

## 母株年龄、激素种类及其浓度对日本落叶松扦插生根的影响

王建华<sup>1</sup>, 孙晓梅<sup>1\*</sup>, 王笑山<sup>1</sup>, 徐成立<sup>2</sup>, 丁彪<sup>3</sup>, 王效东<sup>3</sup>

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091;

2. 河北省孟滦国营林场管理局, 河北 围场 068450; 3. 辽宁省清源县大孤家国营林场, 辽宁 清源 113305)

**摘要:**系统地研究了全光雾插条件下母株年龄、激素种类及其浓度对日本落叶松半木质化插穗生根的影响,并在此基础上利用隶属函数法对各处理的生根效果进行了综合评价,分别为不同年龄阶段的落叶松扦插选配出最佳激素种类及其浓度的处理组合,12.5、8.5 a子代林插穗经最佳组合处理后生根率分别可达78.8%、92.5%,极大地提高了其高年龄日本落叶松扦插繁殖的生根能力。三因素方差分析结果表明,母株年龄(A)、激素种类(B)和激素浓度(C)对落叶松插穗生根率、生根量和偏根率等生根性状的影响达极显著或显著水平,同时三因素互作效应(A×B×C)及双因素互作效应(A×B、A×C、B×C)对绝大多数性状的影响也很显著。根据分年龄阶段进行的激素种类、浓度及其互作效应的比较结果,可以看出处理间生根性状的变化缺乏明显的规律性。

**关键词:**日本落叶松;扦插生根;母株年龄;激素种类;激素浓度;最佳激素处理

中图分类号:S791.223

文献标识码:A

## Effects of Age, Type of Auxin and Treatment Concentration on Rooting Ability of *Larix leptolepis*

WANG Jian-hua<sup>1</sup>, SUN Xiao-mei<sup>1</sup>, WANG Xiao-shan<sup>1</sup>, XU Cheng-li<sup>2</sup>, DING Biao<sup>3</sup>, WANG Xiao-dong<sup>3</sup>

(1. Research Institute of Forestry, CAF; Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration,

Beijing 100091, China; 2. Mengluan Forestry Administration for State-Owned Farms, Weichang 068450, Hebei, China;

3. Dagujia Forest Farm, Qingyuan 113305, Liaoning, China)

**Abstract** Effects of age, type of auxin and treatment concentration on rooting ability of Japanese larch (*Larix leptolepis*) were systematically studied under mist irrigation on the open field. And general rooting effect for different treatments was evaluated and the best combinations of auxin type × concentration were selected for different ages of Japanese larch ortet. Based on subordinate function values, the results was evaluated. Once the bests combinations selected are used to treat cuttings taken from test progeny of 12.5 and 8.5 years old Japanese larch, 78.8% and 92.5% rooting percentage can be obtained, which meant that rooting ability for vegetative propagation of older Japanese larch tree was dramatically improved. Variance analysis of three factors showed rooting ability of Japanese larch was extremely or obviously influenced by age (A) of donor tree, type of auxin (B) and treatment concentration (C). Extremely difference could be found in rooting percentage, root number per cutting, root length and rate of one-side rooting among ages or auxin treatment. There were obvious or extreme difference sparely in rooting percentage, root number per cutting and one-side rooting rate, and the in-

收稿日期: 2005-04-28

基金项目: “十五”国家攻关子专题(2002BA515B0401)及“863”国家高新技术项目(2002AA241081)

作者简介: 王建华(1953—),女,天津市武清县人,实验师。

\* 通讯作者: 博士,副研究员,主要从事落叶松良种选育技术的研究。

teraction effect of three factors ( $A \times B \times C$ ) or interaction effects between factors ( $A \times B$ ,  $A \times C$  and  $B \times C$ ) also gave extreme influence to most of rooting characters. From results of comparing the treatment of type of auxin and concentration, and interaction effect between them for different age of the donor trees, regular changing in rooting character cannot be found obviously in this experiment.

**Key words:** *Larix leptolepis*; vegetable propagation; age of donor tree; auxin type and concentration; optimal auxin treatment

随着无性繁殖技术的发展,20世纪80年代英、美等国成功地解决了落叶松等难生根针叶树的扦插繁殖技术,为良种的无性利用开辟了一条新的途径<sup>[1~4]</sup>。我国落叶松扦插生根技术的研究始于20世纪80年代,20世纪90年代以来相继在华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii* mayr.)、日本落叶松(*L. leptolepis* (Sieb. et Zucc.) Gordon)、长白落叶松(*L. olgensis* A. Henry)、兴安落叶松(*L. gmelini* (Rupr.) Rupr.)及这些树种的种间杂种生根方面获得成功,形成了包括人工控制授粉、采穗园经营管理、插穗生根、扦插苗培育等扦插生根配套技术<sup>[5~9]</sup>。由于研究者所用的试材种类、扦插技术、生根环境的不同,对激素处理促进落叶松生根的作用尚存在着争议。目前普遍认为落叶松扦插生根能力随着采穗母株年龄的增长而下降,适宜的激素处理对促进插穗生根及根系发育有一定的作用,尤其对提高生根量和降低偏根率的效果最为明显<sup>[10~14]</sup>;也有研究认为生根率随激素浓度的增加而下降,高浓度激素处理对根系发育产生毒副作用<sup>[15~17]</sup>。所有的这些报道仅限于母株年龄、激素种类或激素浓度的单一因素或双因素的研究结果,缺乏对这些因素相互作用及不同年龄母株插穗对不同激素种类、浓度反应的系统认识。为此,本文通过设置母株年龄、激素种类和激素浓度的三因素专项扦插生根试验,系统地研究不同激素种类、浓度处理对不同年龄日本落叶松半木质化插穗生根的影响,并采用隶属函数的方法分别为不同年龄的落叶松扦插选出了最佳激素处理组合,以提高日本落叶松扦插育苗的效率。

## 1 研究方法

### 1.1 穗材采集及试验设计

插穗采自辽宁清原县大孤家林场苗圃日本落叶松移植苗(1.5年生,100株以上)和4.5、8.5、12.5 a 3个年龄段子代测定林中(每个年龄段约包括10~15株母株)的当年生半木质化新梢,分年龄充分混合后剪成长约10 cm的插穗。1993年7月初扦插。

不同年龄插穗分别经3种激素(IAA、IBA、ABT生根粉1号)、5种浓度(0、50、100、200、400  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )处理30 min后扦插。试验采用随机区组设计,4次重复,每小区插25根穗条。

### 1.2 生根技术和插床管理

采用全光雾插生根技术,插壤为纯净粗河沙。扦插完成后,喷撒500倍多菌灵进行插穗灭菌,以后每7~10 d复喷1次,直至试验结束。插后1~20 d,晴天10:00~17:00每隔2~3 min喷雾1次,10:00以前和17:00以后每隔5~7 min喷雾1次。每次喷雾量以臂杆旋转1.5~2.0周为宜。此后相应减少喷雾次数。插后20 d起至9月中旬,每隔7~10 d喷20  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 尿素和30  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 磷酸二氢钾混合液进行根外追肥。灭菌和根外追肥在傍晚停止喷雾后进行。

### 1.3 生根调查与数据统计分析

10月下旬分区调查不同处理插穗生根情况,记载每插穗生根量,最长根长度和是否有偏根现象,并计算生根率和偏根率。以小区平均值进行方差分析(方差分析采用SAS/STAT 6.12软件中PROC ANOVA计算,生根率、偏根率均经反正弦变换)和LSD多重比较,研究激素种类及其不同浓度对各年龄阶段日本落叶松生根的影响,并用隶属函数法<sup>[18]</sup>为不同年龄的母株扦插选配了适宜的激素种类和处理浓度。

## 2 结果与分析

### 2.1 母株年龄、激素种类和浓度对日本落叶松插穗生根的影响

从表1可以看出,母株年龄、激素种类及其浓度对大多数生根性状有显著影响,其中母株年龄对插穗生根的影响尤为显著,不同年龄间4项生根指标的差异均达极显著水平。激素种类对生根率和平均生根量的影响、激素处理浓度对平均生根量和偏根率的影响也达到了极显著或显著水平。此外,三因素的互作效应( $A \times B \times C$ )和双

因素互作效应(A × B、A × C、B × C)对日本落叶松生根和根系的发育影响也十分明显,除偏根率(A × C)、平均生根量(B × C)差异不显著外,其余指标均达极显著水平。

表1 母株年龄、激素种类、浓度对日本落叶松插穗生根影响的方差分析结果

处理	生根率		生根量		最长根长		偏根率	
	F	Pr > F	F	Pr > F	F	Pr > F	F	Pr > F
母株年龄(A)	246.10	<0.000 1	96.17	<0.000 1	240.37	<0.000 1	74.36	<0.000 1
激素种类(B)	7.56	0.000 7	3.70	0.026 2	0.91	0.405 6	1.18	0.309 2
处理浓度(C)	0.40	0.805 3	11.40	<0.000 1	1.24	0.294 1	2.64	0.034 7
A × B	7.09	<0.000 1	4.57	0.000 2	3.99	0.000 8	2.97	0.008 2
A × C	5.16	0.000 9	8.76	<0.000 1	5.59	<0.000 1	1.33	0.201 5
B × C	3.47	0.000 9	1.67	0.107 4	3.98	0.000 2	3.80	0.000 3
A × B × C	3.49	<0.000 1	4.71	<0.000 1	2.98	<0.000 1	3.06	<0.000 1

## 2.2 激素种类、浓度对各年龄日本落叶松插穗生根的影响

2.2.1 激素种类、浓度对不同年龄插穗生根影响的方差分析 由于生根性状受母株年龄的影响最大,因此有必要分年龄阶段进一步研究激素种类、浓度与插穗生根的关系。从表2可以看出,激素处理对1.5 a母株插穗的生根量影响极显著,激素种类对最长根长、激素浓度对偏根率存在极显著影响,而对生根率等影响不显著。除激素种类对8.5 a生根率影

响不显著外,激素处理对4.5、8.5、12.5 a生根率均有显著影响。除了激素种类及其浓度对4.5 a、激素种类对12.5 a生根量的影响不显著外,对其它年龄生根量的影响均极显著。激素种类对8.5 a最长根长、对4.5、8.5 a插穗偏根率的影响显著,激素浓度对4.5 a偏根率影响显著。激素种类与浓度的交互效应(B × C)对4.5、8.5、12.5 a插穗生根率、生根量、最长根长和偏根率的影响分别达到了极显著或显著水平(12.5 a最长根长除外)。

表2 激素种类、浓度对不同年龄日本落叶松插穗生根影响的方差分析结果

母株年龄/a	处理	生根率		生根量		最长根长		偏根率	
		F	Pr > F	F	Pr > F	F	Pr > F	F	Pr > F
1.5	激素种类(B)	0.10	0.906 0	17.18	<0.000 1	5.65	0.005 8	1.08	0.346 6
	处理浓度(C)	0.19	0.943 0	34.50	<0.000 1	2.16	0.852 0	6.50	0.000 2
	B × C	0.48	0.861 9	3.73	0.001 5	1.65	0.131 2	1.31	0.256 5
4.5	激素种类(B)	10.03	0.000 2	2.35	0.104 2	1.44	0.245 7	4.48	0.011 5
	处理浓度(C)	4.04	0.005 9	1.60	0.185 8	4.40	0.003 6	2.60	0.045 6
	B × C	5.62	<0.000 1	3.16	0.005 0	7.48	<0.000 1	4.90	0.000 1
8.5	激素种类(B)	0.41	0.666 5	8.13	0.000 8	11.86	<0.000 1	7.66	0.001 1
	处理浓度(C)	2.72	0.038 5	10.14	<0.000 1	4.92	0.001 8	1.63	0.179 8
	B × C	3.83	0.001 2	3.50	0.002 4	6.43	<0.000 1	2.19	0.041 6
12.5	激素种类(B)	15.69	<0.000 1	1.51	0.229 5	1.26	0.292 1	1.62	0.207 5
	处理浓度(C)	8.0	<0.000 1	15.00	<0.001	5.62	0.000 7	1.23	0.310 4
	B × C	3.26	0.004 0	5.99	<0.001	1.67	0.126 2	3.38	0.003 0

2.2.2 激素种类对不同年龄插穗生根影响的多重比较 从表3可以看出,激素种类对1.5 a生根率、偏根率的影响不显著,但ABT处理的生根量和最长根长显著地高于IAA、IBA。与ABT相比,IAA和IBA均显著地提高4.5 a插穗的生根率,同时IBA对偏根率的改善作用明显。虽然激素种类对8.5 a生根率的影响不显著,但IAA、ABT处理对根系发育状

况有显著的改善,生根量和最长根长显著增加,偏根率显著减少。IAA处理显著地提高了12.5 a插穗的生根率,而对根系发育却无显著影响。综上所述,ABT和IAA处理分别对改善1.5、8.5 a插穗的根系发育效果显著,而IAA处理在提高4.5、12.5 a生根率方面有显著效果。

表3 激素种类对不同年龄日本落叶松插穗生根影响的多重比较结果

年龄/a	处理	生根率/ %	生根量/ (条·穗 <sup>-1</sup> )	最长根长/ cm	偏根率/ %	年龄/a	处理	生根率/ %	生根量/ (条·穗 <sup>-1</sup> )	最长根长/ cm	偏根率/ %
1.5	IAA	96.9a	5.0c	8.6b	27.9a	4.5	IAA	82.1a	5.0a	4.1a	48.2b
	IBA	97.3a	5.7b	9.0b	24.3a		IBA	83.3a	5.7a	4.4a	37.6a
	ABT	97.7a	6.2a	9.8a	24.0a		ABT	67.1b	6.0a	3.8a	42.7ab
8.5	IAA	78.3a	3.7a	4.0a	54.3a	12.5	IAA	52.5a	3.0a	3.2a	65.4a
	IBA	73.2a	2.9b	2.9b	67.0b		IBA	27.9b	2.6a	2.7a	72.7a
	ABT	76.8a	3.6a	3.6a	59.4a		ABT	33.6b	2.5a	2.4a	74.4a

注:纵行内相同的字母表示0.05水平上无显著差异(以下同)。

2.2.3 处理浓度对不同年龄日本落叶松插穗生根影响的多重比较 表4给出了激素浓度与各年龄母株插穗生根关系的多重比较结果。从中看出,对于1.5a母株插穗,不同处理间的生根率并无显著差异(均在96%以上),但浓度在100~400 mg·L<sup>-1</sup>处理的生根量显著高于对照。尽管不同激素浓度间4.5、8.5 a落叶松生根性状的变化无明显的规律性,

但400 mg·L<sup>-1</sup>处理浓度的生根率和生根量显著高于对照。对于12.5 a母株插穗来说,与前述年龄不同的是400 mg·L<sup>-1</sup>浓度处理对生根不但没有促进作用,相反在某种程度上却起到了抑制作用,其生根率、生根量等显著低于对照,而其它浓度处理(50、100、200 mg·L<sup>-1</sup>)的生根率和生根量显著高于对照。

表4 激素浓度对不同年龄日本落叶松生根影响的多重比较结果

母株 年龄/a	处理浓度/ (mg·L <sup>-1</sup> )	生根 率/%	生根量/ (条·穗 <sup>-1</sup> )	最长根 长/cm	偏根 率/%	母株 年龄/a	处理浓度/ (mg·L <sup>-1</sup> )	生根 率/%	生根量/ (条·穗 <sup>-1</sup> )	最长根 长/cm	偏根 率/%
1.5	400	97.9a	6.9a	8.7a	31.2c	4.5	400	87.0a	6.4a	4.9a	43.0a
	200	97.9a	6.8a	9.2a	12.8a		200	75.4bc	5.2abc	3.0b	46.6a
	100	97.5a	6.6a	8.6a	19.5ab		100	65.0c	6.0ab	4.9a	31.4b
	50	96.7a	4.8b	8.7a	34.6cd		50	81.3b	4.7c	4.0ab	46.7a
	0(CK)	96.3a	4.4b	9.7a	23.7b		0(CK)	68.8c	3.9c	4.4a	42.9ab
8.5	400	82.1a	4.3a	4.3a	56.3ab	12.5	400	8.8c	0.8c	0.5d	48.6a
	200	79.6ab	3.8ab	3.4bc	53.2b		200	41.3a	4.2a	2.8c	61.2a
	100	76.3ab	3.8ab	3.7ab	61.3ab		100	50.0a	2.6b	2.3c	73.5a
	50	74.1ab	3.4b	3.6abc	63.8a		50	45.5a	4.1a	4.0ab	73.8a
	0(CK)	72.5b	2.4c	2.9c	60.5ab		0(CK)	27.5b	2.7b	5.2a	81.5a

注:所有激素种类的浓度。

上述结果表明,极幼年母株(1.5 a)的插穗对激素种类和浓度的要求并不严格,但浓度100、400 mg·L<sup>-1</sup>处理可以显著提高生根量。较高浓度的激素处理可以显著改善4.5、8.5 a落叶松插穗的生根率和根系发育情况,但对年龄较大的母株插穗,处理浓度不要超过200 mg·L<sup>-1</sup>。

### 2.3 不同年龄日本落叶松扦插生根最佳激素处理组合的选择

2.3.1 激素种类及其浓度对不同年龄日本落叶松插穗生根影响的多重比较 为了给不同母株年龄的日本落叶松插穗选配适宜的激素种类和处理浓度,

分年龄阶段进行了激素种类+浓度对生根影响的多重比较(表5)。扦插生根效果通常是按生根率、生根量、根长等性状进行综合评定的。在相同的激素种类、浓度处理下,日本落叶松插穗的生根率、生根量、偏根率之间存在着一定的相关关系<sup>[19,20]</sup>,可以很容易根据生根率单一指标的排序结果确定;但在不同激素种类、浓度处理下,这种相关关系并不明确,各生根指标的排序结果也不一致(表5)。因此,根据生根率高低的排序结果并不能正确地反映激素种类+浓度对落叶松插穗总体生根性状的影响。

表5 激素种类及其浓度对不同年龄日本落叶松插穗生根影响的多重比较结果

母株 年龄/a	激素及其浓度 (mg · L <sup>-1</sup> )	生根率 /%	生根量 /(条 · 穗 <sup>-1</sup> )	最长根长 /cm	偏根率 /%	母株 年龄/a	激素及其浓度 (mg · L <sup>-1</sup> )	生根率 /%	生根量 /(条 · 穗 <sup>-1</sup> )	最长根长 /cm	偏根率 /%
1.5	IAA 400	100.0a	5.9bcd	8.0bcd	35.0abc	4.5	IBA 400	97.4a	6.7ab	8.7a	18.6de
	ABT 200	98.8a	7.2ab	10.2a	12.6de		IAA 50	90.0b	4.1bcde	4.9bc	43.6abc
	ABT 100	98.8a	8.3a	9.6ab	10.1e		IAA 100	88.8bc	3.3e	5.8b	54.7ab
	IBA 100	98.8a	5.5de	7.5cd	30.4abc		IBA 100	87.5bc	7.6a	4.6bed	26.3cde
	ABT 50	97.5a	5.3de	10.3a	32.0abc		IBA 200	86.3bc	6.3abcd	3.1cdef	37.8bcd
	IBA 50	97.5a	5.1def	9.1abc	29.7abcd		ABT 400	82.5bcd	6.1abcd	3.4cdef	62.1a
	IAA 200	97.5a	5.8cd	8.8abc	18.0cde		ABT 50	81.3bcde	7.3a	5.0bc	42.7bc
	ABT 400	97.5a	7.7a	9.2abc	35.1ab		IAA 400	81.3bcde	6.5abc	2.8def	48.5ab
	IBA 200	97.5a	7.4a	8.6abcd	7.7e		0 (CK)	78.1bcde	5.5abcde	4.0bed	44.6bc
	IBA 400	96.3a	7.1abc	9.0abc	23.5bcde		IAA 200	76.3bcde	5.1abcde	3.4cdef	53.2ab
	0 (CK)	96.9a	4.4ef	9.8ab	27.1bcde		IBA 50	72.5cde	2.8e	2.1f	53.8ab
	IAA 100	95.0a	5.9bcd	8.6abcd	18.2bcde		ABT 200	63.8e	4.2bcde	2.4ef	48.9ab
	IAA 50	95.0a	3.8f	6.6d	42.0a		ABT 100	18.8f	7.1a	4.3bcde	13.4e
8.5	IBA 200	93.8a	3.5bcde	2.5f	59.9bcd	12.5	IAA 200	78.8a	5.9ab	3.5bc	34.2d
	ABT 400	92.5ab	5.7a	5.8a	51.1de		IAA 50	71.3ab	2.9cde	3.7bc	74.5abcd
	ABT 50	84.7abc	3.1cde	4.0bcd	67.4abc		IAA 100	68.8ab	3.6cd	4.6ab	40.9d
	IAA 50	82.5abc	3.4bcde	4.4bc	49.3dc		ABT 100	55.0bc	2.1def	1.5def	83.2abcd
	IAA 400	82.5abc	4.4b	3.3cdef	58.9bce		0 (CK)	41.3cd	2.3cde	3.4bcd	84.0abcd
	IAA 100	80.0abc	4.7ab	5.1ab	41.2d		IBA 50	35.0cde	6.8a	6.4a	53.0bcd
	IAA 200	80.0abc	4.3bc	5.1ab	49.4dc		ABT 50	30.1de	2.6cde	2.4cde	93.8ab
	IBA 100	75.0cd	2.6de	3.0def	81.9a		IBA 100	26.3def	2.1def	0.8ef	96.4a
	ABT 100	73.8cd	4.1bc	3.0def	60.9bcd		ABT 200	22.8def	4.6bc	3.0bcd	55.8abcd
	0 (CK)	72.5cd	2.6e	3.0def	63.3bcd		IBA 200	22.5def	2.1def	2.0cdef	93.8ab
	IBA 400	71.3cd	2.7de	3.8cde	59.0bcd		IAA 400	13.8ef	1.1ef	0.5ef	75.0abc
	ABT 200	65.0cd	3.7bcd	2.7ef	50.4dc		ABT 400	11.3ef	1.2ef	0.7ef	48.4cd
	IBA 50	55.0d	3.5bcde	2.3f	74.8ab		IBA 400	1.3f	0.3f	0.2f	25.0d

2.3.2 隶属函数法评选不同年龄母株插穗生根的最佳处理组合 如上所述,由于单一性状排序结果无法客观地评定激素处理对扦插生根综合效果的影响,因此采用隶属函数法分年龄综合评价不同激素、浓度处理对插穗生根的影响。根据各处理按隶属函数值排序结果(表6),各年龄日本落叶松扦插生根的最佳激素处理为1.5 a ABT 100 mg · L<sup>-1</sup>、4.5 a IBA 400 mg · L<sup>-1</sup>、8.5 a ABT 400 mg · L<sup>-1</sup>、12.5 a IAA 200 mg · L<sup>-1</sup>。经最佳激素 × 浓度处理后,1.5、

4.5、8.5、12.5 a 生根率分别达到98.8%、97.4%、92.5%和78.8%,生根量分别达到8.3、6.7、5.7、5.9条 · 穗<sup>-1</sup>,偏根率分别达到10.1%、18.6%、51.1%和34.2%,对提高落叶松的生根率、改善根系发育的效果十分明显,除1.5 a以外,其它各龄生根率和生根量均显著大于对照。解决了8.5 a以上日本落叶松扦插生根技术之后,优良无性系选育工作可以直接从现有子代测定林进行,这对于开展落叶松无性系选育、发展无性系意义重大。

表6 不同激素种类及其浓度处理隶属函数值

激素及其 浓度/(mg·L <sup>-1</sup> )	母树 年龄/a	R(1)	R(2)	R(3)	R(4)	S(1)	母树 年龄/a	R(1)	R(2)	R(3)	R(4)	S(1)
ABT 100	1.5	0.75	1.00	0.80	0.93	3.48	4.5	0.00	0.89	0.33	1.00	2.22
ABT 200		0.75	0.74	0.96	0.86	3.31		0.57	0.30	0.05	0.27	1.20
ABT 400		0.50	0.87	0.69	0.20	2.26		0.81	0.70	0.19	0.00	1.70
ABT 50		0.50	0.34	1.00	0.29	2.13		0.79	0.94	0.44	0.40	2.57
IAA 100		0.00	0.45	0.54	0.69	1.69		0.89	0.12	0.56	0.15	1.72
IAA 200		0.50	0.43	0.60	0.70	2.23		0.73	0.48	0.20	0.18	1.59
IAA 400		1.00	0.47	0.37	0.20	2.05		0.79	0.77	0.11	0.28	1.95
IAA 50		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.91	0.29	0.43	0.38	2.00
IBA 100		0.75	0.38	0.23	0.34	1.69		0.87	1.00	0.38	0.74	2.99
IBA 200		0.50	0.80	0.54	1.00	2.85		0.86	0.73	0.15	0.50	2.23
IBA 400		0.25	0.73	0.63	0.54	2.14		1.00	0.81	1.00	0.89	3.71
IBA 50		0.50	0.28	0.67	0.36	1.81		0.68	0.00	0.00	0.17	0.85
0(CK)		0.38	0.13	0.85	0.43	1.79		0.76	0.57	0.28	0.36	1.97
ABT 100	8.5	0.48	0.47	0.21	0.52	1.68	12.5	0.69	0.28	0.22	0.19	1.37
ABT 200		0.26	0.36	0.12	0.78	1.51		0.28	0.66	0.47	0.57	1.98
ABT 400		0.97	1.00	1.00	0.76	3.72		0.13	0.14	0.09	0.71	1.06
ABT 50		0.77	0.17	0.47	0.36	1.77		0.37	0.36	0.37	0.04	1.14
IAA 100		0.65	0.67	0.81	1.00	3.12		0.87	0.52	0.75	0.78	2.92
IAA 200		0.65	0.54	0.80	0.80	2.79		1.00	0.87	0.56	0.87	3.30
IAA 400		0.71	0.59	0.27	0.57	2.14		0.16	0.13	0.06	0.30	0.65
IAA 50		0.71	0.28	0.60	0.80	2.39		0.90	0.41	0.60	0.31	2.23
IBA 100		0.52	0.00	0.18	0.00	0.70		0.32	0.29	0.10	0.00	0.71
IBA 200		1.00	0.28	0.06	0.54	1.88		0.27	0.29	0.31	0.04	0.91
IBA 400		0.42	0.05	0.42	0.56	1.45		0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
IBA 50		0.00	0.30	0.00	0.17	0.47		0.44	1.00	1.00	0.61	3.04
0(CK)		0.45	0.00	0.19	0.46	1.09		0.52	0.31	0.56	0.17	1.56

注:R(1)、R(2)、R(3)、R(4)分别为生根率、生根量、最长根长和偏根率的隶属函数值, S(1)为各激素处理的隶属函数值。

### 3 结论与讨论

(1)与激素种类和浓度相比,年龄对日本落叶松扦插生根的影响最为明显。不同年龄日本落叶松插穗生根率、生根量、根长和偏根率的差异极显著,激素种类、浓度对生根率、生根量和最长根长有极显著或显著的影响。同时,3因素互作效应(A×B×C)对日本落叶松生根的影响也极为显著,4项生根指标的差异均达到了极显著水平。双因素互作效应(A×B、A×C、B×C)除偏根率(A×C)、平均生根量(B×C)差异不显著外,其余指标均达极显著水平。

(2)激素种类、浓度对不同年龄日本落叶松扦插生根的影响也十分明显。ABT和IAA处理分别对改善1.5、8.5 a插穗的根系发育效果显著,而IAA处理对提高4.5、12.5 a母株插穗生根率有显著效果。幼年母株(1.5 a)对激素种类和浓度的要求并

不严格,但激素处理可以显著提高插穗生根量。浓度400 mg L<sup>-1</sup>处理可以显著提高4.5、8.5 a落叶松插穗生根率和根系发育情况,但对12.5 a日本落叶松插穗生根率和根系发育有显著负向影响,处理浓度不要超过200 mg·L<sup>-1</sup>。

(3)通常根据生根率等4项指标进行日本落叶松扦插生根效果的评定。由于不同激素种类、浓度处理的生根性状表现出明显的非一致性,无法根据单一性状的表现进行评定;而采用隶属函数法可以对各处理的生根效果进行综合评价,分别为不同年龄的落叶松扦插选出最佳激素处理组合。

(4)本试验的重要性,不仅在于研究了母株年龄、激素种类和浓度对日本落叶松扦插生根的影响,更重要的是初步解决了8.5 a以上较高年龄日本落叶松扦插生根的难题。我国现有大面积、不同年龄的日本落叶松子代测定林,按照8.5 a初选、12.5 a

决选的要求<sup>[5]</sup>,可直接从这个年龄段的子代测定林优良家系中选择优株。分株扦插后直接用于造林或进行区域化试验,以加速我国日本落叶松无性系选育和无性系育林进程,这对于推动现阶段日本落叶松无性系选育意义重大。

#### 参考文献:

- [1] Kyle P, Michael G. Mass Production of Hybrid Larch Families [R]. Annual Report and Research Summary of the Cooperative Forestry Research Unit. University of Maine, Orono, Maine 04469; Miscellaneous Report 406, 1997; 24 ~ 26
- [2] Farmer R E, Bakowsky O, MacDonald B, et al. A vegetative propagation system for Tamarack[J]. North J Appl For, 1986, 3: 91 ~ 93
- [3] Farmer J R, Durst J T, Shaotang D, et al. Effect of clones, primary ramets and age of stock plants on tamarack rooting[J]. Silvae Genetica, 1992, 41(1): 22 ~ 24
- [4] Morganstern E K. Methods for rooting of larch cutting and application in clonal selection[J]. The Forestry Chronicle, 1987; 174 ~ 177
- [5] 张颂云,王青林,王力华,等. 日本落叶松嫩枝扦插繁殖技术的研究 [A]. 见:张颂云. 主要针叶树种应用遗传改良论文集[C]. 北京:中国林业出版社,1990: 89 ~ 99
- [6] 王笑山,马浩,王建华,等. 落叶松杂种大规模繁殖配套技术研究[J]. 林业科学研究, 2000, 13(5): 469 ~ 476
- [7] 赵士杰,杨俊明. 华北落叶松全光自控喷雾扦插技术的研究 [A]. 见:张颂云. 主要针叶树种应用遗传改良论文集[C]. 北京:中国林业出版社,1990: 100 ~ 106
- [8] 王秋玉,杨书文. 长白落叶松硬枝和嫩枝的扦插繁殖[J]. 东北林业大学学报, 1996, 24(1): 9 ~ 16
- [9] 范成林. 兴安落叶松扦插试验[J]. 林业科技, 1980 (2): 13 ~ 15
- [10] 王景章,丁振芳. 日本落叶松、杂种落叶松嫩枝扦插技术的研究 [A]. 见:张颂云. 主要针叶树种应用遗传改良论文集[C]. 北京:中国林业出版社,1990: 107 ~ 111
- [11] 王笑山,胡新生,王有才,等. 母株年龄和插穗基部切割方式对日本落叶松生根的影响 [J]. 林业科学研究, 1993, 6(6): 626 ~ 632
- [12] 王义录,曹福庆,王晓燕,等. 日本落叶松硬枝扦插育苗的研究初报[J]. 河南林业科技, 1995(2): 15 ~ 17
- [13] 三上进. 关于落叶松扦插繁殖技术的研究[J]. 林木育种场研究报告, 1988(6): 121 ~ 134
- [14] 孙晓梅,张守攻,王笑山,等. 生长调节剂对落叶松杂种生根和幼苗生长的影响[J]. 北京林业大学学报, 2006, 28(2): 72 ~ 76
- [15] Edson L J, Wenny L D, Fins L. Propagation of western larch by stem cuttings[J]. Western Journal of Applied Forestry, 1991, 6(2): 47 ~ 49
- [16] Mason W L. Vegetative propagation of hybrid larch (*Larix × eurolepis* Henry) using winter cuttings[J]. Forestry Supplement, 1989, 62: 189 ~ 199
- [17] Hare R C. Chemical and environmental treatments promoting rooting of pine cuttings[J]. Can J For Res, 1974, 29: 446 ~ 454
- [18] 陈荣敏,杨学举,梁凤山,等. 利用隶属函数法综合评价冬小麦的抗旱性[J]. 河北农业大学学报, 2002, 25(2): 7 ~ 9
- [19] 王笑山,郑先武,王建华,等. 采穗园母株生根性状遗传变异和选择效应[J]. 林业科学研究, 1995, 8(1): 48 ~ 53
- [20] 马常耕,王笑山,王建华,等. 日本落叶松插穗生根力的变异和选择效应[J]. 林业科学, 1994, 30(2): 97 ~ 102