

栽培茄与水茄远缘杂交 F_1 植物学性状及不育性分析

王益奎^{1, 3, 4} 王红^{1, 2} 王艳娜^{1, 2} 李文嘉^{1*} 蒋雅琴¹ 黎炎¹

(¹广西农业科学院蔬菜研究所, 广西南宁 530007; ²广西大学农学院, 广西南宁 530004; ³广西作物遗传改良生物技术重点开放实验室, 广西南宁 530007; ⁴华南农业大学园艺学院, 广东广州 510642)

摘要: 以栽培茄 116、117 与野生水茄的杂交后代 F_1 为材料, 对其进行形态学分析和不育性研究。结果表明: F_1 多数形态特征偏向野生亲本水茄, 并且表现为不育。通过对 F_1 花粉形态、数量以及活性分析得出, 其败育主要表现在花粉畸形且活力为零, 花瓣不能正常开放。同时试验通过对水茄和栽培茄与杂交后代 F_1 进行回交, 然后对授粉后 1~6 d 柱头进行荧光染色分析, 发现父母本花粉与杂交后代 F_1 柱头不亲和, 不能完成正常的授粉受精。

关键词: 茄子; 远缘杂交; 不育

茄子 (*Solanum melongena* L.) 在我国各地广泛栽培, 栽培面积达 80.13 万 hm^2 , 占世界总面积的 43.2%, 年总产量 2 882.5 万 t, 占世界的 59.5% (FAO, 2012)。茄子在栽培中易遭受黄萎病、青枯病、褐纹病等病害侵袭, 发病严重时造成产量和品质大幅下降 (魏小伞, 2010)。目前大多通过嫁接和喷施农药等方法防治病害, 但是这些方法都不能从根本上解决问题, 培育抗病品种是解决当前茄子生产问题的根本方法。

通过种、属间远缘杂交, 将一些野生茄子的抗病性状导入栽培种中是品种改良和种质创新的重要手段之一。宋学峰等 (1996) 将 *Solanum aethiopicum* 与 *S. melongena* 杂交, 结果发现 F_1 不育; Bletsos 等 (1998) 将 Langada 与 *Solanum torvum* 进行杂交, 并用 Langada 作回交父本, 虽然得到果实, 但是种子不能萌发。曹必好等 (2010) 利用栽培茄

与野生茄 (*Solanum torvum*) 的种间杂种为供体, 以两个栽培茄的自交系为轮回亲本进行多代回交, 得到 2 个导入系 BILR-1、BILR-2, 该材料对青枯病表现为抗性, 但是并未探明是否将抗黄萎病基因转移到栽培种中; 庄勇和王述彬 (2011) 利用非洲红茄与栽培茄进行杂交, 发现杂种的植物学特征性状大多表现偏向于非洲红茄, 同样育性很低。通过杂交获得了一些具有抗性的中间材料, 但是种间杂种后代多为不育的或部分可育, 并且对杂种后代不育现象并没有过多的研究, 对于杂种的后续利用研究也鲜见报道。水茄 (*Solanum torvum*) 具有抗黄萎病、青枯病和根结线虫的优良基因 (Adeniji et al., 2012; Prohens et al., 2013), 并且 Jaiki (2007) 研究认为栽培茄与水茄种间杂交存在单向杂交障碍, 用栽培茄作母本比较容易获得杂交后代, 根据上述情况, 本试验将栽培种不同品系茄子与水茄进行杂交, 得到 116×水茄、117×水茄, 对 F_1 进行形态学、花粉量、花粉活力以及花粉与柱头的相互作用等方面进行研究, 以期茄子抗病育种提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

栽培茄自交系 116, 果实短小, 黑色, 株

王益奎, 副研究员, 专业方向: 蔬菜种质资源创新与遗传育种, E-mail: ykwang@gxaas.net

* 通讯作者 (Corresponding author): 李文嘉, 女, 研究员, 硕士生导师, 专业方向: 蔬菜新品种选育与推广, E-mail: lwj@gxaas.net

收稿日期: 2014-03-02; 接受日期: 2014-05-09

基金项目: 国家农转资金项目 (2013GB2E100381), 广西科技计划项目 (桂科条计 37-24-37), 国家现代农业产业技术体系广西大宗蔬菜创新团队项目 (nycytxgxcxtid-03-10), 广西农业科学院基本科研业务专项 (桂农科 2013YM04)

高 65.5 cm; 自交系 117 为长棒形黑紫长茄, 株高 70.2 cm。两份材料均由广西农业科学院蔬菜研究所纯化保存。野生茄: 水茄, 采至广西南宁青秀区长塘镇路边野生水茄。F₁: 116×水茄、117×水茄。

1.2 试验方法

1.2.1 形态学鉴定 将父母本和 F₁ 定植于大田中, 参照《茄子种质资源描述规范和数据标准》(李锡香等, 2006) 关于茄子的农艺性状描述, 选取生长状况一致的材料, 使用游标卡尺、直尺和天平等测量工具, 对其株高、叶片、花序和果实进行调查, 记录数据并取平均值。

1.2.2 花粉数量的测定方法 选取花药尚未开裂的花蕾固定于 FAA 固定液中, 实验室内取单花的全部花药用 1 mol·L⁻¹ HCl (60 °C, 15 min) 水解去除药壁, 定容为 50 mL 花粉粒悬浮液, 用微升吸管吸取 5 μL 悬浮液于显微镜下观察统计花粉量, 计算单花花粉量, 10 次重复。

1.2.3 花粉活力的检测 花粉发芽培养基的配制根据姚元千和杨建国 (1993) 的方法稍作改动: 100 mg 硼酸 H₃BO₃, 10 g 蔗糖, 用蒸馏水定容于 100 mL 容量瓶中。把配制的培养基放于 4 °C 的冰箱中待用。于测定的当天 8:00~9:00 采集当天开放的花朵。用镊子取花朵, 置于干净器皿中, 做好标

记, 带回实验室进行花粉萌发率试验。吸取 2 滴花粉培养基滴于玻片凹槽内, 把花粉轻轻抖落于培养基上, 做好标记。将制作好的玻片置于铺有湿润吸水纸的培养皿中在 25 °C 的恒温箱中培养 2 h。在显微镜下观察花粉发芽情况。

1.2.4 柱头与花粉的相互作用 将父母本花粉分别授到 F₁ 的柱头上, 在授粉 1、2、3、4、5、6 d 后, 各处理分别采集 5 朵花用 FAA 固定液固定 24 h 以上。然后用蒸馏水洗净, 用 2 mol·L⁻¹ 的 NaOH 浸泡, 60 °C 水浴 12 h。取出用蒸馏水清洗, 再用 0.1% 的苯胺蓝溶液 (用 2% 的 K₃PO₄ 进行配制) 染色 4 h, 然后进行压片, 用 80% 的甘油进行封片, 置于显微镜 WU 下观察。

2 结果与分析

2.1 形态学分析

将 116×水茄、117×水茄分别与其父母本进行形态学对比, 观察到 F₁ 植株生长势强, 根系发达, 茎粗壮, 分蘖力强, 叶片远大于父母本。株高、株型、茎茸毛以及果实大小偏向于父本水茄, 叶色、叶脉色以及花色则偏向于母本。并且在抗病性方面明显优于栽培种, 但是 F₁ 结果量极少, 且果实内无种子 (表 1), 并且在花朵开放过程中, 花瓣黏在一起, 不能完全分开, 极易脱落。

表 1 F₁ 与其父母本形态学比较

性状	下胚轴颜色	株高/cm	开展度/cm	茎茸毛	叶色	叶脉色	叶形	叶刺	叶长/cm	叶宽/cm	花冠色	花序	果形	商品果色	花粉量
116×水茄	紫绿	343.5	458.2	密	深绿	浅紫	长卵圆	中	30.6	23.1	紫	全簇生	卵圆形	绿	少
116水茄	紫绿	65.5	70.0	稀	绿	紫	长卵圆	无	19.1	15.6	紫	多单生	线形	紫红	多
117水茄	绿	360.7	430.9	密	绿	绿	卵圆	少	18.1	16.3	白	全簇生	圆球形	绿	少
117	紫	70.2	50.8	稀	深绿	紫	长卵圆	无	18.8	11.9	紫	多单生	短羊角形	黑紫	多
117×水茄	紫	256.0	349.8	密	绿	浅紫	长卵圆	少	22.6	17.9	紫	全簇生	—	—	少

2.2 F₁ 育性的研究

2.2.1 花粉量的测定 通过对 F₁ 以及父母本的花粉量进行测定, 观察到 116×水茄的花粉量为 15 个·μL⁻¹, 母本 116 的花粉量为 78 个·μL⁻¹, 父本水茄的花粉量为 11 个·μL⁻¹, 117×水茄的花粉量为 12 个·μL⁻¹, 母本 117 的花粉量为 71 个·μL⁻¹, 由此可知 F₁ 花粉量与其父本极为相似, 花粉量极少, 并且 F₁ 花粉多为畸形, 花粉直径远小于父母本花粉 (图 1)。

2.2.2 花粉活力的检测 用父本水茄的花粉作为对

照, 采用花粉萌发的方法检测 F₁ 花粉的活力, 在液体培养基 25 °C 培养 3 h 后观察, 结果父本水茄花粉萌发正常, 能够清晰可见花粉管的萌发伸长, 而 F₁ 的花粉没有萌发, 说明 F₁ 的花粉是败育的 (图 2)。因此, 花粉量少、花粉不育是 F₁ 不育的重要原因。

2.2.3 柱头与花粉的相互作用 利用 ABF 法观察父母本花粉与 F₁ 回交后不同时间段的柱头以及子房, 通过荧光显微观察 (图 3、4), 父本水茄的花粉能够在 F₁ 柱头上正常萌发, 并且在授粉 2 d 后到达子房, 第 3 天就能到达胚珠, 但是花粉管并不进入胚

珠。图 5 表明，母本 116 与 117 的花粉在其 F_1 的柱头上花粉附着力比较差，并且萌发率很低，在授

粉 3~4 d 后才出现少量的花粉在柱头上萌发，并且不能伸入子房。同时观察到 F_1 的花在开放后 5~6

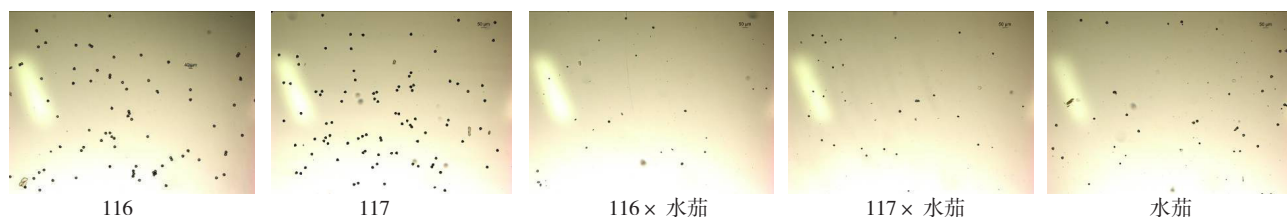


图 1 F_1 及其父母本花粉量比较 (10 μ L, 放大 50 倍)

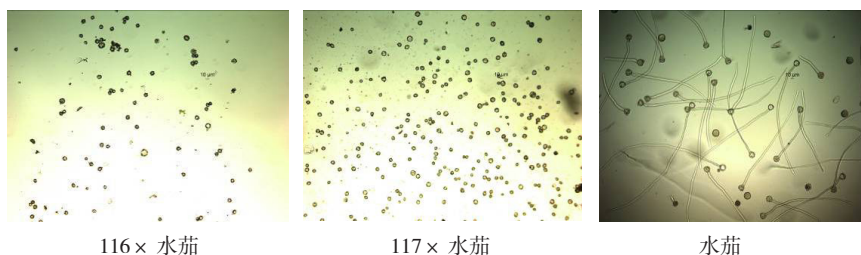


图 2 水茄及 F_1 花粉萌发状况

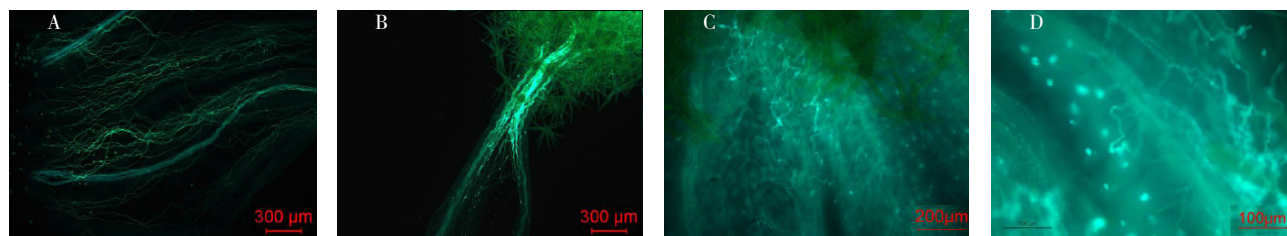


图 3 水茄花粉与种间杂种 F_1 (116 \times 水茄) 柱头的相互作用

A: F_1 (116 \times 水茄) 与水茄授粉 1 d 后花粉在柱头上很好萌发，未伸入到子房；B: F_1 (116 \times 水茄) 与水茄授粉 2 d 后花粉管伸入子房未到达胚珠；C: F_1 (116 \times 水茄) 与水茄授粉 3 d 后花粉管到达胚珠；D: 花粉管未能伸入胚珠完成授粉受精。

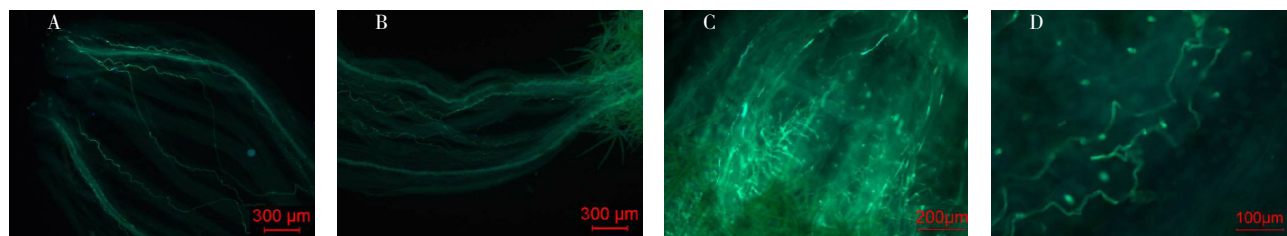


图 4 水茄花粉与种间杂种 F_1 (117 \times 水茄) 柱头的相互作用

A: F_1 (117 \times 水茄) 与水茄授粉 1 d 后花粉在柱头上开始萌发；B: F_1 (117 \times 水茄) 与水茄授粉 2 d 后花粉管未进入子房；C: F_1 (117 \times 水茄) 与水茄授粉 3 d 后花粉管进入子房；D: 花粉管未能伸入胚珠完成授粉受精。

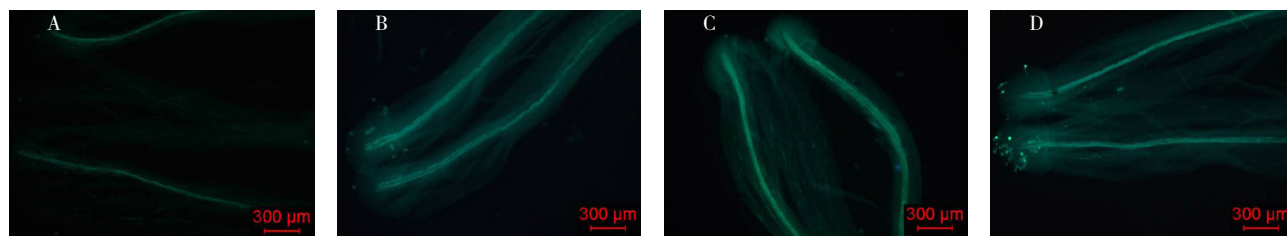


图 5 茄子栽培种花粉与种间杂种 F_1 柱头的相互作用

A: F_1 (116 \times 水茄) 与母本的花粉授粉 1 d 后花粉附着很少，无花粉萌发；B: F_1 (116 \times 水茄) 与母本花粉授粉 3 d 后有少量花粉在柱头上萌发，但不能伸入到柱头内；C: F_1 (117 \times 水茄) 与母本的花粉授粉 1 d 后花粉附着很少，无花粉萌发；D: F_1 (117 \times 水茄) 与母本花粉授粉 4 d 后有少量花粉在柱头上萌发，但不能伸入到柱头内。

d开始掉落,这与 F_1 不能正常授粉受精有很大的关系。

3 结论与讨论

通过试验,从形态学分析上得出,栽培茄×水茄种间杂种特征偏向于父本水茄,具体表现为植株的株高、叶刺、茎绒毛、果形、果色、花的着生状态以及花粉数量上与其父本水茄相似,仅在叶色、叶脉、叶形、花色上表现出母本栽培茄的特征,原因是野生性状多为显性,从而使 F_1 呈现较强的野生性状(柳李旺等,2004)。 F_1 幼果呈绿色,这与曹必好等(2009)获得 F_1 幼果呈紫绿色不同。在育性探究方面, F_1 是不育的,这与前人在栽培茄与水茄有性杂交(Mccarmon & Honma, 1983; Bletsos et al., 1998)或是细胞质融合杂交(Collonnier et al., 2003)中都发现 F_1 不育的结果是一致的。试验观察到 F_1 花粉量极少,花粉畸形,直径小于其父母本,并且没有活力,不能正常萌发,同时 F_1 花瓣不能正常开放,这是引起 F_1 不育的一个重要原因。通过研究父母本花粉与 F_1 柱头的相互作用发现,父本水茄的花粉能够在 F_1 柱头上正常萌发伸长,说明 F_1 的雌蕊是正常的,但是由于花粉管不能顺利到达胚珠完成授粉受精过程,得到的果实内无种子;将母本的花粉授到 F_1 的柱头上有少量花粉萌发,但是花粉管并不能伸长到柱头内。本试验发现父本水茄的花粉在其 F_1 柱头上萌发状况优于母本花粉在 F_1 柱头上的萌发状况,引起这种现象的原因还有待进一步研究。

在 F_1 的栽培过程中发现,虽然花的数量很大,但是在开花后4~6d就会在花柄处形成离层,轻触即落,落花现象非常严重,试验用父本的花粉进行授粉后,落花现象能够明显改善,所以推断 F_1 严重的落花现象与其不能正常的授粉受精是有很大的关系的。研究 F_1 育性的过程中,因为 F_1 雌蕊是正常的,笔者尝试将另外两个栽培茄品种01和156的花粉授到 F_1 的柱头上,1d后取下观察发现花粉管萌发的长度与水茄在 F_1 上萌发的长度接近,亲和性明显地高于其母本与 F_1 的亲和性,与父本类似,由此分析,在后续研究中可以将多种栽培茄的花粉授到 F_1 的柱头上,寻找出与 F_1 亲和的品种,从而产生后代恢复 F_1 的育性,

并且最终能将水茄的抗病性导入到栽培茄中,得到抗病性好、商品性优良的茄子品种。庄勇和王述彬(2011)研究非洲红茄与栽培茄的中间杂种育性时发现,持续回交是克服种间杂种不育的有效途径,通过大量回交能获得少量种子,并随着回交代数的增加,育性逐渐提高。后续试验可以将栽培茄与水茄的 F_1 进行大量的多代回交,以期能够克服不育。

参考文献

- 曹必好,雷建军,王勇,吕亚清,陈国菊. 2009. 栽培茄与野生茄种间杂交研究. 园艺学报, 36(2): 209-214.
- 曹必好,雷建军,陈国菊,陈清华,肖熙鸥. 2010. 茄子抗病导入系的抗青枯病性及GISH鉴定. 吉林蔬菜, (4): 25-27.
- 胡适宜. 1994. 检查花粉在柱头上萌发和花粉管在花柱中生长的制片法. 植物学通报, (11): 58-60.
- 李锡香,朱德蔚. 2006. 茄子种质资源描述规范和数据标准. 北京: 中国农业出版社: 8-38.
- 柳李旺,龚义勤,汪隆植,黄浩,曾晓萍,卢昆光. 2004. 栽培茄与红茄(*Solanum integrifolium*)种间杂交及其杂种的特性分析. 南京农业大学学报, 27(1): 6-10.
- 宋学锋,范双喜,欧阳新星. 1996. 栽培茄(*Solanum melongena* L.)和野生种远缘杂交后代的细胞学研究. 北京农学院学报, 11(1): 53-56.
- 王彦靖. 2011. 松嫩草地及澳大利亚主要豆科牧草生殖生态学研究[博士论文]. 长春: 东北师范大学.
- 姚元干,杨建国. 1993. 茄子新品种与优质高产栽培. 北京: 中国农业科学技术出版社: 17.
- 庄勇,王述彬. 2011. 非洲红茄与栽培茄种间杂种及其回交后代的鉴定. 江苏农业学报, 27(1): 137-140.
- Adeniji O T, Kusolwa P M, Reuben S. 2012. Genetic diversity among accessions of *Solanum aethiopicum* L. groups based on morpho-agronomic traits. Plant Genetic Resources-Characterization and Utilization, 10: 177-185.
- Bletsos F A, Roupakias D G, Tsaktsira M L, Bletsos F A, Roupakias D G, Tsaktsira M L, Scaltsoyjanis A B, Thanassouloupoulos C C. 1998. Interspecific hybrids between three eggplant (*Solanum melongena* L.) cultivars and two wild species (*Solanum torvum* Sw. and *Solanum sisymbriifolium* Lam.). Plant Breeding, 117(2): 159-164.
- Collonnier C, Fock I, Mariska I, Servaes A, Vedel F, Siljak-Yakovlev S, Souvannavong V, Sihachakr D. 2003. GISH confirmation of somatic hybrids between *Solanum melongena* and *S. torvum*: assessment of resistance to both fungal and bacterial wilts. Plant Physiology and Biochemistry, 41(5): 459-470.
- Dumas C, Knox R B. 1983. Callose and determination of pistil viability and incompatibility. Theor Appl Genet, 67: 1-10.

Jaiki M. 2007. Pollen-pistil interaction between eggplant (*Solanum melongena* L.) and the related wild species *Solanum torvum* Sw. Department of Tropical Agriculture and International Cooperation National Pingtung University of Science and Technology, (6): 35-56.

Mccammon K R, Honma S.1983. Morphological and cytological analyses of an interspecific hybrid eggplant, *S. melongena* × *S. torvum*.

HortScience, 16: 894-895.

Prohens J, Whitaker B D, Plazas M, Vilanova S, Hurtado M, Blasco M, Gramazio P, Stommel J R. 2013. Genetic diversity in morphological characters and phenolic acids content resulting from an interspecific cross between eggplant, *Solanum melongena*, and its wild ancestor (*S. incanum*). Annals of Applied Biology, 162: 242-257.

Morphological and Sterility Analysis of Distant Hybridization between Eggplant and *Solanum torvum*

(WANG Yi-kui^{1, 3, 4}, WANG Hong^{1, 2}, WANG Yan-na^{1, 2}, LI Wen-jia^{1*}, JIANG Ya-qin¹, LI Yan¹)

(¹ Institute of Vegetables, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, Guangxi, China; ² College of Agronomy, Guangxi University, Nanning 530004, Guangxi, China; ³ Key Laboratory of Crop Genetic Improvement Biotechnology of Guangxi Autonomous Region, Nanning 530007, Guangxi, China; ⁴ Horticulture College of South China Agricultural University, Guangzhou 510642, Guangxi, China)

Abstract: Taking F₁ hybrid seed gained from crossing cultivated species 116, 117 with *Solanum torvum* as experimental material, we conducted morphological analysis and sterility research. The result showed that most of the F₁ morphological characteristics were similar to that of *Solanum torvum*, and they performed infertility. Through analysis on F₁ pollen morphology, quantity and activity, we found the reason for its sterility. Its deform pollen and zero vitality and the petal could not open properly. At the same time, in this experiment we back-crossed *S. torvum* and eggplant with F₁, then conducted fluorescent staining analysis on 1-6 days stigma after pollination. We found that the parents pollen was incompatible with F₁ stigma and could not complete normal pollination and fertilization.

Key words: Eggplant; Distant hybridization; Sterility

· 蔬菜史话 ·

姜

姜为姜科姜属能形成地下肉质根茎的栽培种，多年生草本植物，作一年生栽培。古名薑，别名生姜、黄姜等。因具有特殊的香辣味，可作调味料。

姜原产中国及东南亚等热带地区，约于公元1世纪传入地中海地区，由于罗马帝国控制了香料贸易，生姜成为相当昂贵的香料。3世纪传入日本，11世纪传入英格兰，1585年传到美洲。现已广泛栽培于世界各热带和亚热带地区，以亚洲和非洲为主，欧美栽培较少。

姜在中国自古栽培，湖北江陵战国墓葬、湖南马王堆汉墓等陪葬物中有姜块。吕不韦(? ~ 公元前325年)所著《吕氏春秋》第14卷《本味篇》有：“和之美者，阳朴之姜。”书中所指“阳朴”即今日四川省的一个地名。《史记·货殖列传》说：“巴蜀亦沃野，地饶卮、姜、丹沙、石、铜、铁、竹、木之器。”西汉《别录》载有：“生姜干姜生犍为川谷及荆州、扬州。”可见西汉年间姜主要在长江流域种植。到东汉，《四民月令》中已有3月封生姜，至其出芽后，4月栽种，9月收藏的记载。这说明，北方已开始进行生姜栽培了。南北朝后魏·贾思勰《齐民要术》讲述了姜的栽培方法，但指出“中国土不宜姜，仅可存活，势不滋息。种者，聊拟药物小小耳。”文中所指的“中国”当时泛指北方气候寒冷地区。反映生姜种植当时在北方地区仍处于提倡试种阶段。宋·王安石《字说》云：“姜能疆御百邪，故谓之姜。初生嫩者其尖微紫，名紫姜，或作子姜，宿根谓之母姜也。”宋·苏颂于1061年编著的《图经本草》中关于姜载有“今处处有之，以汉、温、池州者为良。”表明此时姜的种植已十分普遍。

姜有多种用途，清·吴其浚在《植物名实图考》中有：“姜为和、为蔬、为果、为药，用芽、用老、用干、用炮、用汁，其为用甚广。”因而古农谚有：“养牛种姜，子利相当”之说。

张德纯(中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081)