

# 香蕉的生物学特性及其组织培养技术

吴坤林 (中国科学院华南植物园 广东广州 510650)

**摘要** 香蕉是重要的热带水果之一,大多数的栽培香蕉都是三倍体,具有高度的不育性,主要靠无性繁殖。介绍了香蕉的生物学特性和组织培养技术,对香蕉产业发展提出设想。

**关键词** 香蕉 生物学特性 组织培养

香蕉是重要热带水果之一,是世界上将近5亿人口的主要食粮,也是许多国家经济收入的重要来源。大多数的栽培香蕉都是三倍体,具有高度的不育性,主要靠无性繁殖。20世纪70年代我国台湾报道了利用香蕉茎尖培养大量繁殖种苗的有关研究,1985年中国科学院华南植物研究所于广东首先将香蕉组培苗生产技术进行成功的转化,随后广西、海南、福建和云南等省先后将香蕉组培苗推向工厂化生产,香蕉组培苗生产在南方5省取得了显著的经济效益和社会效益,推进了我国香蕉产业快速发展。笔者就香蕉的生物学特性、分类和繁殖方式以及其组织培养技术进行简单的介绍。

## 1 香蕉的生物学特性

香蕉为大型多年生的热带草本果树,分布在北纬18~30°之间,植株形态可分作根、茎、叶、花和果。

**1.1 香蕉的根** 香蕉无主根,由浅生须根组成,每株香蕉有200~300条根,根粗5~8 mm,白色、肉质、生长后期变木栓化,浅褐色。原生根可分生众多比它细小的次生根,而次生根上长有许多根毛。大多数香蕉根为着生于球茎上半部的水平根,少数垂直根着生于球茎底部。水平根主要分布在土表下10~30 cm土层中,一般根长度为100~150 cm;垂直根可长至75~140 cm深土层。高温多雨季节有利根系生长发育,根系生长最活跃时每月根尖生长率可达60 cm,当温度下降,雨量减少时,根系生长转入缓慢期,冬季低温时,根系生长转入休眠期。香蕉的原生根寿命为4~6个月,次生根为近2个月,次次生根为1个月,根毛为21 d。香蕉根系有吸收作用和固定植株的作用,靠次生根长出的根毛负责吸收土壤中的水分和矿质营养。

**1.2 香蕉的茎** 香蕉的茎包括真茎与假茎,而真茎又包括球茎和地上茎2部分。球茎为多年生,生长在地下

部,在球茎下部着生须根,球茎每叶腋下有1个潜伏芽,可萌发成吸芽(图2)。球茎近球形,表面灰褐色,内部由薄壁细胞和维管束构成,薄壁细胞内富含淀粉质。球茎的生长发育受土壤条件、根、叶、吸芽生长的影响。球茎的生长适温是25~30℃,12~13℃时生长极为缓慢,在10℃以下则停止生长。球茎在香蕉收获后不会立即消亡,有时可残留2~3年之久。球茎是养分贮存库,又是根、叶、花及繁殖用的吸芽的发源中心,是香蕉的重要器官之一。

香蕉地上茎又称气生茎、花序茎,是在植株进入花芽分化前夕从地下茎骤变形成,即从原有直径20~30 cm的地下茎缩为直径5~8 cm的地上茎。当香蕉由营养生长转为生殖生长时地上茎顶端的生长点分化为花芽及苞片,最后形成了花序。地上茎的组织与球茎一样,以薄壁细胞为基础,并分为中心柱和皮层,不同的是皮层较球茎的稍薄,而且只有叶维管束一种,这种维管束与根、叶、果的输导系统联系在一起。

香蕉植株的茎干是由许多片长弧形叶鞘互相紧密层叠裹合而成的,称假茎。假茎的每片叶鞘体内由薄壁组织、通气组织形成的一排排间隔的空室和维管束组成,维管束内有发达的韧皮部夹带离生乳汁导管,多分布在近外表皮层,而外表皮层又由最外层的维管束与厚壁组织组成。假茎高度和围径与品种、生长季节,土壤肥水条件等有关,一般香蕉假茎高度2~5 m,中部围径40~85 cm。假茎增粗是新叶从假茎中心抽出叶鞘数不断增加而使其膨大起来的结果。假茎有支撑叶和花果的作用,也起养分贮存作用。

**1.3 香蕉的叶** 香蕉的叶由叶柄、中肋、叶片组成,中肋贯串叶片中央,将叶片平均分为两半,有许多叶脉与中肋相连。叶片上长有气孔,叶背的气孔比叶面多

tegrity of the mitotic spindle in *Drosophila*. *Cell Biol.* 1999, 146: 1005—1018.

4 Gergely F., Kidd D., Jeffers K. *et al.* D-TACC: a novel centrosomal protein required for normal spindle function in the early *Drosophila* embryo. *EMBO J.* 2000, 19: 241—252.

5 Khodjakov A., Rieder C. L. Centrosomes enhance the fidelity of cytokinesis in vertebrates and are required for cell cycle progression. *Cell Biol.* 2001, 153: 237—242.

6 Doxsey S. Re-evaluating centrosome function. *Nat Rev Mol Cell Biol.* 2001, 2(9): 688—698.

7 陈娟,唐永政,王永潮. 中心体蛋白centrin研究进展. *生理科学进展*, 2004, 35(3): 22—24.

8 Alberts B., Bray D., Lewis J. *et al.* *Essential Cell Biology, An Introduction to the Molecular Biology of the Cell*. New York & London: Garland Publishing, Inc. 1998.

(BH)

3~5倍,其气孔数目因倍性不同有差异。香蕉叶尖较短尖,叶基部成圆形或耳状,叶面暗绿色,叶背被一层白粉。叶片发育在假茎内进行,以后随叶柄、叶鞘的伸长而渐行抽出。香蕉叶片的大小除与不同生育期有关外,还与品种、气候、土壤与栽培等条件有关。香蕉一生抽生叶片33~43片,其中剑叶8~15片,小叶8~14片,大叶10~20片。不同品种总叶数有所不同,不同植期、不同气候条件总叶数也有差别。蕉叶的寿命一般为71~281 d,蕉叶的寿命长短与土壤、气候、栽培条件及品种有关。香蕉叶片起着重要光合同化作用,抽蕾时青叶数对香蕉产量和质量影响很大。

**1.4 香蕉的花** 香蕉的花序为穗状花序,顶生,属完全花,由萼片、花瓣、雄蕊、雌蕊组成。花序基部是雌花,中部是中性花,顶端是雄花。香蕉小花着生在小花苞内,花梗短,花被分2片。生长在外侧的一花被由3萼片、2花瓣合生而成,先端作5齿裂,淡黄色,厚膜质,称被瓣;另一花被离生,称游离瓣,形状较小,位于合生被瓣的上方,白色透明,质较薄。柱头肥大作拳状,花柱棒状白色,子房大如指,长度是全花的2/3,可发育成供食用的果实。香蕉花的色泽,形态因品种而异。雄蕊只有极小品种含有花粉。苞片一个个地卷起来,长卵形或宽卵形,暗紫色或紫红色。香蕉植株一生只开1次花,香蕉花芽分化后期形成的长卵形花蕾,随地上茎向上推移,最后从假茎顶部中央抽出(现蕾)(图14),不久花序轴连同花蕾转弯下垂,然后花苞向上卷,雌花随即开放。

**1.5 香蕉的果实** 香蕉果实属浆果,由雌花的子房发育而成。香蕉果穗是向下生长的,而果实正相反,是向上弯曲的。三倍体栽培品种为单性结实,果实无种子。香蕉果实带有3~5棱的圆柱形,果皮未成熟时绿色,个别品种呈紫红色,成熟时黄色或鲜黄色,个别品种呈大红色;果肉乳白色或淡黄色或深黄色,肉质细密,甜、香味浓淡等。一穗蕉一般有4~15果梳,每梳果数有7~30个单果,果指长6~30 cm,呈弯月形或微弯或曲尺形或直尺形,重50~600 g,香蕉梳形和指形与品种、收获季节有关,一穗果的果指大小自上而下逐渐变小(图15)。果实在断蕾后初期发育慢,50 d后发育才加快,果实自开花到成熟,需要65~170 d。果实的成熟期因季节、地区和栽培管理方法不同而异,香蕉采收期主要是靠果指的饱满度来决定。

## 2 香蕉的分类和繁殖

**2.1 香蕉的分类** 香蕉属于芭蕉科(Musaceae)芭蕉属(*Musa*),栽培品种是2个原始野生蕉即尖叶蕉(*M. acuminata*)和长梗蕉(*M. balbisiana*)种内或种间杂交后代选育而成的。把含有尖叶蕉性状的基因称为A基因,把含有长梗蕉性状的基因称为B基因。根据西蒙氏等人(1955)的分类法,参照其染色体数,将栽培香蕉

分为AA、AAA、AAAA、AAB、AAAB、AABB、AB、ABB、BB、BBB等组,其中AAA、AAB分布最广,栽培最多,种类也繁多。果实风味以AA、AAB组中的一些鲜食栽培品种为最好,其次是AAA组的栽培品种,ABB、BBB及AAB组中的多数栽培品种品质风味较差,多以煮食为主。在丰产性方面,以AAA组的香芽蕉最好,AA组的品种的产量则较低。在抗逆性方面,一般含B基因的抗逆性较好,如抗寒性、抗旱性及抗涝性等。我国目前香蕉栽培品种不多,主要根据假茎的颜色,叶柄沟槽和果实形状等将香蕉简单分为香芽蕉、粉蕉、龙牙蕉和大蕉4大类。

**2.2 香蕉的繁殖** 我国目前香蕉栽培品种大多数的是三倍体,具有高度的不育性,因此香蕉的繁殖主要靠无性繁殖,也就是吸芽繁殖、球茎繁殖、和组织培养无性繁殖。在生产上传统一般采用吸芽作为种苗来进行无性繁殖,在种苗不足时,也可采用香蕉的地下球茎切块来繁殖种苗。每株蕉一生可抽生吸芽7~15个。吸芽繁殖或球茎繁殖不但繁殖倍率不高,而且由于吸芽种苗规格难统一、容易带病虫害而导致香蕉生产上产生病害、果品不佳、收获不统一等问题,而香蕉组织培养技术能够在短时间内快速繁殖出大量的规格统一的优质的无病虫害的健康种苗,避免了香蕉吸芽繁殖的不足,能满足香蕉生产发展对大量优质种苗的需求。目前我国的香蕉种苗80%以上由组织培养技术生产出来的,每年生产的香蕉组培苗在1亿株以上。

## 3 香蕉组织培养技术

**3.1 外植体的选择** 目前已成功地用来香蕉组织培养再生植株的外植体主要有球茎、吸芽、茎尖分生组织、叶鞘、花序、未成熟果实以及幼嫩无菌苗的假茎薄片等,用于香蕉组培苗的生产一般都采用取自吸芽的大小不同的生长锥作为接种外植体(图1,本文图见封四),吸芽(图2)采自生长于种质园中农艺性状好、无病虫害健壮的母株。外植体处理一般采用酒精和质量分数0.1%的升汞进行表面消毒,最后将生长锥平均一分为二或一分为四并插植至诱导培养基上。

**3.2 培养基的选择** 香蕉组织培养各研究者所采用的培养基种类和添加激素成分等并不一致,但大多数以MS培养基作为基本培养基,再根据不同繁育阶段添加不同的外源激素和一些其他添加物质;种类和用量的多少有差异。在作者的培养中,香蕉不定芽的诱导培养基为MS+6-BA5.0(mg/L,下同)+NAA0.2,蔗糖3.0%,pH5.8~6.0;香蕉不定芽的增殖培养基为MS+6-BA3.0+NAA0.1,蔗糖3.0%,pH5.8~6.0;香蕉不定芽的诱根培养基为MS+IBA2.0+NAA0.2,蔗糖2.0%,pH5.8~6.0。不定芽增殖所需培养基量为7 mL/芽,不定芽诱根所需培养基量为4.2 mL/芽。应用上述培养基,不定芽的增殖倍数可达到4.0左右,不定芽生根率达100%,组培苗的变异

率在3%以下,生产出来的香蕉组培苗符合其优良质量标准。培养基成分关系着香蕉组培苗生产成本,一些生产种苗厂已采用白糖代替蔗糖,用自来水或井水代替蒸馏水、纯净水,用卡拉胶代替琼脂等来降低香蕉组培苗生产成本(图3~5)。

**3.3 培养条件的选择** 香蕉组织培养的条件系统的研究比较少,从报道的文献看来,大多的研究者采用的培养条件是温度25~28℃,光照1 000~2 000 lx,10~12 h/d。有研究者还通过黑暗培养来提高香蕉不定芽(图6~7)的增殖倍数。在作者的研究结果中,香蕉的组织培养的条件设置要根据不同的培养阶段和培养目的来定,光温之间有互作的效应。在我们的经验中合适的培养条件与培养基的组成是同等的重要,它是组培快繁成功的3个最主要的因素之一。增殖不定芽的培养温度以28~30℃为宜,过高的培养温度(33℃以上)则芽的分化会受到影响,出现异常芽比例增多,过低的培养温度(18℃以下)则芽的生长和分化缓慢。光对分化芽的生长状态、芽质量好坏的影响明显,分化芽的培养以2 000~3 000 lx和12~16 h/d为宜。培养瓶内的气体状况也是属于培养条件之一,不良的内环境气体状况会抑制香蕉不定芽的生长和分化,培养瓶的密闭度要适中,能与瓶外进行有限的空气交换。在合适的温度、光强度条件下,香蕉的继代周期为25 d左右,如果光强度或温度增加,则周期缩短,反之则长,最短的情况下,继代周期可以缩短至15 d。培养室相对湿度控制在70%以下,主要是为了控制污染的发生。每种植单位平均所需的培养容积为30 cm<sup>3</sup>左右(图8~13)。

**3.4 培养材料的选择** 在长期的香蕉组织培养工作积累中,作者发现培养材料的选择对香蕉的高效培养影响很大,除了一些文献中提及的在香蕉组织培养中通过将顶芽的生长点破坏来解除其顶端优势来促进不定芽的发育外,作者还发现在香蕉不定芽的切割转移过程中,选留作分化芽的材料尽可能选择那些长得正常的、比较肥壮、形状较好(锥形)、较幼嫩的芽,因为这种不定芽的再生能力是最强的,以保证每一继代

增殖阶段能有最佳的增殖倍率和质量最好的不定芽,从而也保证了较高的工作效率,如选择再生能力差的过分老化、细长、瘦弱的芽来作分化芽,芽的增殖率下降而且异常芽增多,直接影响了香蕉组织培养的生产效率。此外在进行切芽操作时要尽量避免用刀刃直切而损伤刚冒出的不定芽点,最终导致增殖倍数下降。

#### 4 未来展望

我国是香蕉主产国之一,也是世界上栽培香蕉历史最悠久的国家之一,已有2 000多年的栽培历史。我国香蕉的品种资源十分丰富,对世界的香蕉产业曾作出重大贡献。我国人口众多,香蕉消费量巨大,目前每年每人香蕉消耗量平均不足4 kg。随着交通运输、香蕉保鲜技术的改善及人民生活水平的提高,香蕉的需求量仍会大大增加,我国的香蕉的生产规模必然会继续扩大。我国香蕉业的可持续发展有赖于提高我国香蕉的质量和市场竞争能力,其发展的重要基础是香蕉相关新技术的研究和应用。香蕉组培苗的成功推广和周年栽培技术的应用,使种植香蕉比种植水稻等其他作物的效益高,取得明显的经济和社会的效益,达到高产、优质、高效的目的。进一步推广香蕉高产优质栽培技术,有计划地引进品质好、产量高、抗逆性强的外来名优新品种,实现区域化、标准化生产,可推进我国香蕉产业的快速发展。

#### 主要参考文献

- 1 马雪筠,周丽依. 香蕉组织培养快速繁殖技术的研究. 广东农业科学, 1989, (1): 22—24.
- 2 许林兵, 杨护, 韩路等. 香蕉生产技术. 广州: 中山大学出版社, 1992: 48—76.
- 3 曾碧露. 植物生物技术. 上海: 上海科学技术出版社, 1998: 285—299.
- 4 陈豫梅, 陈厚彬. 香蕉快速繁殖技术研究进展. 广东农业科学, 2001, (5): 22—25.
- 5 Swennen R., Van den Houwe I., Remy S. *et al.* Biotechnological approaches for the improvement of Cavendish bananas. Acta Hort, 1998, 490: 415—423.

(BF)

## 我国首获转基因抗黄萎病棉花新株系

我国科学家在世界上首次获得转基因抗黄萎病棉花新株系。

中国农业大学植物病理系齐俊生博士课题组,在导师李怀方教授的指导下,经过6年的努力,从“海岛棉”中分离、克隆出有自主知识产权的抗黄萎病基因“*At7*”,并导入到“陆地棉”,从而培育出高抗黄萎病的新体系。

该课题组是利用棉花黄萎病菌强致病力落叶型“V991”菌系的毒素诱导高抗黄萎病的“海岛棉”品种,再通过多种分子生

物学技术,获得10个与抗黄萎病密切相关的基因片段,其中一个片断克隆出了全序列基因,将其命名为“*At7*”,然后将该基因导入了棉花。

他们是用约9万粒转基因棉花种子,在强致病力菌系的高压条件下,筛选出11株高抗黄萎病单株的。这些抗病株,2005年至今通过南繁北育,获得了大量转基因第3代种子。今年,课题组又以超出正常剂量100倍的黄萎菌用于苗期接种,将棉苗带菌移栽到多年种植的黄萎病害严重的棉田,终于获取理想的抗黄萎病效果。该成果已经通过专家鉴定。

摘自《科学时报》2006年8月31日



图1 香蕉接种外植体  
 图2 香蕉吸芽  
 图3 培养基配置生产线  
 图4 培养茎灭菌  
 图5 无菌操作  
 图6 香蕉诱导不定芽  
 图7 香蕉不定芽培植  
 图8 香蕉丛生芽  
 图9 香蕉生根苗  
 图10 香蕉生根苗包装  
 图11 香蕉组培苗杯苗  
 图12 自然光照培养室  
 图13 组培苗大田生产  
 图14 香蕉抽蕾  
 图15 组培苗挂果  
 封面 生长整齐的香蕉组培苗

摄影：吴坤林  
林玉芬

“香蕉的生物学特性及其组织培养技术”一文照片