

# 生姜研究进展

刘 波, 缪 军, 吴 雄

(山东省农业科学院 蔬菜研究所/山东省设施蔬菜生物学重点实验室/国家蔬菜改良中心山东分中心, 山东 济南 250100)

**摘要:**生姜是我国重要的调味蔬菜和出口创汇蔬菜,具有特殊的芳香和辛辣味,有“菜中之祖”的美誉。对生姜的种质资源、遗传育种、组织培养、栽培生理等研究进行了综述,并对其研究趋势进行展望,以期为生姜的进一步研究提供参考。

**关键词:**生姜;研究进展;发展趋势

**中图分类号:**S632.5

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2011)05-0135-04

生姜(*Zingiber officinale* Rosc.),为姜科姜属多年生宿根草本植物,生产上多作一年生栽培。生姜根茎肉质、肥厚、扁平,内含多种营养成分。它除含有碳水化合物、蛋白质、多种维生素和矿物质外,还含有姜辣素( $C_{17}H_{24}O_4$ )、姜油酮( $C_{11}H_{14}O_3$ )、姜烯酚( $C_{17}H_{24}O_{13}$ )、姜醇( $C_{15}H_{26}O$ )等,因而具有特殊的芳香和辛辣味,有“菜中之祖”的美誉,是我国重要的调味蔬菜和出口创汇蔬菜。生姜还可加工成干姜作药用,是我国中医药的常用成分。近年来,随着人们对生姜营养价值和保健价值的发掘,对生姜的研究日益深入,并取得了较大进展。

## 1 生姜种质资源及分类

生姜起源于东南亚热带地区,现已广泛栽培于世界各温带、亚热带、热带地区。中国、印度、印度尼西亚等生姜主产国,栽培面积及总产量占世界的90%以上。生姜有金黄色、茶色、黄色、米色、白色和淡红色等多色,其含水量、粗纤维含量及功能性成分含量差异显著。世界上有生姜品种240多个,其中东南亚国家种质资源最为丰富,仅印度就有50多个品种。生姜在我国栽培历史悠久,地方品种颇多,分布广,南方以广东、浙江栽培较多,北方则以山东为主要产区。

生姜根据植物学特征和生长习性可以分为疏苗型和密苗型两类。疏苗型姜一般株高为80~90 cm,分枝少,根状茎肥大,姜球数少,节间长,单

层排列,代表品种有山东莱芜大姜和广东疏轮大肉姜等。密苗型姜一般株高65~80 cm,分枝数较多,排列紧密,姜球数较多,姜球较小,节间短,双层或多层排列,代表品种有山东莱芜片姜和广东密轮细肉姜等。

## 2 生姜育种

### 2.1 辐射育种

生姜作为无性繁殖作物,辐射育种是培育新品种的重要手段之一。研究表明,生姜对离子辐射非常敏感,其 $LD_{50}$ 在5~25 Gy,且品种间差异显著,用 $^{60}Co$ 射线辐照生姜根状茎可以使植株在分子水平上发生变异,从而创造新种质。刘振伟等用20、25、30和35 Gy $\gamma$ 射线辐照处理莱芜大姜不同芽龄的萌动根茎和幼芽根茎,有3个突变株系表现出较好的增产效果和较高的稳定性<sup>[1]</sup>。徐坤等利用 $^{60}Co$  $\gamma$ 射线辐射与生物技术相结合,成功选育出了生姜新品种“山农1号”,较对照增产30%以上。

### 2.2 多倍体育种

多倍体植株具有器官巨大、生长势强、产量高等优势,是蔬菜优质、高产育种的重要途径之一。郭启高等在培养基中加入30 mg·L<sup>-1</sup>的秋水仙素处理5 d,可使生姜的诱变率达到65.00%<sup>[2]</sup>。王志敏等以丛生芽为材料,研究发现0.2%秋水仙素液体培养基处理8 d的诱导效果最好,诱变率和成活率分别达到了42.86%和70.00%,进一步鉴定发现,四倍体植株高大,茎秆变粗,叶片长、宽、厚均增大,叶片下表皮气孔密度减小,气孔和保卫细胞增大,保卫细胞内叶绿体数增加等特征<sup>[3]</sup>。曾杨等多倍体诱导试验表明,秋水仙碱浸泡生姜芽12 h的诱导率最高,并发现多倍体生姜试管苗的蛋白质、叶绿素含量及SOD酶、POD

收稿日期:2011-02-22

基金项目:公益性行业(农业)科研专项资助项目(200903018)

第一作者简介:刘波(1979-),男,山东省沂水县人,硕士,助理研究员,从事葱姜蒜栽培育种研究。E-mail:liubo6471@163.com。

酶、APX酶活性均升高,预示多倍体生姜可能具有较好的生长势,对提高产量有利<sup>[4]</sup>。

### 2.3 基因工程育种

现代基因工程技术的发展为生姜新品种的培育开辟了新的途径。吴德广等应用茎端分生组织建立了生姜的再生体系,并将外源基因葡萄糖氧化酶(Go)整合到生姜的基因组内,田间鉴定发现转基因生姜对姜瘟病的抗性明显增强<sup>[5]</sup>。李庆芝利用农杆菌介导法,通过人为添加乙酰丁香酮,也成功将葡萄糖氧化酶(Go)基因转移到了生姜基因组中,获得再生植株<sup>[6]</sup>。

## 3 生姜组织培养

### 3.1 外植体选择

生姜的茎尖、幼嫩叶片、花芽、子房、根状茎等都可以作为外植体培养,其中茎尖应用最为广泛。Babu等取温室生长2个月的生姜顶芽幼嫩叶片,切成4~5 cm片段,经消毒后去除叶鞘,取中部0.5~1.0 cm叶片组织,经诱导愈伤组织和分化生根,再生植株成活率达80%以上<sup>[7]</sup>。Nirmal Babu等将芽龄7 d的姜幼嫩花芽,在MS+BAP( $10.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )+2,4-D( $0.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )的培养基上培养60~90 d,70%外植体形成了营养芽,经继续培养,其中26%外植体形成丛生芽<sup>[8]</sup>。Nazeem从成熟花序中剥取子房培养,离体条件下授粉,得到的种子继续培养成苗,并通过改良培养基配方提高了繁殖效率,所得苗经锻炼具有较高的移栽成活率<sup>[9]</sup>。黄菊辉等用叶鞘为外植体,在含 $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  BA和 $0.6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  NAA的MS培养基上,直接分化出不定芽和不定根<sup>[10]</sup>。李承永等用生姜根状茎为外植体,发现用催芽30 d的根状茎在附加 $3.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  BA和 $0.6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  NAA的MS培养基上分化率最高<sup>[11]</sup>。

### 3.2 植株再生

生姜叶片和花药愈伤组织通过器官发生途径完成植株再生,而营养芽和子房能通过器官发生和胚状体两种途径完成植株再生。Ravindren将培养60 d左右的愈伤组织转接到不同浓度2,4-D、KT或BAP的MS培养基上,可完成形态建成和植株再生。当KT和BAP单独使用时,不发生器官分化。添加5~10  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  KT和BAP同时使用 $0.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的2,4-D时,会诱导器官分化和胚状体形成,并形成小苗。MS+10  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  BAP+ $0.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  2,4-D有利于植株再生<sup>[12]</sup>。戴水莲等利用改良MS+2.0  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  BAP+0.5  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

NAA亦将茎尖愈伤组织成功诱导成芽<sup>[13]</sup>。

### 3.3 诱导生根与移栽

姜的试管苗很容易生根,梁称福等报道1/2 MS与MS相比,用1/2 MS生根更粗壮。杭玲等报道,NAA与IBA配合使用,其平均生根率比单用高,根较粗短,根毛多,苗色深绿,健壮,对幼苗移栽非常有利,移栽成活率也较高<sup>[14]</sup>。当根长2~3 cm时,移入温室中炼苗移栽。试管苗移入消毒过的炼苗基质上,温度( $22 \pm 2$ ) $^{\circ}\text{C}$ ,空气相对湿度70%~90%,约15 d后长出新叶,移栽35 d后,成活率达到87%以上。

### 3.4 试管姜诱导

生姜传统繁殖方法是利用种姜进行无性繁殖,需种量大,损耗高,费时费力,不便于贮藏运输。而且长期的无性繁殖,病虫害会逐代加重,导致品种特性退化,严重影响产量和品质,由生姜脱毒组培苗诱导形成脱毒试管姜,则能够缩短其应用到生产的时间。Geetha研究了不同浓度蔗糖和甘露醇对试管姜诱导的影响,表明蔗糖浓度为9%~12%时,80%以上的培养物形成了微型根茎,经30~180 d的培养,鲜重可达3~15 g<sup>[15]</sup>。郑永强等研究发现生姜根状茎诱导最适蔗糖浓度为80~110  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ ,外源激素GA对根茎的膨大作用大于KT和NAA<sup>[16]</sup>。陈传红等研究发现诱导试管姜的最佳培养基为:MS+0.2  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  BAP+0.5  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  NAA+2.5  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ +2.5  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  PAC+8%蔗糖,延长光照时间有利于微型根茎的膨大<sup>[17]</sup>。

## 4 生姜栽培生理

### 4.1 光合特性

生姜的光合作用与适宜光强、水分、温度、 $\text{CO}_2$ 等环境因素密切相关。研究表明,水分胁迫可显著降低其对强光的适应性,降低生姜叶片光合作用的饱和光强及光合速率,改变光合作用的日变化规律,加重光合午休,使生姜叶片SOD、POD、CAT等保护酶活性降低。80%的土壤相对含水量有利于生姜叶片利用较强的光照,其光合作用的饱和光强达 $1206 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ <sup>[18]</sup>。生姜对强光的适应能力随空气 $\text{CO}_2$ 浓度升高而显著增强, $\text{CO}_2$ 达 $1200 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,其光合作用的饱和光强达 $1206 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。艾希珍对生姜不同叶位叶片光合特性研究表明,中位叶光合速率(Pn)最高,其次为下位叶,上位嫩叶最低。生姜不同叶位叶的光补偿点在 $18.46 \sim 30.82 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

生姜叶片的  $\text{CO}_2$  补偿点为  $29.6 \sim 163.8 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ , 饱和点为  $1499 \sim 1582 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 。艾希珍等研究了温度对生姜叶片光合特性的影响,发现生姜产品形成期叶片光合最适温度为  $25^\circ\text{C}$ ,超过此温度,光合作用光补偿点上升,光饱和点下降,而  $\text{CO}_2$  补偿点及  $\text{CO}_2$  饱和点均随温度上升而上升<sup>[19]</sup>。

#### 4.2 矿质营养

为明确生姜的需肥规律,为合理施肥提供科学依据,在生姜矿质营养方面进行了大量的研究。徐坤通过对生姜进行需肥试验认为,氮用量对生姜产量影响最大,通过计算机模拟寻优得出,肥料最优用量为  $\text{N } 38.69 \text{ kg}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5 18.91 \text{ kg}$ ,  $\text{K}_2\text{O } 51.9 \text{ kg}$ ,其比例为  $2.0:1.0:1.7$ ,生姜光合作用和蒸腾作用强,品质最优<sup>[20]</sup>。王晓云等的研究表明,锌硼配施可使生姜在含锌硼量较低的地块上增产  $38.9\%$ <sup>[21]</sup>。氮钾平衡施肥可有效提高生姜块茎维生素 C、可溶性糖、还原糖及蔗糖含量,明显降低硝酸盐含量,改善生姜品质。

#### 4.3 栽培技术

王绍辉等研究了秸秆覆盖与遮荫及覆草对生姜生长及理化特性的影响,认为与遮荫相比,秸秆覆盖后植株高度变矮,叶片繁茂,茎秆粗壮,分枝数多,而且省工省力,成本低廉,增产显著<sup>[22]</sup>。崔志峰等采用大棚内覆盖地膜方式栽培生姜,提早播种,延后收获,比传统栽培增产  $69.4\%$ <sup>[23]</sup>。艾希珍等研究了有色地膜覆盖对生姜生长及产量的影响,发现有色地膜覆盖具有比地上遮荫更好的降温保湿效果,从而可增强生姜植株长势,使其茎秆粗壮,叶面积大,分枝和姜球数多,增产效果明显。王光美等研究了种块大小对生姜生长及产量的影响,得出种姜以  $70 \sim 80 \text{ g}$  为宜,用种量为  $6000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  左右,产量可达较高水平。徐坤等研究了种芽大小对生姜产量的影响,认为种姜催大芽[芽  $> (2.0 \times 0.8) \text{ cm}$ ]播种较中[( $1 \sim 2$ )  $\times 1 \text{ cm}$ ]、小芽[ $< 1 \times (0.5 \sim 0.7) \text{ cm}$ ]播种植株易表现早衰,叶面积指数显著低于中、小芽,最终导致减产  $25\%$  左右,而中、小芽之间无明显差异<sup>[24]</sup>。赵德婉等对生姜种块进行乙烯利浸种试验,发现用  $250 \sim 500 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$  乙烯利对生姜种块浸种具有促进发芽、增加分枝、扩大叶面积和提高根茎产量的作用,比对照增产  $20\%$  以上。尚庆文等研究认为生姜喜疏松肥沃土壤,随土壤紧实度增大,生姜根系活力降低,叶片硝酸还原酶活性及叶绿素含量下降,光合作用减弱,叶片的电解质渗漏率及 MDA 含量升高,从而造成植株早衰。

## 5 研究趋势

### 5.1 种质资源搜集、评价、创新与利用

种质资源是生姜科技创新工作的基础,目前我国生姜资源尚不够丰富,应继续加大国外种质的搜集引进,同时加强我国生姜地方品种资源的保护和开发,建立生姜基因库。开展生姜品种遗传多样性及亲缘关系研究。深入研究生姜主要性状遗传规律和开花机理,通过环境因子的调控,结合利用现代生物技术,探索生姜离体开花的可能,为生姜有性杂交育种提供基础。

### 5.2 现代生物技术辅助新品种培育

生姜目前尚无法进行有性杂交育种,品种间基因交流十分困难,生物技术的发展为生姜新品种培育带来了曙光。应充分利用引进的特异生姜资源,采用现代生物技术手段,定向培育高产、抗病、抗虫、优质、特色生姜新品种,开展控制生姜主要农艺性状关键基因的克隆和转基因研究。

### 5.3 脱毒脱菌技术

生姜主要依靠无性繁殖,品种容易感染病毒细菌而导致种性退化,应进一步研究生姜脱毒脱菌快繁技术、试管微型姜诱导技术及良种繁育技术,加速良种繁育。生姜用种量大,应研究探索生姜人工种子包衣技术,为生产提供优质价廉的种子。

### 5.4 安全高效生产

生姜对肥水要求较高,增产潜力巨大。应加强生姜光合特性、需肥需水规律研究,克服限制生姜增产的环境因子,创新栽培模式,进一步提供生姜产量。加强生姜病虫害综合防治技术研究,生产无公害生姜产品。

### 参考文献:

- [1] 刘振伟,史秀娟,李立国.  $^{60}\text{Co}$  射线辐照生姜诱变效应研究[J]. 山东农业科学, 2009(6): 23-26.
- [2] 郭启高,张钟灵,周虹,等. 秋水仙碱诱导生姜多倍体的研究[J]. 西南农业大学学报, 2000(5): 400-402.
- [3] 王志敏,牛义,宋明,等. 姜四倍体离体诱导及其形态学分析[J]. 中国蔬菜, 2010(4): 41-46.
- [4] 曾杨,高山林,王蔚,等. 脱病毒生姜同源四倍体的诱导和鉴定[J]. 药物生物技术, 2006, 13(5): 32-34.
- [5] 吴德广,任请盛,王教义. 姜瘟病研究及综合防治技术[J]. 山东农业科学, 2003(3): 132-33.
- [6] 李庆芝,尚志华,房玉洁,等. 姜基因转化系统的建立及优化[J]. 山东农业科学, 2006(3): 11-14.
- [7] Babu K N, Samsudeen K, Ratnambal M J. *In vitro* plant regeneration from leaf-derived callus in ginger (*Zingiber officinale* Rosc) [J]. Plant Cell Tissue and Organ Culture, 1992(29): 71-74.

- [8] Babu K N, Samsudeen K, Ravindran P N. Direct regeneration of plantlets from immature inflorescence cultures of ginger (*Zingiber officinale* Rosc) by tissue culture [J]. Journal Spic Aromatic Crops, 1992(1):43-48.
- [9] Nazeem P A, Joseph L, Rani T G, et al. Tissue culture system for *in vitro* pollination and regeneration of plantlets from *in vitro* raised seed of ginger (*Zingiber officinale* Rosc) [J]. Acta Horticulture, 1996, 426:467-471.
- [10] 黄菊辉. 生姜种质资源的离体保存和繁殖[J]. 中国农业科学, 1995, 28(2):24-30.
- [11] 李承永, 盖树鹏, 王玉华. 莱芜生姜根状茎再生植株的研究[J]. 山东农业科学, 2002(1):16-17.
- [12] Ravindren P N, Nirmal Babu K. Ginger; the genus Zingiber [M]. New York Washington: CRC Press, 2005.
- [13] 戴水莲, 谢绍辉, 李涛. 生姜芽的组培快繁[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(28):12112-12113.
- [14] 杭玲, 黄卓忠, 江文, 等. 生姜组织培养快繁技术研究与应用[J]. 江苏农业科学, 2006(5):125-127.
- [15] Geetha S P. *In vitro* technology for genetic conservation of some genera of Zingiberaceae [D]. India: Univeristy of Calicut, 2002.
- [16] 郑永强, 刘艳梅, 徐坤. 生姜试管苗根状茎诱导研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2004, 35(1):39-42.
- [17] 陈传红, 金卫根, 杨柏云, 等. 蔗糖和多效唑对试管生姜形成的影响[J]. 热带亚热带植物学报, 2006(2):146-150.
- [18] 徐坤, 郑国生. 水分胁迫对生姜光合作用及保护酶活性的影响[J]. 园艺学报, 2000, 27(1):47-51.
- [19] 艾希珍, 张振贤, 王绍辉, 等. 温度对生姜叶片光合特性的影响[J]. 中国蔬菜, 1998(3):1-3.
- [20] 徐坤, 康立美. 生姜高产优化施肥最佳方案的选择与分析[J]. 西北农业学报, 1992, 1(4):67-70.
- [21] 王晓云, 程炳崇. 锌、硼对生姜的增产效果及吸收、分配规律的研究[J]. 山东农业大学学报, 1994, 25(1):77-81.
- [22] 王绍辉, 张振贤. 不同遮荫方式对生姜生长及产量的影响[J]. 中国蔬菜, 1998(5):5-8.
- [23] 崔志峰, 艾希珍, 赵玉柱, 等. 塑料大棚栽培生姜的增产效应[J]. 中国蔬菜, 2000(3):14-16.
- [24] 徐坤, 赵德婉, 蒋先明. 种芽大小对生姜生长及产量的影响[J]. 中国蔬菜, 1991(2):7-10.

## Research Progress of Ginger

LIU Bo, MIAO Jun, WU Xiong

(Vegetable Research Institute of Shandong Academy of Agricultural Sciences/National Improvement Center for Vegetables Shandong Branch/Shandong Biology Key Laboratory of Greenhouse Vegetables, Jinan, Shandong 250100)

**Abstract:** The ginger is an important vegetable for seasoning food in daily life and for earning foreign exchange through export in China. It has special aroma contents and spicy taste. In this paper the ginger germplasm resources, breeding, genetics, tissue culture, cultivation and physiology etc, were reviewed and the developing tendency in the further were expected to provide reference for improvement ginger research.

**Key words:** ginger; research progress; developing tendency

### 腐殖酸肥料的施用

腐殖酸肥料是指利用泥炭、褐煤、风化煤为原料, 采用不同的生产方式, 制取含有大量腐殖酸和作物生长、发育所需的氮、磷、钾及某些微量元素的产品。腐殖酸肥料的品种有腐殖酸铵、硝基腐殖酸铵、腐殖酸磷、腐殖酸铵磷、腐殖酸钠、腐殖酸钾等。腐殖酸肥料在农业生产中的作用, 主要是刺激作物生长, 改良土壤, 增加养分, 加强土壤微生物活动等。

#### 腐殖酸肥料的施用方法与用量

1 浸种 浸种可以提高种子发芽率, 提早出苗, 增强幼苗发根的能力。一般浸种浓度为 0.005%~0.050%, 一般浸种时间为 5~10 h, 水稻、棉花等硬壳种子为 24 h。

2 浸根、蘸根 水稻、甘薯等在移栽前可利用腐殖酸

钠或腐殖酸钾溶液浸种秧苗, 浓度为 0.01%~0.05%。浸种后表现发根快、成活率高。

3 根外喷洒 一般浓度为 0.01%~0.05% 溶液, 在作物花期喷施 2~3 次, 每次喷量为 750 L·hm<sup>2</sup> 水溶液, 喷洒时间应选在 14:00~16:00 效果好。

4 作基肥 固体腐殖酸肥(如腐殖酸铵等), 一般用量 1 500~2 250 kg·hm<sup>2</sup>。腐殖酸溶液作基肥施用时, 浓度为 0.05%~0.10%, 用量为 3 750~6 000 L·hm<sup>2</sup> 水溶液, 可与农家肥料混合在一起施用, 沟施或穴施均可以。

5 作追肥 在作物幼苗期和抽穗期前, 用 0.01%~0.10% 浓度的水溶液 3 750 L·hm<sup>2</sup> 左右, 浇灌在作物根系附近。水田可随灌水时施用或水面波施, 能起到提苗、壮苗、促进生长发育等作用。