

不同施肥处理对曼地亚红豆杉‘Hicksii’ 生长和紫杉醇含量的影响

李乃伟, 彭峰, 冯煦, 单宇, 束晓春, 夏冰^①

(江苏省·中国科学院植物研究所(南京中山植物园), 江苏 南京 210014)

摘要: 采用 L9(3⁴) 正交实验设计, 研究了温室盆栽和田间栽培条件下, 不同氮、磷、钾施用水平对曼地亚红豆杉‘Hicksii’(*Taxus media* ‘Hicksii’) 生长及紫杉醇含量的影响。结果表明, 不同的氮、磷、钾施用水平对曼地亚红豆杉‘Hicksii’盆栽苗和田间栽培苗的生长量、枝叶产量和紫杉醇含量有显著影响, 影响效应从大至小依次为氮、磷、钾。根据生长综合指标确定最有利于曼地亚红豆杉幼苗生长的氮、磷、钾施用量分别为 400、66 和 200 mg·L⁻¹; 最有利于紫杉醇积累的氮、磷、钾施用量分别为 200、66 和 133 mg·L⁻¹。此外, 曼地亚红豆杉‘Hicksii’田间栽培苗的生长量、枝叶产量和紫杉醇含量显著高于盆栽苗。

关键词: 曼地亚红豆杉; 施肥水平; 紫杉醇含量; 生长量

中图分类号: S791.49; R282.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-0978(2008)02-0028-06

Effects of different fertilization treatments on growth and taxol content of *Taxus media* ‘Hicksii’

LI Nai-wei, PENG Feng, FENG Xu, SHAN Yu, SHU Xiao-chun, XIA Bing^① (Institute of Botany, Jiangsu Province and the Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2008, 17(2): 28-33

Abstract: The effects of different fertilization levels of N, P and K on growth and taxol content of *Taxus media* ‘Hicksii’ seedlings were studied by the orthogonal experiment design L9(3⁴) in pot culture and field culture conditions. The results show that the different fertilization levels of N, P and K have the remarkable influence on growth quantity, yield of branch and leaf and taxol content of *T. media* ‘Hicksii’ seedlings, and the effect order from big to small is N, P, K. According to the growth overall desirability, the optimal fertilization level of N, P and K being beneficial to growth of *T. media* ‘Hicksii’ seedlings is 400, 66 and 200 mg·L⁻¹ respectively; the optimal fertilization level of N, P and K being beneficial to taxol accumulation of *T. media* ‘Hicksii’ seedlings is 200, 66 and 133 mg·L⁻¹ respectively. Moreover, the growth quantity, the yield of branch and leaf and taxol content of *T. media* ‘Hicksii’ seedlings cultivated in field are higher than that of the pot seedlings.

Key words: *Taxus media* ‘Hicksii’; fertilization level; taxol content; growth quantity

曼地亚红豆杉(*Taxus media* Rehde)是欧洲红豆杉(*T. baccata* L.)与东北红豆杉(*T. cuspidate* Sieb. et Zucc.)的杂交种。*T. media* ‘Hicksii’为曼地亚红豆杉的栽培品种之一, 全株含有有效的抗癌药物成分——紫杉醇(taxol), 且含量较高^[1]。有研究发现, 曼地亚红豆杉‘Hicksii’条形叶中的紫杉醇含量一般为 0.23%~0.32%^[2-4], 高于云南红豆杉(*T. yunnanensis* Cheng et L. K. Fu)树皮中紫杉醇的含量(0.15%)^[5]。由于曼地亚红豆杉枝叶茂盛, 扦插 3~5 a 后每年即可收获 2 次枝叶, 是目前获得紫杉

醇的最佳资源植物。

迄今为止, 对红豆杉属(*Taxus* L.)植物栽培过程中营养和施肥方面的研究较少, 且更为缺乏对氮、磷、钾肥的施用量及合理配比的研究报道。合理施肥不仅能促进药用植物的生长, 而且对药用成分的

收稿日期: 2008-01-07

基金项目: 南京市科技计划资助项目(2003 农资 109)

作者简介: 李乃伟(1983-), 男, 山东聊城人, 硕士研究生, 主要从事药用植物资源开发利用和遗传多样性等方面的研究。

^① 通讯作者 E-mail: bingxia@mail.cnbg.net

含量及药材产量也有一定的影响^[6-8]。

作者采用3因素3水平的正交实验设计方案,分别在盆栽和田间栽培条件下,研究了氮、磷、钾的不同施用水平对曼地亚红豆杉‘Hicksii’幼苗生长、枝叶产量和紫杉醇含量的影响,以期对曼地亚红豆杉的科学栽培提供实验依据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试苗木为2.5 a生曼地亚红豆杉‘Hicksii’(*Taxus media* ‘Hicksii’)的扦插苗,于2003年引种自美国 Mitsch Nursery Inc 公司,扦插苗的生长状态基本一致,苗高约16.90 cm,地径约0.45 cm。

温室盆栽实验以瓦盆(12 cm × 21 cm × 12 cm)为栽培容器,栽培基质为按3:1:1体积比配制的泥炭、珍珠岩和河沙混合基质,每盆基质量1 kg,基质中含速效氮40.0 μg · g⁻¹、速效磷6.7 μg · g⁻¹和速效钾27.7 μg · g⁻¹,混合基质pH 6.35。田间栽培土壤中含速效氮81.6 μg · g⁻¹、速效磷12.5 μg · g⁻¹和速效钾53.7 μg · g⁻¹,土壤pH 6.65。

1.2 方法

1.2.1 处理方法 于2006年3月至2007年9月在南京中山植物园实验温室和苗圃内分别进行盆栽实验和田间栽培实验,并进行除草和浇水等常规管理。按照L₉(3⁴)正交表设计氮、磷、钾施用量的3因素3水平的正交实验,其中,氮施用量的3个水平为200、400和600 mg · L⁻¹;磷施用量的3个水平为33、66和100 mg · L⁻¹;钾施用量的3个水平为66、133和200 mg · L⁻¹,以清水为对照,共10个处理。

按前述的实验设计配制营养液,其中,磷肥以NH₄H₂PO₄形式加入,钾肥以KNO₃形式加入,氮肥除NH₄H₂PO₄和KNO₃的形式加入外,不足部分用(NH₄)₂SO₄补充。在曼地亚红豆杉幼苗生长期(4月至8月)浇施营养液,盆栽苗的施用量为每盆500 mL,田间栽培苗的施用量为每株500 mL。每月浇施营养液3~4次,施肥后的第3天用3倍于营养液体积的清水进行脱盐处理。盆栽实验每处理6盆,每盆2株;田间实验每小区每处理9株,每小区面积均为2.2 m²,株距0.5 m,行距0.4 m。各处理均重复3次。

1.2.2 生长指标的测定方法 于2007年9月取样进行各项生长指标的测定。盆栽苗和田间栽培苗各处理每重复分别取样6株,分别测量幼苗的株高、新梢长、地径、枝叶和根系的鲜质量,并计算各指标的平均值。上述指标测量完毕后,将各处理样株的枝叶从主干上剪下,置于40℃烘箱中处理7 d至恒重,称取枝叶的干质量,以枝叶干质量作为单株药材的产量。

1.2.3 紫杉醇提取和含量测定方法 将烘干的枝叶样品粉碎后,精确称取5 g,用甲醇回流提取3次,每次1 h,其中第1次甲醇用量为100 mL,第2次和第3次甲醇用量分别为50 mL,合并3次甲醇提取液并浓缩至100 mL;用正己烷萃取4次,每次正己烷用量为100 mL,弃正己烷相,取甲醇相浓缩定容至25 mL。使用Agilent-1100高效液相色谱仪和DAD监测器,用HPLC方法^[9]测定紫杉醇的含量,检测波长227 nm。

1.3 数据处理

为客观反映氮、磷、钾各个因素之间的关系及各因素不同水平对曼地亚红豆杉幼苗生长的影响,采用综合评定法对实验结果进行评价和分析,即用生长综合指标(Overall desirability, OD)值进行直观分析和方差分析。同一处理的各生长指标测定值与对照测定值的比值之和即为该处理的生长综合指标OD值。

实验数据均采用SPSS 13.0统计分析软件进行分析和处理。

2 结果和分析

2.1 不同施肥处理对曼地亚红豆杉生长的影响

2.1.1 不同施肥处理对盆栽苗生长的影响 在不同的施肥条件下,曼地亚红豆杉‘Hicksii’盆栽苗各项生长指标的测定值见表1。

由表1可知,曼地亚红豆杉‘Hicksii’盆栽苗的各项生长指标均随施肥条件的不同而变化。其中,氮施用量为400 mg · L⁻¹的3个处理组盆栽苗的株高均较高,以氮、磷、钾的施用量分别为400、66和66 mg · L⁻¹的处理组盆栽苗株高最高,达47.00 cm,且在这一施肥条件下,盆栽苗的株高和新梢长分别是对照的138.24%和179.76%;另外,在该施肥条件下,曼地亚红豆杉盆栽苗的地径生长最好,为

对照的139.91%。可见,肥料中氮、磷和钾的比例非常重要,如果配比不合理,即使增大施肥量,也不能增加曼地亚红豆杉‘Hicksii’盆栽苗的生长量。

由表1的实验数据还可以看出,不同施肥处理对曼地亚红豆杉‘Hicksii’盆栽苗生长量的影响程度不同,多数处理组间生长量的差异较大。在供试的9个施肥处理组中,以氮、磷、钾施用量分别为400、33和200 mg·L⁻¹的处理组盆栽苗的生长量最高,在该施肥条件下,曼地亚红豆杉“Hicksii”盆栽苗的枝叶鲜质量、根鲜质量和植株总鲜质量分别为对照的208.52%、170.28%和195.10%。可见,合适的施肥比例对曼地亚红豆杉‘Hicksii’盆栽苗的枝叶生长量至关重要。

通过生长综合指标(OD)的直观分析(表1)推测,对曼地亚红豆杉‘Hicksii’盆栽苗的生长而言,氮、磷和钾3个因素的最优施用水平分别为N2P2K3,即营养液中氮、磷、钾的施用量分别为400、66和200 mg·L⁻¹,但该施肥组合并不存在于实验设计的9个施肥处理中。

根据表1中的R值和对生长综合指标的方差分析结果均可以看出,氮肥的3个施用水平对曼地亚红豆杉‘Hicksii’盆栽苗生长的影响达到显著水平($P < 0.05$),磷肥和钾肥施用量的影响效应不显著

($P > 0.05$)。研究结果表明,氮、磷和钾3种营养元素对曼地亚红豆杉‘Hicksii’盆栽苗生长的效应不同,其中氮肥的施用水平影响效应最强,其次为磷的施用水平,钾的施用量对曼地亚红豆杉‘Hicksii’盆栽苗生长的影响效应最小。

2.1.2 不同施肥处理对田间栽培苗生长的影响
不同施肥处理对曼地亚红豆杉‘Hicksii’田间栽培苗各项生长指标的影响见表2。

由表2可见,随施肥条件的不同,田间栽培苗的各项生长指标的变化趋势与盆栽苗基本相同,以氮施用量为400 mg·L⁻¹的3个处理组栽培苗的株高、新梢长、地径和鲜质量总体较高。其中,氮、磷和钾施用量分别为400、33和200 mg·L⁻¹的施肥组合最有利于曼地亚红豆杉‘Hicksii’田间栽培苗的高生长,该处理组的株高和新梢长分别是对照的146.52%和120.30%;氮、磷和钾施用量分别为400、100和133 mg·L⁻¹的处理组田间栽培苗的地径生长最好,为对照的113.28%;氮、磷和钾施用量分别为200、100和200 mg·L⁻¹的施肥组合最有利于田间栽培苗植株鲜质量的积累,该处理组栽培苗的枝叶鲜质量、根鲜质量和植株总鲜质量分别是对照的297.78%、223.96%和274.83%。

表1 不同氮、磷和钾施用水平对曼地亚红豆杉‘Hicksii’盆栽苗生长影响的正交实验结果¹⁾

Table 1 The result of the orthogonal experiment on the effect of different fertilization levels of N, P and K on the growth of *Taxus media* ‘Hicksii’ pot seedlings¹⁾

实验号 No.	因素和水平 Factor and level				株高/cm Plant height	新梢长/cm New shoot length	地径/mm Ground diameter	不同部位的鲜质量/g Fresh weight of different parts			综合指标 Overall desirability
	A	B	C	D				枝和叶 Branch and leaf	根 Root	合计 Total	
CK	0	0		0	34.00	15.02	7.04	24.76	13.39	38.15	
1	200	33		66	35.64	16.87	7.13	36.25	14.76	51.01	7.09
2	200	66		133	37.67	20.71	7.78	46.85	18.69	65.54	8.60
3	200	100		200	36.11	19.51	7.26	40.82	16.77	57.59	7.80
4	400	33		200	42.50	26.30	9.01	51.63	22.80	74.43	10.02
5	400	66		66	47.00	27.00	9.85	50.34	22.10	72.44	10.16
6	400	100		133	44.20	26.68	9.18	51.37	21.03	72.40	9.92
7	600	33		133	35.54	14.20	7.57	35.06	14.96	50.02	6.91
8	600	66		200	39.13	20.00	8.54	41.14	18.23	59.37	8.27
9	600	100		66	38.75	19.10	8.12	36.52	15.91	52.43	7.60
K1	7.83	8.01	8.43	8.28							
K2	10.03	9.01	8.74	8.45							
K3	7.59	8.44	8.29	8.70							
R	2.44	1.00	0.45	0.41							

¹⁾ A: 氮浓度 N concentration (mg·L⁻¹); B: 磷浓度 P concentration (mg·L⁻¹); C: 空列 Blank; D: 钾浓度 K concentration (mg·L⁻¹).
表中数据为3次重复的平均值 The datums in this table are the average of three replications.

表2 不同氮、磷和钾施用水平对曼地亚红豆杉‘Hicksii’田间栽培苗生长影响的正交实验结果¹⁾Table 2 The result of the orthogonal experiment on the effect of different fertilization levels of N, P and K on growth of *Taxus media* ‘Hicksii’ seedlings cultivated in field¹⁾

实验号 No.	因素和水平 Factor and level				株高/cm Plant height	新梢长/cm New shoot length	地径/cm Ground diameter	不同部位的鲜质量/g Fresh weight of different parts			综合指标 Overall desirability
	A	B	C	D				枝和叶 Branch and leaf	根 Root	合计 Total	
	CK	0	0								
1	200	33		66	60.29	33.69	1.31	104.48	38.46	152.94	7.29
2	200	66		133	54.14	24.94	1.32	87.38	31.00	118.38	8.32
3	200	100		200	69.00	31.74	1.55	245.25	83.20	328.45	6.92
4	400	33		200	77.86	37.46	1.76	193.87	70.57	264.44	14.10
5	400	66		66	69.14	30.00	1.87	214.24	76.00	290.24	12.82
6	400	100		133	60.43	22.82	1.45	157.50	61.00	218.50	13.15
7	600	33		133	63.57	26.63	1.58	175.14	76.50	251.64	10.18
8	600	66		200	66.00	24.60	1.56	171.50	63.06	234.56	11.65
9	600	100		66	53.14	31.14	1.28	82.36	37.15	119.51	10.92
K1	7.51	10.52	10.70	10.34							
K2	13.36	10.93	11.11	10.55							
K3	10.92	10.33	9.97	10.89							
R	5.85	0.60	1.14	0.55							

¹⁾ A: 氮浓度 N concentration ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$); B: 磷浓度 P concentration ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$); C: 空列 Blank; D: 钾浓度 K concentration ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$). 表中数据为3次重复的平均值 The datums in this table are the average of three replications.

根据田间栽培苗生长综合指标的直观分析结果(表2)及方差分析结果可见,氮、磷和钾3种营养元素对曼地亚红豆杉‘Hicksii’田间栽培苗的生长效应与其对盆栽苗的效应类似,其中氮肥的施用水平影响效应最强,其次为磷的施用水平,钾的施用水平对曼地亚红豆杉‘Hicksii’田间栽培苗生长的影响效应最小。氮、磷和钾3个因素的最优施用水平组合为

N2P2K3,即营养液中氮、磷和钾的施用量分别为400、66和200 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

2.2 不同施肥处理对曼地亚红豆杉枝叶产量和紫杉醇含量的影响

在不同的施肥条件下,盆栽和田间栽培的曼地亚红豆杉‘Hicksii’幼苗的枝叶产量和紫杉醇含量见表3和表4。

表3 不同氮、磷和钾施用水平对曼地亚红豆杉‘Hicksii’盆栽苗单株枝叶产量和紫杉醇含量的影响¹⁾Table 3 Effect of different fertilization levels of N, P and K on the yield of branch and leaf and taxol content per plant of *Taxus media* ‘Hicksii’ pot seedlings¹⁾

实验号 No.	因素和水平 Factor and level				单株枝叶干质量/g Dry weight of branch and leaf per plant	紫杉醇含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ Taxol content	单株枝叶紫杉醇产量/ mg Taxol yield in branch and leaf per plant
	A	B	C	D			
CK	0	0		0	7.55Aa	0.144Dd	1.087ABab
1	200	33		66	9.35Bbc	0.191Ee	1.786DEe
2	200	66		133	12.38Dc	0.212Ff	2.625Gg
3	200	100		200	9.15Bb	0.186Ee	1.702CDEde
4	400	33		200	14.04De	0.150Dd	2.106Ff
5	400	66		66	12.47Cd	0.120Bb	1.496Cc
6	400	100		133	14.03De	0.131Cc	1.838Ee
7	600	33		133	9.40Bbc	0.106Aa	0.996Aa
8	600	66		200	11.76Cd	0.134Cc	1.576CDcd
9	600	100		66	10.08Bc	0.122Bb	1.230Bb
F					60.310**	247.355**	95.380**

¹⁾ A: 氮浓度 N concentration ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$); B: 磷浓度 P concentration ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$); C: 空列 Blank; D: 钾浓度 K concentration ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$). 表中数据为3次重复的平均值 The datums in this table are the average of three replications; 同列中不同的大写和小写字母分别表示在1%和5%水平上差异显著(Duncan多重比较法) The different capitals and small letters in the same column indicate the significant difference at 1% and 5% levels respectively by Duncan's multiple range test; ** : $P < 0.01$.

表4 不同氮、磷和钾施用水平对曼地亚红豆杉 'Hicksii' 田间栽培苗单株枝叶产量和紫杉醇含量的影响¹⁾Table 4 Effect of different fertilization levels of N, P and K on the yield of branch and leaf and taxol content per plant of *Taxus media* 'Hicksii' seedlings cultivated in field¹⁾

实验号 No.	因素和水平 Factor and level				单株枝叶干质量/g Dry weight of branch and leaf per plant	紫杉醇含量/mg · g ⁻¹ Taxol content	单株枝叶紫杉醇产量/mg Taxol yield in branch and leaf per plant
	A	B	C	D			
CK	0	0		0	17.81Aa	0.214BCbc	3.811Aa
1	200	33		66	28.76Cc	0.221BCDede	6.356Be
2	200	66		133	37.76Dd	0.271Ef	10.233Ef
3	200	100		200	39.08DEde	0.225CDde	8.793Cd
4	400	33		200	43.86FGf	0.218BCDbcd	9.561CDEe
5	400	66		66	44.18Gf	0.222BCDede	9.808DEef
6	400	100		133	41.16EFfe	0.228De	9.384CDde
7	600	33		133	28.54Cc	0.213BCbc	6.079Be
8	600	66		200	22.87Bb	0.200Aa	4.574Ab
9	600	100		66	29.81Cc	0.209ABb	6.230Be
F					163.171**	44.629**	143.765**

¹⁾ A: 氮浓度 N concentration (mg · L⁻¹); B: 磷浓度 P concentration (mg · L⁻¹); C: 空列 Blank; D: 钾浓度 K concentration (mg · L⁻¹). 表中数据为3次重复的平均值 The datums in this table are the average of three replications; 同列中不同的大写和小写字母分别表示在1%和5%水平上差异显著(Duncan多重比较法) The different capitals and small letters in the same column indicate the significant difference at 1% and 5% levels respectively by Duncan's multiple range test; ** : P < 0.01.

研究表明,与对照相比,施用不同浓度的氮、磷和钾,可在不同程度上促进曼地亚红豆杉幼苗枝叶干质量的增加,若以枝叶干质量作为曼地亚红豆杉的药材产量,则不同的施肥条件均可提高曼地亚红豆杉的药材产量。

在不同的施肥条件下,各处理组的紫杉醇含量有一定的差异。在氮、磷和钾3个因素中,氮的施用量对紫杉醇含量的影响最大,氮施用量较大可导致曼地亚红豆杉枝叶中的紫杉醇含量降低。盆栽和田间栽培实验结果均表明,在供试的不同氮、磷和钾施用量组合中,氮、磷和钾施用量分别为200、66和133 mg · L⁻¹的处理组的曼地亚红豆杉 'Hicksii' 盆栽苗和田间栽培苗的紫杉醇产量分别为对照的241.21%和268.69%,说明这一施肥组合最有利于曼地亚红豆杉 'Hicksii' 枝叶中紫杉醇产量的提高。

比较盆栽与田间栽培实验结果(表3和表4)发现,在盆栽和田间栽培条件下,曼地亚红豆杉 'Hicksii' 幼苗的单株枝叶干质量、紫杉醇含量以及单株紫杉醇产量有明显的差异,盆栽苗的这3项指标均远低于田间栽培苗,表明在相同的施肥条件下,田间栽培条件有利于提高曼地亚红豆杉 'Hicksii' 的药材产量、促进紫杉醇的积累。此外,盆栽实验中各施肥处理组紫杉醇含量的差异性比田间栽培实验显著,其原因与温室盆栽条件较田间栽培条件易于控制有关。

3 讨 论

不同的氮、磷、钾施用量对曼地亚红豆杉 'Hicksii' 幼苗的各项生长指标和紫杉醇含量均有显著影响。在盆栽实验的9个施肥组合中,以氮、磷、钾施用量分别为400、66和66 mg · L⁻¹的组合最有利于曼地亚红豆杉幼苗的高生长;以氮、磷、钾施用量分别为400、33和200 mg · L⁻¹的组合最有利于曼地亚红豆杉幼苗生长量的积累;以氮、磷、钾施用量分别为200、66和133 mg · L⁻¹的组合最有利于曼地亚红豆杉枝叶产量和紫杉醇含量的提高。在田间栽培实验的9个施肥组合中,最有利于生长量积累的组合及最有利于紫杉醇含量及产量提高的组合与盆栽实验相同,但对高生长有利的则为氮、磷、钾施用量分别为400、33和200 mg · L⁻¹这一施肥组合。正交实验结果表明,经过盆栽和田间栽培实验,得到对曼地亚红豆杉 'Hicksii' 幼苗生长最佳的氮、磷、钾施用量分别为400、66和200 mg · L⁻¹。

研究表明,氮、磷、钾3种营养元素对曼地亚红豆杉 'Hicksii' 幼苗生长的效应不同,以氮的施用水平效应最强,其次为磷的施用水平,钾的施用量对曼地亚红豆杉幼苗生长的影响效应最小。不同施肥处理对紫杉醇的含量和产量均有影响,而张秋芳等的研究结果也证明了不同施肥水平对建泽泻

[*Alisma orientale* (Sam.) Juzepcz]的产量和质量都有一定的影响^[10],说明不同营养元素和浓度水平对中药材有效药用成分的含量和产量均有一定的影响。另外,高浓度施肥处理引起紫杉醇含量的降低,这与张燕等^[11]针对黄芩(*Scutellaria baicalensis* Georgi)所进行的研究结果相似。因此,在曼地亚红豆杉‘Hicksii’栽培过程中,应该慎重选择氮、磷、钾肥的施用浓度,过量的施肥不仅造成浪费而且还将影响药材质量。

从实验结果中还可以看出,田间栽培的曼地亚红豆杉‘Hicksii’幼苗的紫杉醇含量明显高于温室内的曼地亚红豆杉盆栽苗,说明将曼地亚红豆杉‘Hicksii’幼苗置于温室内盆栽不利于紫杉醇的积累。李双明等报道,紫外辐射能够提高东北红豆杉鲜叶中的紫杉醇含量^[12]。据此推测,导致曼地亚红豆杉‘Hicksii’盆栽苗与田间栽培苗紫杉醇含量差异的原因与栽培过程中有一定的遮光有关。

在不同的栽培阶段采取不同的施肥处理可以提高曼地亚红豆杉的产量和质量。在曼地亚红豆杉培育的早期和中期采用加快高生长和生长量的施肥组合,可以促进植株鲜质量的提高;在曼地亚红豆杉生长的晚期采用能提高紫杉醇含量的施肥组合,可以促进紫杉醇含量的提高。另外,在不同生长阶段也可选取不同的栽培条件进行曼地亚红豆杉的栽培,早期可在设施中培育以加快植株的生长量,晚期应在大田中露地栽培以促进曼地亚红豆杉中紫杉醇含量的提高。

参考文献:

[1] Hansen R C, Cochran K D, Keener H M, et al. *Taxus* populations

and clippings yields at commercial nurseries[J]. *HortTechnology*, 1994, 4: 372-377.

- [2] Wang X K, Huang Y H, Aanrew J M. Variation of taxane content in needles of *Taxus × media* cultivars with different growth characteristics[J]. *Zeitschrift für Naturforschung*, 2006, 61: 619-624.
- [3] Wickremesinha E R M, Arteca R N. Effects of plant growth regulators applied to the roots of hydroponically grown *Taxus × media* plants on the production of taxol and related taxanes[J]. *Plant Science*, 1996, 121: 29-38.
- [4] Hoffman A, Shock C, Feibert E. Taxane and ABA production in yew under different soil water regimes[J]. *HortScience*, 1999, 34: 882-885.
- [5] 苏建荣, 张志钧, 邓 疆. 不同树龄、不同地理种源云南红豆杉紫杉醇含量变化的研究[J]. *林业科学研究*, 2005, 18(4): 369-374.
- [6] 郭亚勤, 刘德辉, 迟传德, 等. 施肥对丹参产量及丹参根主要有效成分含量的影响[J]. *土壤通报*, 2007, 38(3): 523-526.
- [7] 潘超美, 李 薇, 徐鸿华, 等. 施肥水平对广藿香生长及挥发油积累的影响[J]. *中药材*, 2003, 26(8): 542-544.
- [8] 吴家胜, 应叶青, 曹福亮. 施磷对银杏叶产量及黄酮含量的影响[J]. *东北林业大学学报*, 2003, 31(1): 17-18.
- [9] The United States Pharmacopeial Convention Inc. *United States Pharmacopeia/National Formulary. USP28-NF23* [M]. Philadelphia: National Publishing, U. S. A., 2005: 1456-1457.
- [10] 张秋芳, 刘 波, 史 怀, 等. 氮磷钾肥对地道药材建泽泻生长与品质的影响[J]. *植物资源与环境学报*, 2006, 15(3): 39-42.
- [11] 张 燕, 刘 勇, 王文全, 等. 氮磷钾肥对黄芩产量及黄芩苷含量的影响[J]. *中药材*, 2007, 30(4): 386-388.
- [12] 李双明, 孙 蕊, 骆 浩, 等. 紫外辐射对东北红豆杉鲜叶中紫杉醇及三尖杉宁碱含量的影响[J]. *植物研究*, 2007, 27(4): 501-503.