01$), and different lowercase letters represented significant difference ($P < 0.05$)

图3 叶宽的遗传变化

Fig.3 The genetic change of leaf width

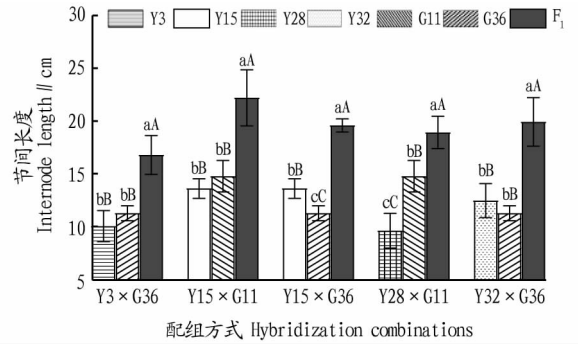


注:不同大写字母表示差异达到极显著水平($P < 0.01$),不同小写字母表示差异达到显著水平($P < 0.05$)

Note: Different uppercase letters represented extremely significant difference ($P < 0.01$), and different lowercase letters represented significant difference ($P < 0.05$)

图 4 茎粗的遗传变化

Fig.4 The genetic change of main stem diameter



注:不同大写字母表示差异达到极显著水平($P < 0.01$),不同小写字母表示差异达到显著水平($P < 0.05$)

Note: Different uppercase letters represented extremely significant difference ($P < 0.01$), and different lowercase letters represented significant difference ($P < 0.05$)

图 5 节间长度的遗传变化

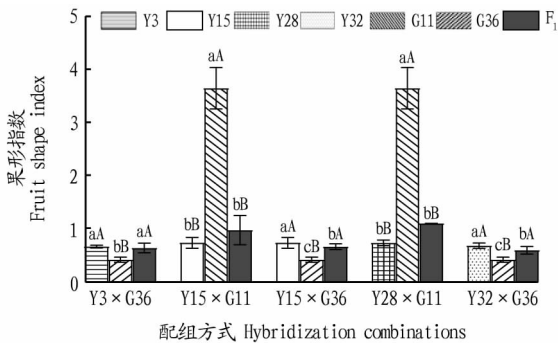
Fig.5 The genetic change of internode length



图 6 南瓜种间杂交过程中果形和皮色的遗传变化

Fig.6 Genetic change of fruit shape and skin color in the interspecific hybridization process of pumpkin

2.4.3 果实重量。由图 8 可知,杂交 F_1 代果实重量总体呈现增加趋势,组合 Y3×G36、Y15×G36 和 Y32×G36 的 F_1 代果实重量较双亲差异达到极显著水平,但是随着双亲果实重量差距逐渐增加,杂种 F_1 代果实重量增加趋势逐渐降低,如 Y15 与 G11 单瓜重差距为 0.71 kg,其杂种 F_1 代果实重量呈增加趋势,但是与亲本 G11 差异未达到显著水平,当 Y28 和 G11 果实重量差距达 1.56 kg 时,其杂种 F_1 代果实重量介于双亲之间,显著低于 G11 的果实重量。由此可见,种间杂交 F_1 代果实重量总体呈现超亲遗传优势,种间杂交是提高果实重量的有效方法,但是随着双亲差距的逐渐增大,超亲优势逐渐减弱。

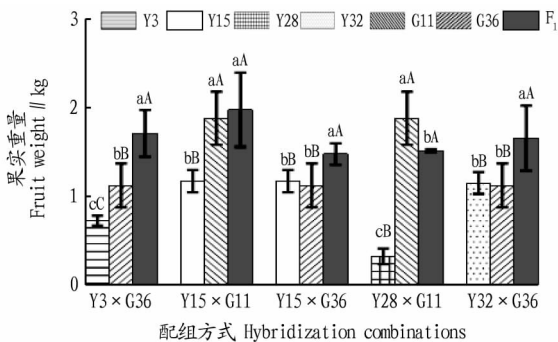


注:不同大写字母表示差异达到极显著水平($P<0.01$),不同小写字母表示差异达到显著水平($P<0.05$)

Note: Different uppercase letters represented extremely significant difference ($P<0.01$), and different lowercase letters represented significant difference ($P<0.05$)

图 7 印度南瓜与中国南瓜杂交过程中果形指数的遗传变化

Fig.7 Genetic change of fruit shape index in the hybridization process between indian and chinese pumpkins



注:不同大写字母表示差异达到极显著水平($P<0.01$),不同小写字母表示差异达到显著水平($P<0.05$)

Note: Different uppercase letters represented extremely significant difference ($P<0.01$), and different lowercase letters represented significant difference ($P<0.05$)

图 8 果实重量的遗传变化

Fig.8 Genetic change of fruit weight

3 讨论

种间杂交是一种常用的品种选育方法,可以打破种间生殖隔离,实现不同种属间基因相互交流,达到种质创制和品种改良的目的,在农作物品种选育过程中发挥出越来越重要的作用。印度南瓜和中国南瓜是南瓜属中 2 个最具经济价

值的栽培种,两者在植株形态、品质和抗性等性状方面存在较大差别,杂交存在不亲和性,天然杂交成功率很低。通过人工选择性的杂交可以实现基因的相互渗透,从而达到品种改良或提升的作用。通常种间杂交后代具有明显的杂种优势,livancle等^[15]研究表明,印度南瓜和中国南瓜杂交后代表现出持续开花能力强、耐低温能力增强和根系旺盛等杂种优势。该研究结果表明,印度南瓜和中国南瓜杂交后表现出明显的杂种优势,如叶片变大、节间变长、生长势变强和单瓜重变大等。2019 年秋茬露地栽培时,印度南瓜感病严重而提早死亡,中国南瓜发病较轻但开花座果受阻,杂交 F_1 代可正常生长和座果。印度南瓜和中国南瓜的杂种优势还被广泛应用于西瓜、黄瓜和甜瓜等蔬菜嫁接砧木选育,以提高植株对土传性病害的抵抗能力^[16-17]。

南瓜种间杂交的不亲和性主要表现为杂交坐果率低、果腔内种子数少、种子成苗率低和后代雄花败育^[18]。该试验研究结果表明,印度南瓜和中国南瓜杂交不亲和性主要表现为可育种子数少和杂交后代雄花败育,这与程永安等^[5]的研究结果一致,且不同杂交组合的亲亲和性存在差异,如 Y3 与 G11 杂交可正常坐果,但是果腔内可育种子数为 0, Y15 与 G11、G36 的杂交亲和性高于其他印度南瓜亲本材料,平均单瓜可获得可育种子 15.9 粒和 20.9 粒。由此表明,印度南瓜为母本与中国南瓜杂交的亲亲和性与母本基因型密切相关,这与 Uretsky 等^[19]的研究结果一致,因此选择适宜的亲本是提高杂交成功率的关键。另外,杂交 F_1 代植株雄花败育,自交困难,但是用印度南瓜花粉连续回交后,育性可回复,且对中国南瓜和印度南瓜兼有良好亲和性,可以用作“桥梁种”实现优异基因的种间交流^[6,17]。

不同南瓜栽培种之间存在明显的形态差异,研究形态性状的遗传变化对于鉴定杂种真实性和开展性状关联标记开发具有重要意义,针对南瓜种间杂交形态性状遗传的相关报道较少。马海龙等^[20]研究表明,中国南瓜与黑籽南瓜的杂交 F_1 代总体表现中间型,主蔓长度和叶片形状介于双亲之间,生长势、分枝性、叶片颜色、卷须形态、果实形状、果肉质地和颜色等性状居而更倾向于黑籽南瓜,病虫害抗性更倾向于中国南瓜;livancle等^[15]研究表明,黑籽南瓜和印度南瓜杂交后 F_1 代的大部分性状介于双亲之间,果实形状更接近印度南瓜,叶片裂刻、果肉颜色更接近黑籽南瓜,其中叶片边缘、果实形状、皮色颜色和果柄形状与亲本有明显差别,可以作为鉴定 F_1 代真实性的依据。该研究结果表明,印度南瓜与中国南瓜杂交之后, F_1 代植株叶片白斑、节间长度等表型特征明显区别于印度南瓜,而果实性状明显区别于中国南瓜亲本,据此可以鉴定杂种的真实性。

4 结论

印度南瓜和中国南瓜杂种 F_1 代植株外观形态兼容了双亲特性,叶上白斑和叶色偏向于中国南瓜,果实形状、皮色偏向于印度南瓜,根据 F_1 表型性状的变化可以鉴别杂种的真实性。杂种 F_1 代植株表现出叶片变大、主蔓节间变长、生长

(下转第 135 页)

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.