

## 曼地亚红豆杉的组织培养快繁技术\*

马 均 马明东

(四川农业大学都江堰分校 都江堰 611830)

**摘 要:** 以曼地亚红豆杉扦插苗当年生枝的带芽茎段为外植体,进行腋芽增殖再生植株育苗试验。结果表明:MS + 6-BA 0.05 mg·L<sup>-1</sup> + NAA 0.5 mg·L<sup>-1</sup>是曼地亚红豆杉腋芽增殖启动培养的适宜培养基,启动率 89.55%。6-BA 对芽的启动是必需,但浓度稍高启动率便极显著下降。生长调节物质对芽的启动有利但抑制芽的生长,不添加生长调节物质的 MS(有机物加倍)培养基是曼地亚红豆杉侧芽继代培养的适宜培养基,有效芽率为 72.73%,平均芽长 3.3 cm。曼地亚红豆杉组培生根不定根的诱导比较困难,生根率最高 27.78%。不定根的发生需要在植物体内建立一个最佳的细胞分裂素和生长素的平衡,而不仅是需要生长素。用 IBA 1 000 mg·L<sup>-1</sup> 作生根促进剂处理 30 s 进行瓶外生根,生根率达到 58.33%,是进行曼地亚红豆杉组培无根苗生根诱导的适宜处理方式。

**关键词:** 曼地亚红豆杉; 组培; 腋芽增殖; 植株再生

中图分类号: S723.132

文献标识码: A

文章编号: 1001-7488(2007)07-0030-05

Tissue Culture Technique of *Taxus media* 'Hecksii'

Ma Jun Ma Mingdong

(Duijiangyan Campus of Sichuan Agriculture University Duijiangyan 611830)

**Abstract:** Young stem section with buds of cutting plantlets of *Taxus media* 'Hicksii' was used as explants for armpit bud multiplication plantlet regeneration experiment. The results showed, MS + 6-BA 0.05 mg·L<sup>-1</sup> + NAA 0.5 mg·L<sup>-1</sup> is the optimal culture medium for startup culture, the startup rate is 89.55%. 6-BA is indispensable for startup, but the concentration of it should be low. The growth regulators were beneficial for the startup of the buds, but harmful for the growth of it. MS (double organic matter) culture medium with no growth regulators was suitable for buds to grow on. The valid buds rate is 72.73%; mean length of buds is 3.3 cm. The induction of adventitious roots needed to establish a suitable balance of auxin and cytokinin in the plantlet. Retting cuttings in IBA liquor (1 000 mg·L<sup>-1</sup>) 30 s was a fit means for root induction; the rooting rate is 58.33%.

**Key words:** *Taxus media* 'Hecksii'; tissue culture; armpit bud multiplication; plantlet regeneration

曼地亚红豆杉(*Taxus media* 'Hecksii') 又称直立杂种紫杉,是美国于 1918 年发现的以欧洲红豆杉(*T. baccata*)为父本与东北红豆杉(*T. cuspidata*)为母本的一个天然杂交种(张照喜,2005)。多为常绿灌木,主根不明显,侧根发达,萌发力强,耐修剪,耐寒,能耐 -25℃ 以下低温,生长速度快,对环境适应性强。实测年高为国内红豆杉的 3~7 倍,生长优势明显。3~4 a 生物量积累为 300~400 g·株<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>,5 年生时产干原料 1 kg·株<sup>-1</sup>(蒲春林等,2005)。曼地亚红豆杉紫杉醇含量高且稳定,为 0.03%~0.06%,是中国红豆杉品种含量的 8~10 倍(王占和,2005)。且可全株利用,枝叶含量可达 0.046%,相当于一般红豆杉属植物干树皮含量的 2~4 倍(李守玉,2005)。经比较研究认为曼地亚红豆杉是筛选出的紫杉醇含量高的优良种(毛锁云等,2002)。因而进行曼地亚红豆杉快繁育苗技术体系的研究意义重大。目前对红豆杉的研究主要集中在:细胞培养(刘佳佳等,1999)、发酵培养(陈毅坚等,2003)、化学合成(邓先珍等,2002)、遗传转化(李云等,2003)等方面。虽都取得了一定的试验进展,但都还未达到商业化生产的要求。而且无论是直接提取还是半合成,均离不开其资源植物红豆杉(张钢民等,1998)。因而解决紫杉醇的需求问题只能依靠快繁育苗发展药用原料林。目前生产上主要采用扦插繁殖来培育红豆杉,而对红豆杉组织培养快繁育苗的研究还未见系统报道。以东北红豆杉芽苞和茎尖为外植体,在添加 6-BA 和 NAA 的培养基上能诱导芽的发生和生长,将芽体转到含 IBA 的生根培养基上,2 月后可诱导不定根的发生。但生根时间长,生根率低(程广有等,2000)。红豆杉属植物能获

收稿日期:2006-09-01。

基金项目:四川省教育厅重点研究项目(2003A023)。

\* 马明东为通讯作者。

得较高的愈伤组织诱导率(刘涤等,1997;李景原等,1997;马均等,2006),但愈伤组织的再分化困难(刘丽萍等,1998),以云南红豆杉当年生枝段为外植体诱导的愈伤组织分化出了不定芽,但分化率低,芽体生长速度慢,还远达不到快繁育苗的要求。基于以上情况,以曼地亚红豆杉当年生枝的带芽茎段为外植体进行了腋芽增殖再生植株育苗技术的研究,以期实现曼地亚红豆杉高效快速的繁殖,为药用原料林的培育提供优质壮苗。

## 1 材料与方 法

### 1.1 植物材料

试验材料为四川农业大学都江堰分校实习苗圃的 5 年生曼地亚红豆杉扦插苗。

### 1.2 启动培养

于晴朗午后采健壮母株上的当年生枝条,在洗衣粉溶液中清洗浸泡 30 min,35 ℃温水浸泡 30 min,剪切成 1.5 cm 左右的带芽茎段,然后在无菌操作台上用 75% 的酒精消毒 30 s,无菌水清洗 3 次,0.1% 新洁尔灭消毒 10 min,无菌水冲洗 3 次,0.1% 的 HgCl<sub>2</sub> 连续 2 次消毒共 12 min,无菌水清洗 5 次,作为组织培养的外植体接种于表 1 所示的正交试验的培养基上。每处理接种 30 个外植体,重复 3 次。接种后置全自动光照培养箱进行培养,培养温度(25 ± 1) ℃,光照时间 12 h·d<sup>-1</sup>,光照强度 1 500 lx。培养 40 d 后统计启动率。启动率(%) = (腋芽已萌发的外植体数/无菌外植体数) × 100。

### 1.3 继代培养

启动培养获得的无菌苗转接到表 2 所示的继代培养基上生长,以获得生长健壮的无根苗。同时,以不添加生长调节物质的不同基本培养基(见表 3)进行继代培养,每处理 30 个外植体,重复 3 次。培养 30 d 后统计有效芽率、平均苗高。有效芽率(%) = (苗高 > 2.0 cm 苗数/接种苗数) × 100;平均芽长(cm) = 有效苗高总和/有效苗数。

### 1.4 生根培养

1.4.1 组织培养生根 继代培养得到的生长健壮、苗高 2 cm 以上的芽接种到生根培养基上。每处理 30 个外植体,重复 3 次。接种 3 个月后统计生根率、根长、根数。

1.4.2 瓶外生根 将继代培养得到的生长健壮、苗高 2 cm 以上的无根苗从培养瓶中取出,洗净基部培养基,分别用 ABT、IBA 作生根促进剂,浓度 1 000 mg·L<sup>-1</sup>、500 mg·L<sup>-1</sup>,速浸 30 s 后插入经高压灭菌后的蛭石上。每处理插 30 个无根苗,重复 3 次。扦插后置室内,自然光照,经常喷水保湿。2 个月后统计生根率。

## 2 结果与分析

### 2.1 曼地亚红豆杉腋芽的启动萌发

曼地亚红豆杉带芽茎段接种后 10 d 侧芽开始萌动,芽膨大,芽鳞张开,同时茎段切口处开始膨大,产生愈伤组织。

从表 1 可以看出,生长调节物质的不同浓度和对比对芽的启动有极显著影响。一般认为细胞分裂素与生长素比值高有利于芽的萌发,但曼地亚红豆杉芽萌发的适宜细胞分裂素浓度很低。6-BA 的 3 个浓度水平对芽启动的影响有极显著差异,0.05 mg·L<sup>-1</sup> 的启动率为 89.55%,极显著地高于其他两水平,细胞分裂素与生长素的适宜比例为 1:10,这可能是由于曼地亚红豆杉内源细胞分裂素水平较高。NAA 的 0.5 mg·L<sup>-1</sup> 和 0.75 mg·L<sup>-1</sup> 两水平间启动率没有显著差异,都较适合于曼地亚红豆杉的启动培养,应选用 0.5 mg·L<sup>-1</sup>。

表 1 曼地亚红豆杉启动培养<sup>①</sup>  
Tab.1 Startup culture of *T. media* 'Hecksii'

| 试验号<br>No. | 6-BA/<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) | NAA/<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) | 启动率<br>Induction rate/% |
|------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 1          | 1(0.05) <sup>AA</sup>          | 1(0.5) <sup>AA</sup>          | 89.55 <sup>AA</sup>     |
| 2          | 1                              | 2(0.75) <sup>AA</sup>         | 84.15 <sup>AA</sup>     |
| 3          | 1                              | 3(1.0) <sup>BB</sup>          | 63.38 <sup>BC</sup>     |
| 4          | 2(0.1) <sup>BB</sup>           | 2                             | 71.60 <sup>BB</sup>     |
| 5          | 2                              | 3                             | 58.19 <sup>CD</sup>     |
| 6          | 2                              | 1                             | 61.79 <sup>BC</sup>     |
| 7          | 3(0.15) <sup>CC</sup>          | 3                             | 63.83 <sup>BC</sup>     |
| 8          | 3                              | 1                             | 60.76 <sup>CC</sup>     |
| 9          | 3                              | 2                             | 50.59 <sup>DD</sup>     |

①表中标注字母为 Duncon 新复极差分析结果,小写字母表示显著性 95%,大写字母表示显著性 99%。According to Duncan multiple rang test, the different values with small letters are significantly different at the 0.05 level, the different values with capital letters are significantly different at the 0.01 level. 下同。The same below.

9个试验处理中,处理1和处理2之间启动率没有显著差异,但都极显著地高于其他处理。从节约药品、降低成本的角度从发,处理1:6-BA 0.05 mg·L<sup>-1</sup> + NAA 0.5 mg·L<sup>-1</sup>是比较适宜的芽启动培养的激素配方。

## 2.2 继代培养

2.2.1 生长调节物质组合对曼地亚红豆杉继代培养的影响 以MS作基本培养基,采用6-BA和NAA不同浓度的多种组合进行继代培养生长调节物质组合的筛选,试验结果见表2。

由表2可以看出,激素组合对继代培养嫩梢的伸长有极显著影响。不添加任何激素的处理的培养基有效芽率极显著地高于其他所有添加激素的处理。这说明生长调节物质对曼地亚红豆杉芽的诱导启动有利,但对芽的生长有抑制作用,这与李胜等(2004)的观点一致。在添加激素的处理中,6-BA浓度低的处理有效芽率极显著地高于6-BA浓度高的处理,而NAA各浓度间规律不明显。这说明,细胞分裂素对芽生长的抑制作用明显,浓度稍高,有效芽率明显下降。而生长素对芽伸长的抑制作用不明显。有效芽长在各种处理间差异不大,且规律不明显,这可能是由于芽的伸长生长量受着外植体本身营养状况的影响较大。由此,应选择不添加任何激素的基本培养基作为继代培养基。

2.2.2 不同基本培养基对曼地亚红豆杉继代培养的影响 生长调节物质对曼地亚红豆杉芽的诱导有效,但对芽的生长有抑制作用。选用不添加激素的培养基作为曼地亚红豆杉的继代培养基。由表3可以看出,不同的基本培养基类型对曼地亚红豆杉芽的伸长生长

作用有极显著差异。MS(有机物加倍)的有效芽率和平均芽长都极显著地高于MS(铁盐加倍)、MS、1/2MS WPM和1/2WPM。所以MS(有机物加倍)是曼地亚红豆杉继代培养的适宜培养基。

## 2.3 生根培养

2.3.1 组织培养生根 将继代培养得到的长于2 cm的无根苗转接到生根培养基上,2个月后长出不定根。生根培养基配方和不定根发生情况如见表4。

由表4可以看出,曼地亚红豆杉不定根的诱导比较困难,生根率较低,最高只有27.78%。生根时间长,根系生长较慢。诱导2个月后,最长平均根长仅为1.24

cm。WPM和MS都可作为曼地亚红豆杉主根诱导的基本培养基。WPM生根率更高。但在相同激素组合情况下,MS培养基上不定根发生数量更多,为4.7条,但发根较迟,接种50 d后才开始出现乳白色根突起。从生长调节物质组合来看,单独使用生长素的培养基都没有发生不定根,而配以低

表2 不同生长调节物质组合对继代培养的影响  
Tab.2 Effects of different growth regulator composition on growth of culture

| 试验号<br>No. | 6-BA/<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) | NAA/<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) | 有效芽率<br>Valid sprout rate/% | 平均芽长<br>Mean sprout length/cm |
|------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 1          | —                              | —                             | 60.57 <sup>AA</sup>         | 2.7 <sup>a</sup>              |
| 2          | —                              | 0.5                           | 18.75 <sup>bB</sup>         | 2.5 <sup>ab</sup>             |
| 3          | 0.05                           | 1.0                           | 11.54 <sup>cd BC</sup>      | 2.3 <sup>ab</sup>             |
| 4          | 0.05                           | 2.0                           | 14.28 <sup>bc BC</sup>      | 2.1 <sup>b</sup>              |
| 5          | 0.1                            | 0.5                           | 10.25 <sup>cd BC</sup>      | 2.1 <sup>b</sup>              |
| 6          | 0.1                            | 1.0                           | 8.25 <sup>cd C</sup>        | 2.2 <sup>ab</sup>             |
| 7          | 0.1                            | 1.25                          | 10.33 <sup>cd BC</sup>      | 2.1 <sup>b</sup>              |
| 8          | 0.5                            | 1.0                           | 7.68 <sup>cd C</sup>        | 2.2 <sup>ab</sup>             |
| 9          | 1.0                            | 1.0                           | 4.89 <sup>d C</sup>         | 2.3 <sup>ab</sup>             |

表3 不同基本培养基对继代培养的影响  
Tab.3 Effects of different basic culture medium on growth of culture

| 基本培养基<br>Basic medium           | 有效芽率<br>Valid sprout rate/% | 平均芽长<br>Mean sprout length/cm |
|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| MS                              | 60.57 <sup>bB</sup>         | 2.7 <sup>bB</sup>             |
| MS(铁盐加倍 Double molysite)        | 57.89 <sup>bB</sup>         | 2.3 <sup>cC</sup>             |
| MS(有机物加倍 Double organic matter) | 72.73 <sup>AA</sup>         | 3.3 <sup>AA</sup>             |
| 1/2MS                           | 56.71 <sup>bB</sup>         | 2.5 <sup>bcBC</sup>           |
| WPM                             | 42.32 <sup>cC</sup>         | 2.2 <sup>cC</sup>             |
| 1/2WPM                          | 31.32 <sup>dD</sup>         | 2.2 <sup>cC</sup>             |

表4 生根培养不定根发生情况

Tab.4 Situation of adventitious root induction in root induction culture

| 培养基<br>Culture medium   | 生根率<br>Rooting rate/% | 平均根数<br>Mean number of roots | 平均根长<br>Mean length of roots/cm |
|-------------------------|-----------------------|------------------------------|---------------------------------|
| WPM + 6-BA0.05 + NAA1.0 | 27.78                 | 2.7                          | 1.09                            |
| WPM + 6-BA0.1 + NAA1.0  | 23.08                 | 3.7                          | 1.24                            |
| WPM + 6-BA0.05 + NAA2.0 | 11.11                 | 2.5                          | 0.42                            |
| MS + 6-BA0.05 + NAA1.0  | 21.42                 | 4.7                          | 0.34                            |
| 1/2MS + IBA1.0          | 0.0                   | —                            | —                               |
| 1/2MS + IBA2.0          | 0.0                   | —                            | —                               |
| WPM + IBA0.5 + NAA0.1   | 0.0                   | —                            | —                               |
| WPM + IBA2.0 + NAA0.1   | 0.0                   | —                            | —                               |
| WPM + IBA4.0 + NAA0.1   | 0.0                   | —                            | —                               |
| WPM + NAA2.0            | 0.0                   | —                            | —                               |

浓度细胞分裂素的培养基上都有不定根的发生。这说明曼地亚红豆杉不定根的发生需要在植物体内建立一个最佳的细胞分裂素和生长素的平衡,而不仅仅是需要生长素。尽管细胞分裂素被认为对生根有抑制作用,但在后期这种抑制作用会消失,而根原基的发育似乎依赖于细胞分裂素。WPM + 6-BA  $0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  + NAA  $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  是曼地亚红豆杉较适宜的生根培养基。

将已经生根的小苗转移到不含激素的 WPM 培养基上,根系会伸长生长,并再发生不定根。30 d 后,平均根数可达 5.5 条,平均根长达 1.6 cm,最长根长 5.2 cm,所得全苗如图 1。这是因为在根的伸长阶段生长素并非必需,而且会抑制根的生长发育。所以,通常在对木本植物进行生根培养时采用两步法:即先在富含生长素的培养基上进行根的发生,尔后转接到无任何生长调节物质的培养基上进行根的伸长生长(李胜等, 2004)。

2.3.2 瓶外生根 将继代培养得到的嫩梢用 IBA、ABT 作生根促进剂速浸处理后插植于灭菌后的蛭石上,插植后 2 个月开始出现愈伤组织,3 个月后调查生根率如表 5。用 IBA 作生根促进剂效果极显著地优于 ABT,且 IBA  $1000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  处理生根率最高,达到 58.33%, 是进行曼地亚红豆杉组

培无根苗生根诱导的适宜处理方式。通过瓶外生根获得的全苗茎基部愈伤组织小,有利于移栽成活。所得全苗如图 2。

表 5 瓶外生根情况

Tab.5 Situation of rooting in out-vase culture

| 生根促进剂<br>Rooting promoter | 浓度<br>Concentration/ $(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$ | 处理时间<br>Treatment time/s | 生根率<br>Rooting rate/% |
|---------------------------|--|--------------------------|-----------------------|
| IBA                       | 1 000  | 30                       | 58.33 <sup>aA</sup>   |
| IBA                       | 500  | 30                       | 46.15 <sup>bB</sup>   |
| ABT                       | 1 000  | 30                       | 25.0 <sup>cC</sup>    |
| ABT                       | 500  | 30                       | 23.08 <sup>cC</sup>   |

培无根苗生根诱导的适宜处理方式。通过瓶外生根获得的全苗茎基部愈伤组织小,有利于移栽成活。所得全苗如图 2。



图 1 组培生根的全苗

Fig. 1 Plantlet regenerated from tissue culture

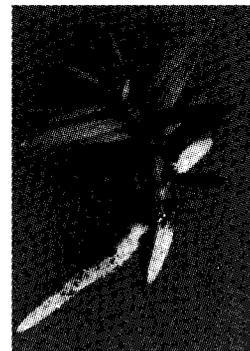


图 2 瓶外生根的全苗

Fig. 2 Plantlet regenerated from out-vase rooting culture

### 3 结论

通过选择腋芽增殖启动培养、继代培养、生根培养各阶段的最优培养基和培养技术,可获得完整的曼地亚红豆杉试管苗。生长调节剂的不同浓度和对比对芽的启动有极显著影响。MS + 6-BA  $0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  + NAA  $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  是曼地亚红豆杉腋芽增殖启动培养的适宜培养基。细胞分裂素对芽的诱导有利,但对芽的生长抑制作用明显,浓度稍高,有效芽率便明显下降。生长素对芽伸长的抑制作用不明显。不添加生长调节物质的 MS(有机物加倍)培养基是曼地亚红豆杉侧芽继代培养的适宜培养基,有效芽率为 72.73%,平均芽长 3.3 cm。曼地亚红豆杉不定根的诱导比较困难,生根率较低,最高只有 27.78%。生根时间长,根系生长较慢。WPM + 6-BA  $0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  + NAA  $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  是曼地亚红豆杉较适宜的生根培养基,生根率 27.78%。将已经生根的小苗转移到不含激素的 WPM 培养基上 30 d 后,平均根数可达 5.5 条,平均根长达 1.6 cm,最长根长 5.2 cm。培养条件为光照时间  $12 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1}$ ,光照强度 1 500 lx,培养温度  $(25 \pm 1) \text{ } ^\circ\text{C}$ 。用 IBA  $1000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  作生根促进剂处理 30 s 进行瓶外生根,生根率达到 58.33%, 是进行曼地亚红豆杉组培无根苗生根诱导的适宜处理方式。

## 4 讨论

### 4.1 植物生长调节物质对曼地亚红豆杉芽启动培养的影响

植物生长调节物质对曼地亚红豆杉芽的启动有极显著影响。6-BA 和 NAA 的浓度和两者之间的比例都要在较低的水平上才能获得较高的启动率。尤其是 6-BA 的浓度稍微提高都会使启动率下降。这与何碧珠等(2003)需要用较高浓度( $4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )的促进芽分化能力最强的细胞分裂素 2 ip 来诱导曼地亚红豆杉芽启动的结果刚好相反。这可能是由于外源生长调节物质处理就是为了调节外植体达到一个适宜芽启动的生长素和细胞分裂素水平。而不同品种的外植体材料其内源激素水平可能有较大差异,所以所需的外源生长调节物质也就不同。

### 4.2 曼地亚红豆杉试管苗的生根培养

在本次试验组培生根和瓶外生根都获得了曼地亚红豆杉组织培养苗的全苗。瓶外生根效果较好,生根率较组培生根高,茎段基部愈伤组织小,有利于移栽成活,且减少了炼苗的过程,避免了污染,降低了成本,是值得继续探索的曼地亚红豆杉组培苗生根方式。但总的来看,生根率还较低,生根时间还较长,这都会阻碍曼地亚红豆杉组织培养育苗的产业化。因此,关于曼地亚红豆杉生根过程中枝条的生理变化、生根机制以及生根的适宜培养基和培养条件还有待于进一步探索和研究,以提高生根率,缩短生根时间,推动曼地亚红豆杉组织培养育苗的产业化。

## 参 考 文 献

- 陈毅坚,张灼,王艳,等.2003.云南红豆杉内生真菌中产紫杉醇真菌的筛选.生物技术,13(2):10-11
- 程广有,王明启.2000.东北红豆杉的微繁技术.东北林业大学学报,28(2):13-16
- 邓先珍,胡春华.2002.红豆杉资源与开发利用研究综述.环境科学与技术,25(增):74-77
- 何碧珠,林义章,何官榕,等.2003.曼地亚红豆杉离体培养及植株再生.福建农林大学学报:自然科学版,32(4):482-485
- 李景原,王太霞,张晋豫,等.1997.红豆杉愈伤组织诱导及细胞培养的研究.河南师范大学学报:自然科学版,25(1):104-106
- 李胜,杨德龙,李唯,等.2004.植物试管苗离体生根研究进展.农业工程学报,20(增):34-43
- 李守玉.2005.曼地亚红豆杉引种试验初报.林业调查规划,30(增):82-85
- 李云,梁庆丰,曹孜义.2003.红豆杉体外培养生产紫杉醇研究.北京林业大学学报,25(1):86-92
- 刘涤,章国瑛,王晓,等.1997.红豆杉资源与紫杉醇生产概况.植物资源与环境,6(1):48-53
- 刘佳佳,郭勇.1999.红豆杉细胞培养生产紫杉醇研究进展.经济林研究,17(2):46-48
- 刘丽萍,张立莹,贾景明,等.1998.东北红豆杉组织培养的研究.沈阳农业大学学报,29(3):302-305
- 马均,马明东,周宇嫄.2006.曼地亚红豆杉愈伤组织诱导试验.林业科技,31(1):12-15
- 毛锁云,王海珍.2002.曼地亚红豆杉的栽培利用前景.江苏林业科技,29(1):50-51
- 蒲春林,万军,刘世彬,等.2005.曼地亚红豆杉繁殖栽培技术.林业科技开发,19(3):60-62
- 王占和.2005.曼地亚红豆杉及其市场前景.特种经济动植物,(3):32
- 张钢民,张涛,杨文利.1998.红豆杉属植物的研究进展.河北农业大学学报,21(4):104-107
- 张照喜,喻泓,杜化堂,等.2005.曼地亚红豆杉径枝生长关系研究.武夷科学,25(1):47-52

(责任编辑 郭广荣)