

药用植物猴耳环的组织培养与快速繁殖

付姝颖¹, 潘超美^{1,*}, 刘良婷¹, 张家瑛¹, 苏家贤¹, 柳亚青¹, 杨森山², 邹国光²

¹广州中医药大学中药学院, 广州510006; 广州莱泰制药有限公司, 广州510006

摘要: 以猴耳环成熟的种胚无菌萌发小苗为外植体, 研究不同种类及浓度的植物生长物质对丛芽诱导增殖和植株再生的影响, 建立完整的离体快繁体系。结果表明, 猴耳环种胚最佳灭菌方式为0.1% HgCl₂处理12 min, 污染率16.10%, 无菌萌发率78.66%; 丛芽初代诱导最佳培养基为MS+6-BA 0.5 mg·L⁻¹, 诱导率100%; 继代增殖最适宜的培养基为MS+6-BA 0.7 mg·L⁻¹+NAA 0.05 mg·L⁻¹+IBA 0.3 mg·L⁻¹, 增殖系数3.95; 1/2MS+NAA 0.1 mg·L⁻¹+活性炭0.1 g·L⁻¹适合诱导生根, 45 d后可获得健壮植株, 生根率100%, 平均根数4.41。将生长良好的植株移栽到等体积比蛭石、沙子、泥炭土混合的基质中, 成活率66.67%。

关键词: 猴耳环; 种胚; 组织培养; 快速繁殖

Tissue Culture and Rapid Propagation of Medicinal Plant *Pithecellobium clypearia*

FU Shu-Ying¹, PAN Chao-Mei^{1,*}, LIU Liang-Ting¹, ZHANG Jia-Ying¹, SU Jia-Xian¹, LIU Ya-Qing¹, YANG Sen-Shan², ZOU Guo-Guang²

College of Pharmacy, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510006, China; ²Guangzhou LifeTech Pharmaceutical Co., Chinese Materia Media Ltd., Guangzhou 510006, China

Abstract: The seedlings sprouted from sterile *Pithecellobium clypearia* seed embryos were acted as explants. Effectiveness of different kinds and concentrations of plant growth regulators on the clusters producing and plant regeneration were compared to establish the rapid propagation technique by tissue culture. The results showed that the treatment with 0.1% HgCl₂ for 12 min was suitable to sterilize *P. clypearia* seed embryos with the contamination rate of 16.10% and the sprout rate of 78.66%. The optimal medium for cluster buds induction was MS medium containing 0.5 mg·L⁻¹ 6-BA, with the induction rate of 100%. The most suitable medium for cluster buds proliferation was MS+6-BA 0.7 mg·L⁻¹+NAA 0.05 mg·L⁻¹+IBA 0.3 mg·L⁻¹, and the proliferation coefficient reached 3.95. 1/2MS+NAA 0.1 mg·L⁻¹+AC 0.1 g·L⁻¹ was the optimum medium for plantlet rooting and the strong plant regeneration occurred 45 d later with the rooting rate up to 100% and the average number of roots up to 4.41. The plantlets were transplanted into the substratum composed of vermiculite, sand, and turf soil in equal volume proportion with a survival rate of 66.67%.

Key words: *Pithecellobium clypearia*; seed embryo; tissue culture; rapid propagation

猴耳环又名围涎树、蛟龙木、三不正等, 为豆科猴耳环属多年生乔木, 主要分布于我国广东、广西、云南等省份。以干燥的叶入药(陈元胜和叶永才2004), 为南方习用中草药, 具有清热解毒、祛湿敛疮的功效。现代研究表明猴耳环中主要化学成分为黄酮类、萜甙类和小分子酸酯类, 具有抗病原微生物、抗炎、抗肿瘤、抗氧化等药理作用(李霖光等2015; 刘莉莹等2013; 李药兰等2006)。常见的猴耳环单味制剂猴耳环消炎颗粒、猴耳环消炎片和猴耳环消炎胶囊作为呼吸道疾病用药广泛用于临床。我们前期调查发现猴耳环药材主要来源于野生资源, 由于过度的采集及生境的破坏, 导致野生药材蕴藏量急剧下降, 无法满足

药用需求量, 大部分生产企业需要从越南等邻近东南亚国家进口猴耳环药材才能保证生产顺利进行。为了满足市场需求, 实现药材资源的可持续利用, 猴耳环野生转家种势在必行。目前猴耳环主要通过播种育苗繁殖, 但种子生物学研究(刘欣2013)表明, 猴耳环为顽拗性种子, 具有脱水敏感性, 其寿命短, 难储藏, 并且种子净度低, 带菌率高, 虫害严重。这些问题严重制约着实际生产, 限制了大规模规范化种植开展。同时, 前期猴耳环开

收稿 2015-09-21 修定 2015-10-26

资助 2014年国家中医药行业科研专项(201407002)。

* 通讯作者(E-mail: pancm@gzucm.edu.cn; Tel: 020-39358249)。

插研究发现,猴耳环为难生根树种,扦插成活率极低,无法用于实际生产(肖斌2014)。本实验对猴耳环离体培养进行考察,旨在建立猴耳环快繁体系,满足种苗需求,为猴耳环产业化和规范化种植奠定基础。

材料与方法

1 实验材料

猴耳环[*Pithecellobium clypearia* (Jack) Benth.]种子于2014年6月下旬至7月上旬采摘于广东省从化15~40年树龄的野生猴耳环植株。

2 实验方法

2.1 种子灭菌和无菌苗的获得

选取成熟饱满,大小一致的猴耳环种子作为供试材料,剥去种皮。在超净工作台中,用70%的酒精处理,无菌水冲洗3次,再用0.1% HgCl_2 溶液处理,无菌水冲洗5次,将种子接种于1/2MS+AC 1.0 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 培养基中,筛选合适的灭菌方法。每个处理接种30个种胚,重复3次,20 d后统计染菌率和无菌萌发率。

2.2 丛芽的诱导

选取长势良好一致的猴耳环无菌苗,切成1~1.5 cm带节茎段接种于丛芽诱导培养基中。丛芽诱导采取单因素实验设计,于MS基本培养基中,添加6-BA、TDZ和ZT,考察不同浓度的3种植物细胞分裂素对猴耳环丛芽诱导的影响。培养45 d后统计诱导率、增殖系数和平均芽高,观察丛芽生长情况。

2.3 丛芽继代与增殖

以MS为基本培养基,采用 $L_9(3^4)$ 正交表设计研究6-BA、NAA和IBA对猴耳环继代增殖培养的影响。培养45 d后统计诱导率、增殖系数和平均芽高,并观察丛芽生长情况。

2.4 生根培养

切取健壮的小芽接种到添加了0.1 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ NAA和0.1 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 活性炭(AC)的不同基本培养基(3/2MS、MS、3/4MS、1/2MS和WPM)进行生根培养,研究不同基本培养基对猴耳环生根诱导的影响,45 d后记录生根率、平均根数、平均根长、平均苗高和新增叶数,观察根系及小芽生长情况。

2.5 炼苗移栽

选择健壮的生根植株,室外炼苗7 d,洗净培养

基,0.1%的百菌清浸泡30 min,移栽到预消毒处理过的基质中,30 d后计算成活率。

2.6 培养条件

以MS或WPM为基本培养基(生根试验中,MS改变大量元素用量),添加20 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 蔗糖和6.5 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 琼脂,调整pH值为5.8~6.0,配制分装后于121 $^{\circ}\text{C}$ 灭菌20 min。培养条件为光照10 $\text{h}\cdot\text{d}^{-1}$,光照强度40~60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,温度(25±2) $^{\circ}\text{C}$ 。

2.7 数据处理

采用Excel软件统计数据,使用SPSS 19.0软件进行数据处理和统计分析。

实验结果

1 不同灭菌处理对外植体灭菌效果的影响

实验结果(表1)表明,随着酒精和 HgCl_2 处理时间的增加,外植体污染率呈下降趋势。方差分析表明,酒精和 HgCl_2 的不同处理时间对污染率有显著性影响。酒精处理10和15 s的染菌率显著低于不经过酒精处理;0.1% HgCl_2 处理12 min染菌率显著低于处理6、8和10 min。随着酒精处理时间的增加,种胚褐化率提高,平均无菌萌发率呈下降趋势。而随 HgCl_2 处理时间的延长,种胚无菌萌发率呈上升的趋势。 HgCl_2 处理12 min的平均无菌萌发率最高,可以达到69.45%,与处理6 min的结果具有显著性差异。综合考虑,认为外植体灭菌最佳方案为4号处理方法,经0.1% HgCl_2 处理12 min效果较佳,污染率为16.10%,无菌萌发率为78.66%。种胚于接种后3 d陆续开始萌发(图1-A),30 d左右长成健壮植株(图1-B)。

2 植物细胞分裂素的种类和浓度对猴耳环丛芽诱导的影响

将猴耳环带节茎段接种到丛芽诱导培养基中,培养10~15 d,均开始出现芽点。实验结果(表2)表明,ZT的平均诱导率为81.08%,平均增殖系数为2.13,明显低于TDZ和6-BA。不同浓度之间增殖系数之间无显著差异性,但随着浓度增加,小芽生长情况变好,颜色变深,茎变粗,有效芽率提高,高浓度ZT处理的小芽高度高于低浓度的,具有显著性差异。

在丛芽诱导中,添加0.05~0.1 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ TDZ即可达到100%诱导率和较高的增殖系数,但添加TDZ后,丛芽生长情况较差,叶片颜色较浅,茎细弱,较

表1 不同灭菌处理对外植体灭菌效果的影响

Table 1 Effects of different sterilizing time on explants sterilization

编号	酒精处理时间/s	HgCl ₂ 处理时间/min	染菌率/%	无菌萌发率/%
1	0	6	52.08±4.21 ^a	47.92±4.21 ^e
2	0	8	33.64±4.16 ^b	60.26±6.48 ^{bcd}
3	0	10	21.90±6.57 ^{bcd}	75.80±5.18 ^{ab}
4	0	12	16.10±8.50 ^{cd}	78.66±10.03 ^a
5	10	6	34.32±2.31 ^b	65.68±2.31 ^{abcd}
6	10	8	26.31±2.62 ^{bc}	57.53±12.71 ^{cde}
7	10	10	24.02±5.94 ^{bc}	59.27±12.75 ^{bcd}
8	10	12	9.55±8.29 ^d	70.91±10.12 ^{abc}
9	15	6	28.03±8.90 ^{bc}	52.73±6.56 ^{de}
10	15	8	21.31±9.61 ^{bcd}	59.32±8.51 ^{bcd}
11	15	10	22.74±7.33 ^{bc}	57.79±9.59 ^{cde}
12	15	12	18.14±9.56 ^{cd}	58.78±11.84 ^{bcd}

数据为平均值±标准差, 同列数字旁不同小写字母表示有显著性差异($P<0.05$)。表3和4同此。

表2 不同细胞分裂素浓度对丛芽诱导影响

Table 2 Effects of different cytokinins concentrations on the induction of cluster buds

编号	细胞分裂素	浓度/mg·L ⁻¹	诱导率/%	增殖系数	平均芽高/cm
1	ZT	0.5	81.08	2.03±0.69 ^a	2.00±1.17 ^c
2		1.0	78.38	2.22±0.95 ^a	2.19±1.26 ^c
3		1.5	83.78	2.30±0.94 ^a	3.13±1.86 ^b
4		2.0	81.08	1.97±0.60 ^a	2.96±1.74 ^b
5	TDZ	0.02	95.00	2.73±0.91 ^b	2.72±2.14 ^b
6		0.05	100.00	3.44±1.29 ^a	1.36±1.34 ^c
7		0.10	100.00	3.89±1.56 ^a	1.29±1.10 ^c
8	6-BA	0.1	94.12	2.44±0.79 ^b	2.42±1.25 ^b
9		0.5	100.00	2.89±0.86 ^{bc}	4.40±1.85 ^a
10		1.0	100.00	3.34±1.12 ^b	3.14±1.70 ^b
11		1.5	100.00	4.54±1.72 ^a	1.51±1.72 ^c

不同小写字母表示同一细胞分裂素不同浓度之间差异显著($P<0.05$)。

容易玻璃化。随着TDZ浓度增加, 小芽矮化和黄化现象明显(图1-D), 其中编号6和7的芽高仅为1.3 cm左右, 低于编号5, 具有显著性差异。

MS培养基中添加0.1~1.5 mg·L⁻¹ 6-BA, 丛芽诱导率均达到90%以上; 并随着6-BA浓度的增加丛芽诱导率呈上升趋势, 当6-BA浓度达到0.5 mg·L⁻¹, 诱导率保持100%不变。丛芽增殖系数随6-BA浓度的增加而增大。添加1.0~1.5 mg·L⁻¹ 6-BA的增殖系数较大, 其中1.5 mg·L⁻¹ 6-BA的增殖系数高于其余3组处理, 有显著性差异, 但2组处理的芽生长情况均一般, 芽偏弱, 颜色较浅, 有效芽百分率低, 并出现玻璃化现象, 不适合继代增殖。编号9中添加0.5 mg·L⁻¹ 6-BA芽增殖系数可到达2.89, 略低于与编号3的处理, 但无显著性差异; 其芽高大于6-BA

的其它处理, 有显著性差异; 小芽生长情况好, 颜色绿, 茎粗, 有效芽百分率最高, 适合用于继代增殖。综合考虑, 认为初代诱导最佳培养基为MS+6-BA 0.5 mg·L⁻¹ (图1-C)。

3 不同植物生长物质配比对猴耳环丛芽继代增殖的影响

将初代诱导所得的丛芽接种于增殖培养基中继代培养, 9个处理诱导率均达到100%, 增殖系数在3~4之间(表3), 小芽健壮, 颜色绿, 茎粗, 有效芽百分率较单独使用6-BA高。根据R值的分析结果可知, 对增殖系数的影响6-BA>NAA>IBA, 其中6-BA对增殖系数具有显著性影响, 而NAA和IBA为不显著因素。比较K值得, 最优组合为编号9 (MS+6-BA 0.7 mg·L⁻¹+NAA 0.15 mg·L⁻¹+IBA 0.2



图1 药用植物猴耳环组织培养和快速繁殖

Fig.1 Tissue culture and rapid propagation of medicinal plant *P. clypearia*

A: 种胚无菌萌发; B: 无菌萌发植株30 d生长情况; C: $0.5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 6-BA丛芽诱导45 d生长情况; D: $0.1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ TDZ丛芽诱导45 d生长情况; E: 丛芽继代增殖培养45 d生长情况; F和G: 生根培养45 d的生长情况; H和I: 移栽30 d组培苗。

表3 不同植物生长物质对丛芽增殖的影响

Table 3 Effects of different plant growth regulators on the proliferation of cluster buds

编号	6-BA浓度/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	NAA浓度/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	IBA浓度/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	增殖系数	平均芽高/cm
1	0.3	0.05	0.1	3.12 ± 1.12^b	3.22 ± 1.36^a
2	0.3	0.1	0.2	3.10 ± 1.24^b	2.23 ± 1.35^b
3	0.3	0.15	0.3	3.24 ± 1.00^b	3.06 ± 1.56^a
4	0.5	0.05	0.2	3.64 ± 1.58^{ab}	3.76 ± 1.57^a
5	0.5	0.1	0.3	3.51 ± 1.23^{ab}	3.45 ± 1.97^a
6	0.5	0.15	0.1	3.63 ± 1.02^{ab}	3.56 ± 1.62^a
7	0.7	0.05	0.3	3.95 ± 1.41^a	3.44 ± 1.23^a
8	0.7	0.1	0.1	3.42 ± 1.30^{ab}	3.01 ± 1.54^a
9	0.7	0.15	0.2	3.97 ± 1.44^a	3.11 ± 2.16^a
K1	3.15	3.57	3.39		
K2	3.60	3.34	3.57		
K3	3.78	3.61	3.56		
R	0.63	0.27	0.18		

$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), 增殖系数达到3.97。实际实验中, 编号7的增殖系数达到3.95, 与编号9接近, 无显著差异性;

但从芽生长情况较编号9更好, 丛芽平均高度达到3.44 cm, 芽颜色深绿, 茎粗, 有效芽百分率更高, 因

此更适合用于继代增殖。综合考虑增殖系数和芽生长情况,选择编号7的处理为最佳继代增殖培养基,即MS+6-BA 0.7 mg·L⁻¹+NAA 0.05 mg·L⁻¹+IBA 0.3 mg·L⁻¹(图1-E)。

4 不同基本培养基对猴耳环生根的影响

选取健壮的小芽接种到生根诱导培养基中,培养15 d后基部开始形成根原基。45 d后实验结果(表6)表明,不同基本培养基对生根有显著影响,降低基本培养基中无机盐的浓度,生根率、根数、根长均呈上升趋势。其中1/2MS为基本培养基的生根率最高,达到100%,与3/2MS和MS的相比具有显著性差异,生根数略低于以WPM为基本培养

的,但无显著性差异;其根伸长速度最快,根长与3/2MS、MS和WPM的相比有显著性差异性,可以在短时间内形成较完善的根系。不同的基本培养基对植株的生长也有显著性的影响,在3/4MS基本培养基中,植株伸长速度最快,与其余4个处理均有显著性差异,新增叶片数以1/2MS的最多,但与3/4MS和WPM相比的无显著性差异。观察植株生长情况发现,3/2MS和MS植株偏细,而3/4MS、1/2MS和WPM的植株健壮,叶片颜色呈现深绿或绿色,长势好,后期移栽成活率更高。综合考虑根系和植株生长情况,选择1/2MS为基本培养基(图1-F和G)。

表4 不同基本培养基对生根的影响

Table 4 Effects of different basic media on rooting induction

编号	培养基	生根率/%	平均根数/条	平均根长/cm	平均苗高/cm	新增叶数/片
1	3/2MS	79.42±8.91 ^c	2.97±1.94 ^b	1.12±1.94 ^c	0.84±0.58 ^{bc}	1.95±1.21 ^b
2	MS	89.89±3.85 ^{bc}	3.61±1.95 ^{ab}	1.84±2.22 ^c	0.76±0.45 ^c	1.89±0.80 ^b
3	3/4MS	93.52±5.78 ^{ab}	3.96±2.15 ^a	7.90±5.76 ^a	1.48±0.78 ^a	3.10±1.52 ^a
4	1/2MS	100.00±0 ^a	4.41±2.07 ^a	8.69±4.62 ^a	1.05±0.37 ^b	3.17±1.24 ^a
5	WPM	96.67±5.77 ^{ab}	4.51±2.06 ^a	5.68±4.00 ^b	1.05±0.47 ^b	3.13±1.32 ^a

5 炼苗移栽

选择根系较好的健壮植株移栽到蛭石、沙子、泥炭土等体积比的基质中。移栽前期用一次性杯或薄膜覆盖,并喷雾保持空气湿润,30 d移栽成活率可达到66.67%,植株生长良好,根系与移栽前的组培苗相比长出较多细小须根(图1-H和I)。

讨 论

植物离体快繁体系建立的首要条件是获得有活性的无菌材料,外植体的选择具有至关重要的作用。前期的实验表明,以猴耳环茎段、茎尖为外植体,褐化和内生菌问题难以克服,获得具有活性的无菌材料极其困难。实验后期选择猴耳环成熟的种子为外植体。根据前期种子生物学研究,种皮与胚之间带菌严重,预实验表明需要剥去消毒剂难以渗透的种皮,直接对成熟的种胚进行灭菌处理,可以明显降低污染率。在消毒灭菌过程中,酒精消毒效果好,但猴耳环种胚对酒精耐受力差,可能与酒精的强渗透性容易对胚的活性造成伤害有关,从而降低种子的萌发率(任如意等

2014)。种胚对升汞的耐受力较好,单独使用升汞灭菌即可取得较好的效果,节约成本,操作方便。猴耳环种子为子叶留土型,在萌发过程中子叶可提供充足的营养物质,种胚经无菌处理后接种于不添加激素的培养基上即可快速萌发和生长,短时间内可长成小植株用于丛芽初代诱导。

组织培养中,内源性激素形成速度慢,一般无法满足植株生长需求,因此植物生长物质的使用是诱导植物分化芽和根的关键因素(李林轩等2013)。ZT是一种天然细胞分裂素,在猴耳环丛芽诱导过程中并没有表现出很强的细胞分裂能力,增殖系数不高,这与罗旭璐等(2014)在樟叶越桔丛芽研究结果相似。ZT的市场价格较高,综合考虑其效果和成本,在大规模种苗扩繁中为提高经济效益不建议使用。TDZ作为一种高效植物生长调节剂,具有很强的细胞分裂活性,低浓度处理材料即可达到较佳的诱导增殖效果,但诱导丛芽过程中抑制芽的生长(徐晓峰和黄学林2003;王鑫和孔祥生2014),添加进培养基后小芽叶片黄化和矮化现象明显,不适合单独用于猴耳环丛芽诱导和继

代增殖。6-BA作为一种常用的植物细胞分裂素,对猴耳环丛芽初代诱导影响显著,取得较佳的效果,但使用过程中需要控制好浓度,过高浓度会抑制小芽生长并出现玻璃化现象。在继代增殖中通过正交试验进一步优化6-BA用量,提高增殖系数。植物生长素NAA和IBA对丛芽增殖系数影响达不到显著性,但适宜浓度与6-BA配合使用可以起到促进丛芽增殖和生长的作用,有利于继代增殖。

生根研究发现,无机盐的浓度对猴耳环的生根影响明显。MS为高盐培养基,抑制猴耳环生根,增加MS无机盐浓度,抑制作用变强,而减少无机盐浓度则具有促进根系形成作用(吴秀华等2013)。WPM广泛用于木本植物离体培养,其无机盐总含量远低于MS, WPM中N的含量仅相当于1/4MS,而K的含量略低于3/4MS, Ca、P和Mg的含量与MS相同。生根诱导结果表明, WPM效果与1/2MS类似,可能因为总无机盐含量相近,而N和K的含量相差的影响并没有达到显著性。基本培养基中各成分具体影响需要进一步的实验验证。低浓度无机盐基本培养基中,植株生长明显优于高无机盐培养基,与猴耳环形成根系后可以更好的吸收培养基中的营养物质有关,或低无机盐环境更适合猴耳环的生长。本实验建立了猴耳环离体快繁体系,

为产业化快速育苗提供技术支持,对种质资源保存,中药材规范化种植与资源的可持续利用具有重要意义。

参考文献

- 陈元胜,叶永才(2004). 广东省中药材标准(第一册). 广州: 广东科技出版社, 197~199
- 李霖光,刘庆博,黄肖霄,刘志翔,彭纛,宋少江(2015). 猴耳环化学成分的分离与鉴定及抗氧化活性测定. 沈阳药科大学学报, 32(5): 343~346
- 李林轩,凌征柱,李翠,彭凌,韦坤华(2013). 珙菲亚组织培养条件的优化研究. 中草药, 44(10): 1334~1337
- 李药兰,李克明,苏妙贤,梁锦堂,陈玉武,张永文(2006). 猴耳环抗病毒有效成分研究. 中国中药杂志, 31(5): 397~400
- 刘莉莹,康洁,陈若芸(2013). 猴耳环属植物化学成分和药理作用研究进展. 中草药, 44(18): 2623~2629
- 刘欣(2013). 猴耳环种子生物学特性、逆境萌发生理特性及其种苗分级标准的研究[学位论文]. 广州: 广州中医药大学
- 罗旭璐,唐军荣,李娜,丁勇,张德国,马焕成,赵平(2014). 樟叶越桔的组织培养与快速繁殖. 植物生理学报, 50(11): 1717~1720
- 王鑫,孔祥生(2014). 流苏树的组织培养和快速繁殖. 植物生理学报, 50(10): 1510~1514
- 任如意,薛巨坤,李艳萍,魏继承,纪春艳(2014). 药用植物北玄参高频再生体系建立. 植物生理学报, 50(12): 1816~1820
- 吴秀华,张艳玲,周月,罗克明,汤绍虎(2013). '海沃德'猕猴桃叶片高频直接再生体系的建立. 植物生理学报, 49(08): 759~763
- 肖斌(2014). 猴耳环种子贮藏及其种苗繁育研究[学位论文]. 广州: 广州中医药大学
- 徐晓峰,黄学林(2003). TDZ: 一种有效的植物生长调节剂. 植物学通报, 20(2): 227~237