

基质·激素及其浓度对榛子嫩枝扦插生根的影响

陈兰海, 唐明亮, 孙晓慧, 刘娟, 张建梅, 陈丽英* (烟台市森林资源监测保护服务中心, 山东烟台 264000)

摘要 以榛子当年生半木质化嫩枝为材料, 研究基质、激素种类及其浓度对榛子扦插育苗的影响, 并运用隶属函数法对各处理组合的育苗效果进行综合评价, 筛选出最佳扦插方案。结果表明: 榛子扦插属皮部生根类型; 在 3 个因素中, 激素种类对榛子插穗生根影响最大; 其次是基质种类, 激素浓度对插穗生根影响最小。隶属函数综合评价表明: GGR+珍珠岩+蛭石(2:1)+1 500 mg/L GGR 组合的隶属函数值最大, 是榛子扦插育苗的最佳组合。

关键词 榛子; 嫩枝扦插; 生根指标

中图分类号 S 723.1⁺32 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)18-0129-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.18.031

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effects of Different Substrates, Hormone Types and Concentrations on Cutting Rooting of *Corylus heterophylla*

CHEN Lan-hai, TANG Ming-liang, SUN Xiao-hui et al (Yantai Forest Resource Monitoring Protection Service Center, Yantai, Shandong 264000)

Abstract Taking the semi lignified young shoots of *Corylus heterophylla* as materials, the effects of substrate, hormone types and their concentrations on cuttage seedling of *Corylus heterophylla* were studied. The membership function method was used to comprehensively evaluate the seedling raising effect of each treatment combination, and the best cuttage scheme was screened out. The results showed that *Corylus heterophylla* cuttage belonged to the skin rooting type; among the three factors, hormone species had the greatest influence on the rooting of hazelnut cuttings; secondly, the type of substrate, and hormone concentration had the least effect on rooting of cuttings. The comprehensive evaluation of membership function showed that the combination of GGR+ perlite+vermiculite (2:1)+1 500 mg/L GGR had the largest membership function value, which was the best combination for cutting propagation of *Corylus heterophylla*.

Key words *Corylus heterophylla*; Shoot cutting; Rooting index

榛子(*Corylus heterophylla*)是榛科榛属落叶灌木或小乔木, 其果仁脆香、营养丰富, 被认为是世界四大坚果之一, 具有极高的营养价值和经济价值, 是一种无性繁殖相对困难的树种。目前, 榛子在我国无性繁殖技术主要有压条、扦插等, 每种方法均存在一定的局限性, 最常用的方法是扦插繁殖, 扦插可以提高繁殖速度, 增加繁殖系数、降低生产成本, 成为高效快速繁殖苗木的方法。影响扦插成活率的主要因素有扦插条件、基质配比、扦插时间、插穗选择、激素种类及浓度等。基于基质、激素种类及浓度对榛子嫩枝扦插的影响机理较复杂, 效果不一致, 笔者于 2020 年 6 月底以当年生半木质化榛子嫩枝为试材, 研究了 3 种基质、2 种激素、4 个激素浓度水平的组合对榛子嫩枝扦插生根的影响。

1 材料与方

1.1 试验地概况 试验设在山东省烟台市莱山区莱山镇冶头村温室大棚内, 该区四季分明, 气候温和, 春季干燥多风, 年平均气温 12.7 °C, 最冷的 1 月, 平均温度-1.2 °C, 最热的 7 月, 平均温度 24.8 °C, 日照时数为 2 441.6 h, 无霜期 284 d, 昼夜温差一般在 10 °C 以内, 冬天极少有-10 °C 以下的气温。

1.2 试验材料 插条采自 7~10 年生母树。采条时选择当年生半木质化嫩枝, 并剪成 10~15 cm 直径 0.5~1.0 cm 的插穗, 插穗保留 2~3 个芽, 上剪口离顶芽 1 cm 处平剪, 下剪口斜剪, 上部叶片剪除一半仅留半片, 下部叶片全部剪掉, 剪好的插穗每 20 根捆成 1 捆, 待处理。

1.3 试验方法

1.3.1 扦插基质准备与装盆处理。 基质在扦插前 3 d 按体积比拌匀, 装入直径 30 cm 的花盆中, 用 0.5% 高锰酸钾溶液消毒后, 摆放在带有自动间歇式喷雾设备的塑料大棚苗床上, 第 2 天用清水冲洗消毒液并喷透基质。

1.3.2 试验设计。 采用不同基质、激素及其浓度 3 个因素处理。基质设置珍珠岩+蛭石(1:1)、珍珠岩+蛭石(2:1)和珍珠岩+蛭石+河砂(1:1:1)3 个水平; 激素设吲哚丁酸(IBA)和双吉尔(GGR)生根粉 2 个水平, 浓度设 1 000、1 200、1 500、2 000 mg/L 4 个水平。按 3×2×4 三因素析因设计, 采用完全随机区组排列, 共 24 个处理, 每处理 3 次重复, 每重复 20 个插穗, 对照 30 个插穗。

1.3.3 扦插与管理。 扦插前用 50% 多菌灵可湿性粉剂 1 000 倍液对插穗和基质进行消毒, 消毒后的插穗浸泡到不同试验溶液中, 深度约 4 cm, 浸泡 10 min 后扦插。扦插株行距 5 cm×5 cm, 每盆 10 根, 扦插深度约 4 cm, 插后喷透水。棚内保持相对湿度 80%~90%, 温度 25~28 °C, 遮光 40%~60%。07:00—17:00 每 2 h 间歇式喷雾 120~180 s, 晚上每 4 h 间歇式喷雾 120 s, 30 d 后逐渐减少喷水次数, 每天观察记录基质至 3 cm 处地温及棚内温湿度 2 次(10:00 和 16:00), 每 7 d 交替使用 50% 多菌灵可湿性粉剂 1 000 倍液和 75% 百菌清可湿性粉剂 600 倍液进行消毒。

1.4 数据分析 运用 SAS 软件对所有指标进行方差分析和 Duncan 多重比较。方差分析前, 参照 Bashir 等^[1]的方法对所有百分率指标进行反正弦转换($\sin^{-1}\sqrt{P}$)。隶属函数计算公式: $U(X_j) = (X_j - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$, 式中, X_j 为某处理的某一指标值, X_{\min} 、 X_{\max} 分别为所有处理在该指标中的最小值和最

基金项目 山东省重点研发计划项目(2019GNC106153)。

作者简介 陈兰海(1966—), 男, 山东烟台人, 高级工程师, 从事经济林良种选育及栽培技术研究。* 通信作者, 工程师, 硕士, 从事林木遗传育种研究。

收稿日期 2021-02-03

大值。将各处理不同指标的隶属值进行累加求平均值,平均值越大,表示生根效果越好^[2]。

2 结果与分析

2.1 榛子扦插生根过程 该研究发现,激素处理的榛子扦插后 20 d 左右形成愈伤组织,45 d 后产生不定根,110 d 时不定根粗为 0.42~1.08 mm,不定根数为 5~29 条。对照扦插后 20 d 左右形成愈伤组织,110 d 后仍未产生不定根。从生根部位来看,榛子扦插不定根原基全部发端于皮部,愈伤组织无生根,属皮部生根类型。

2.2 基质、激素种类及其浓度对榛子插穗生根指标的影响

2.2.1 不同因素对榛子插穗生根指标的影响。由表 1 可知,

表 1 不同因素对榛子扦插生根指标影响的方差分析

Table 1 Variance analysis of the influence of different factors on rooting index of *Corylus heterophylla* cutting

因素 Factors	生根率 Rooting percentage	不定根长 Adventitious root length	不定根粗 Adventitious root thickness	单株不定根数 Number of adventitious roots per plant
基质种类 Matrix type	526.66**	175.75**	89.72**	3.96*
激素种类 Hormone type	42.70**	10.19**	80.88**	76.50**
激素浓度 Hormone concentration	12.28**	5.97**	89.26**	1.18

注: **和* 分别表示在 0.01 和 0.05 水平差异显著

Note: ** and * showed significant difference at 0.01 and 0.05 levels, respectively

2.2.2 基质种类对插穗生根指标的影响。由表 2 可知,珍珠岩+蛭石+河砂(1:1:1)在生根率指标上表现最佳,为 58.75%,极显著优于其他基质($P<0.01$);珍珠岩+蛭石(2:1)在根长、不定根粗和单株不定根数指标上表现最佳,分别为 94.24、0.71 mm、18.31 条,且极显著优于其他基质,但在生根率上表现最差。珍珠岩+蛭石(1:1)在 4 个生根指标上均表现一般。由此可知,珍珠岩+蛭石+河砂(1:1:1)有利于促进插穗生根,珍珠岩+蛭石(2:1)有利于促进不定根长的生

在 3 个因素中,激素种类对榛子插穗生根影响最大,对生根率、不定根长、不定根粗、单株不定根数 4 个生根指标均有极显著影响($P<0.01$);其次是基质种类,除对单株不定根数有显著影响外,对其他 3 个生根指标均有极显著影响;激素浓度对插穗生根影响最小,除对单株不定根数影响不显著($P>0.05$)外,对其他 3 个生根指标均有极显著影响。由 F 值可知,3 个因素中,对生根率、不定根长的影响由大到小为基质种类、激素种类、激素浓度;对不定根粗的影响由大到小为基质种类、激素浓度、激素种类;对单株不定根数的影响由大到小为激素种类、基质种类、激素浓度。

长、增加生根数量。

2.2.3 激素种类对插穗生根指标的影响。该研究表明,用 GGR 和 IBA 2 种激素处理榛子插穗均能生根。由多重比较可知(表 2),GGR 处理的插穗生根率、不定根长、不定根粗表现最佳,分别为 53.25%、106.69 mm、0.78 mm,均极显著优于 IBA 处理。IBA 处理的插穗单株不定根数指标极显著优于 GGR 处理,为 21.88 条。由分析结果可知,榛子扦插的最佳处理激素为 GGR。

表 2 基质种类、激素种类及其浓度对榛子插穗生根指标的影响

Table 2 Effects of matrix type, hormone type and concentration on rooting index of *Corylus heterophylla* cuttings by Duncan multiple comparisons

因素 Factors	水平 Levels	生根率 Adventitious rooting percentage//%	不定根长 Adventitious root length//mm	不定根粗 Adventitious root thickness mm	单株不定根数 Number of adventitious roots per plant//条
基质种类 Matrix type	珍珠岩+蛭石(1:1)	48.75±0.80 B	77.38±0.70 B	0.66±0.02 B	14.48±0.10 B
	珍珠岩+蛭石(2:1)	39.38±1.42 C	94.24±1.09 A	0.71±0.05 A	18.31±0.22 A
	珍珠岩+蛭石+河砂(1:1:1)	58.75±1.50 A	76.48±1.09 B	0.60±0.02 C	13.50±0.18 B
激素种类 Hormone type	GGR	53.25±0.70 A	106.69±1.42 A	0.78±0.18 A	8.97±0.95 B
	IBA	42.50±0.90 B	58.71±1.35 B	0.53±0.01 B	21.88±0.67 A
激素浓度 Hormone concentration	1 000 mg/L	43.57±0.56 A	75.85±0.08 B	0.64±0.01 AB	14.22±0.32 A
	1 200 mg/L	45.48±0.50 A	91.03±1.90 A	0.67±0.04 A	14.28±0.19 A
	1 500 mg/L	49.29±0.80 A	89.61±1.08 A	0.68±0.06 A	15.57±0.21 A
	2 000 mg/L	39.17±1.70 B	74.30±1.14 B	0.61±0.01 B	17.64±0.54 A

注: 同列不同大写字母表示在 0.01 水平差异显著

Note: Different capital letters in the same column indicated significant differences at 0.01 level

2.2.4 激素浓度对插穗生根指标的影响。由表 2 可知,4 个激素浓度对插穗生根的影响因指标而异。1 000、1 200、1 500 mg/L 浓度处理与 2 000 mg/L 处理之间插穗生根率差异极显著,2 000 mg/L 处理生根率最低,仅为 39.17%;而 1 000、1 200、1 500 mg/L 处理之间生根率差异不显著。不定根长指标随激素浓度的升高出现先升高后降低的趋势,

1 200、1 500 mg/L 浓度处理显著优于 1 000 和 2 000 mg/L 处理,且 1 200 mg/L 和 1 500 mg/L 处理之间差异不显著。不定根粗随浓度的升高先升高后降低,最佳处理浓度为 1 500 mg/L,不定根粗为 0.68 mm。单株不定根数指标 4 个处理浓度间差异不显著。从 4 个生根指标综合来看,1 500 mg/L 为最佳处理浓度,生根率、不定根粗、单株不定根

数指标在所有处理浓度中表现最佳,不定根长指标仅次于 1 200 mg/L 浓度处理。

2.3 各处理组合对榛子扦插生根指标的影响及隶属函数评价 由表 3 可知,GGR+珍珠岩+蛭石(2:1)+1 500 mg/L 组合的隶属函数值最大,为 0.760 4,为最优生根组合,其不定根

粗为 1.08 mm,在所有组合中表现最优,生根率 85.00%,不定根长 115.31 mm,在所有组合中表现较好,仅单株生根数(14 条)表现一般;其次为 GGR+珍珠岩+蛭石(2:1)+1 200 mg/L 组合,隶属函数值为 0.672 9,其不定根长在所有组合中表现最优,为 139.72 mm,生根率 65.00%,根粗 0.86 mm,表现较好。

表 3 不同组合对榛子扦插生根指标的影响及隶属函数评价

Table 3 Effects of different combinations on rooting index of *Corylus heterophylla* cutting and evaluation of membership function

激素 Hormone	基质 Matrix	浓度 Concentration mg/L	生根率 Rooting percentage//%	不定根长 Adventitious root length mm	不定根粗 Adventitious root thickness mm	单株生根数 Number of adve- ntitious roots per plant	平均隶属 函数值(X_j) Average mem- bership function value
GGR	珍珠岩+蛭石(1:1)	1 000	65.00±1.67 DE	106.89±1.75 BCDE	0.87±0.00 BC	12.00±0.67 DEFHG	0.586 2
		1 200	80.00±0.33 BC	95.21±2.56 CDEFG	0.91±0.02 B	9.33±0.01 GH	0.592 7
		1 500	85.00±2.31 ABC	112.30±2.79 ABCD	0.85±0.01 BC	10.67±0.05 EFGH	0.635 1
		2 000	50.00±0.33 FG	117.53±1.22 ABC	0.75±0.00 CD	7.00±0.33 H	0.471 7
	珍珠岩+蛭石(2:1)	1 000	50.00±0.33 FG	133.88±3.70 AB	0.82±0.02 BC	5.50±0.21 H	0.517 8
		1 200	65.00±1.12 DE	139.72±2.88 A	0.86±0.02 BC	14.00±0.01 CDEFHG	0.672 9
		1 500	85.00±1.67 ABC	115.31±4.53 ABC	1.08±0.01 A	14.00±0.00 CDEFHG	0.760 4
		2 000	55.00±1.23 EF	92.84±2.95 CDEFG	0.69±0.01 DEF	13.50±0.01 CDEFHG	0.477 2
	珍珠岩+蛭石 +河砂(1:1:1)	1 000	65.00±1.67 DE	83.63±2.42 DEFGHI	0.54±0.00 GHI	5.33±0.04 H	0.343 9
		1 200	90.00±3.33 AB	103.93±1.31 CDEF	0.74±0.00 CDE	5.25±0.91 H	0.531 7
		1 500	95.00±1.67 A	88.44±0.95 CDEFGHI	0.64±0.00 DEFG	10.25±0.01 FGH	0.526 6
		2 000	75.00±1.60 CD	90.56±0.67 CDEFGH	0.62±0.01 DEFGH	7.80±0.33 H	0.442 4
IBA	珍珠岩+蛭石(1:1)	1 000	50.00±1.33 FG	22.33±0.44 L	0.51±0.01 GHI	22.30±0.01 ABCDEF	0.335 1
		1 200	15.00±0.67 I	62.06±0.67 HIJK	0.42±0.00 I	13.50±0.01 CDEFHG	0.197 4
		1 500	15.00±0.67 I	78.02±1.33 EFGKHIJ	0.49±0.00 HI	16.30±0.33 BCDEFHG	0.287 0
		2 000	30.00±0.67 H	24.67±0.27 L	0.46±0.01 I	24.70±0.10 ABC	0.290 2
	珍珠岩+蛭石(2:1)	1 000	40.00±1.61 HG	59.61±0.27 JKI	0.49±0.01 HI	26.67±0.04 AB	0.422 9
		1 200	10.00±0.67 I	82.05±0.67 EFGHJ	0.56±0.01 FGIH	22.60±0.01 ABCDE	0.373 4
		1 500	10.00±0.02 I	77.04±1.33 EFGKHIJ	0.61±0.01 EFGH	27.70±0.67 AB	0.420 5
		2 000	10.00±0.09 I	53.44±0.67 KJ	0.56±0.01 FGHI	29.50±0.13 A	0.388 2
	珍珠岩+蛭石 +河砂(1:1:1)	1 000	55.00±1.67 EF	48.75±0.20 KL	0.62±0.01 DEFGH	13.50±0.02 CDEFHG	0.356 5
		1 200	45.00±0.62 FG	63.19±0.28 HIJK	0.56±0.02 FGHI	21.00±0.04 ABCDEFG	0.412 7
		1 500	30.00±0.67 H	66.58±0.47 GHIJK	0.43±0.02 I	21.50±0.02 ABCDEF	0.335 0
		2 000	15.00±0.02 I	66.77±0.64 GHIJK	0.61±0.01 EFGH	23.33±0.06 ABCD	0.381 1

注:同列不同大写字母表示在 0.01 水平差异显著

Note: Different capital letters in the same column indicated significant differences at 0.01 level

3 结论与讨论

基质的组成与理化性状决定着生根环境,理想的基质应具有较好的透气、保水性和丰富的营养成分^[3]。该研究结果表明,基质种类对榛子扦插的所有生根指标均有极显著影响。珍珠岩+蛭石+河砂(1:1:1)在生根率指标上表现最佳,为 58.75%,极显著优于其他基质($P<0.01$)。这可能是由于珍珠岩+蛭石+河砂(1:1:1)组成的混合基质中珍珠岩和河砂透气性好,蛭石保水能力强,基质通气、排水性好;基质既能够保湿保温,又具有一定的营养物质,有利于氧气扩散和不定根形成^[4-5]。珍珠岩+蛭石+河砂(1:1:1)虽然在生根率上表现最佳,但在不定根长、不定根粗、单株不定根数上表现一般。因此,最佳的基质配比有待于进一步筛选。

外源植物生长调节物质能够促进插穗的生根^[6-10]。GGR、IBA 是常用的 2 种植物生根剂,特别是用于促进难以生根的木本植物生根,改善根系质量^[10-12]。该试验中,GGR、IBA 对榛子嫩枝扦插生根均具有促进作用。激素种类对生

根率、不定根长、不定根粗、单株不定根数 4 个生根指标均具有极显著影响。其中,GGR 处理的插穗生根率、不定根长、单株不定根数极显著优于 IBA 处理。

有研究表明,不同质量浓度处理下,扦插生根试验均表现为低质量浓度对生根有良好的促进作用,高质量浓度则对其有一定的抑制作用^[13-14]。Laubscher 等^[15]研究发现,低浓度处理有益于愈伤组织诱导,中高浓度促进插穗生根及根系生长,但过高的浓度对插穗组织造成伤害,影响生根和扦插苗生长。该研究与前人研究结果基本一致。激素浓度对生根率、不定根长、不定根粗 3 个生根指标均有极显著影响,且随着激素浓度的升高出现先升高后降低的趋势,而对单株不定根数影响不显著。

24 个处理组合、4 个生根指标的隶属函数法综合评价表明,珍珠岩+蛭石(2:1)+1 500 mg/L GGR 组合的隶属函数值最大,为 0.760 4,综合生根效果最佳。

(下转第 134 页)

- ern Germany from 1994 to 2013[J].Data in brief,2019,24:1-3.
- [18] 郭诗宇,白琳,彭吕长,等.德国巴伐利亚州近自然林业发展路径及启示[J].绿色科技,2020(19):111-113.
- [19] STRUBELT I, DIEKMANN M, GRIESE D, et al. Inter-annual variation in species composition and richness after coppicing in a restored coppice-with-standards forest[J]. Forest ecology and management, 2019, 432: 132-139.
- [20] UN/ECE-FAO. Forest resources of Europe, CIS, North America, Australia, Japan and New Zeland. Main Report. Geneva Timber and Forest Study Papers 17[R]. Geneva, Switzerland, 2000.
- [21] MACHAR I. Coppice-with-standards in floodplain forests-a new subject for nature protection[J]. Journal of forest science, 2009, 55(7): 306-311.
- [22] BANKOVIC S, MEDAREVIC M, PANTIC D, et al. National forest inventory of the Republic of Serbia[J]. Forestry, 2008, 3: 1-16.
- [23] GLAVONJIC B, JOVIC D, VASILJEVIC R, et al. Geneva Forest and Forest Products County Profile; Serbia and Montenegro. Geneva timber and forest discussion paper 40[R]. Geneva; UNECE, FAO, 2005: 90.
- [24] SFA. Statistical forms 1-GF[C]. State Forest Agency (in Bulgarian), 2005.
- [25] TOROMAN E, JUPE A. The role of Albania forestry in the Global Challenge of supplying with renewable energy[C]. International symposium: Sustainable forestry problems and challenges. Perspectives and challenges in wood technology. Ohrid, Macedonia; [s.n.], 2007: 296-302.
- [26] ZLATANOV T, LEXER M J. Coppice forestry in South-Eastern Europe: Problems and future prospects[J]. Silva balcanica, 2009, 10(1): 5-8.
- [27] 刘进社. 森林经营技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 2007: 140-141.
- [28] CIANCIO O, CORONA P, LAMONACA A, et al. Conversion of clearcut beech coppices into high forests with continuous cover: A case study in central Italy[J]. Forest ecology and management, 2006, 224(3): 235-240.
- [29] PIUSSI P. Close to nature forestry criteria and coppice management[M].// DIACI J. Nature-based forestry in central Europe; Alternatives to industrial forestry and strict preservation. Ljubljana; Tiskarna Plesko, 2006: 27-37.
- [30] RADTKE A, AMBRAß S, ZERBE S, et al. Traditional coppice forest management drives the invasion of *Ailanthus altissima* and *Robinia pseudoacacia* into deciduous forests[J]. Forest ecology and management, 2013, 291: 308-317.
- [31] DRAKE P L, MENDHAM D S, OGDEN G N. Plant carbon pools and fluxes in coppice regrowth of *Eucalyptus globulus*[J]. Forest ecology and management, 2013, 306: 161-170.
- [32] STOJANOVIC M, SANCHEZ-SALGUERO R, LEVANIC T, et al. Forecasting tree growth in coppiced and high forests in the Czech Republic. The legacy of management drives the coming *Quercus petraea* climate responses[J]. Forest ecology and management, 2017, 405: 56-68.
- [33] VACIK H, ZLATANOV T, TRAJKOV P, et al. Role of coppice forests in maintaining forest biodiversity[J]. Silva balcanica, 2009, 10(1): 35-45.
- [34] STAJIC B, ZLATANOV T, VELICHKOV I, et al. Past and recent coppice forest management in some regions of south eastern Europe[J]. Silva balcanica, 2009, 10(1): 9-19.
- [35] NOTARANGELO M, LA MARCA O, MORETTI N. Long-term effects of experimental cutting to convert an abandoned oak coppice into transitional high forest in a protected area of the Italian Mediterranean region[J]. Forest ecology and management, 2018, 430: 241-249.
- [36] EHRHART Y. 栎类矮林向乔林的转变[M].// 侯元兆, 陈幸良, 孙国吉. 栎类经营. 北京: 中国林业出版社, 2017: 107-115.
- [37] FORSTER H. 矮林经营技术[G]. 湖北省林业局外资办, 2019: 1-16.
- [38] ABETZ P. Zum Konzept einer Z-Baum-orientierten Kontrollmethode[R]. Freiburg; Universität Freiburg, 1980: 1-10.
- [39] ABETZ P, KLÄDTKE J. The target tree management system. Die Z-Baum-kontrollmethode[J]. Forstwissenschaftliches centralblatt, 2002, 121(2): 73-82.
- [40] KLÄDTKE J. Wachstum großkroniger Buchen und waldbaulich Konsequenzen[J]. Forstarchiv, 2002, 73(6): 211-217.
- [41] ABETZ P, KLÄDTKE J. Durchforstungshilfe 2010; Heft 53/2010[S]. Freiburg; Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, 2010: 1-12.
- [42] Bayerische Staatsforsten Bewirtschaftung. Von Fichten- und Fichtenmischbeständen in Bayerischen Sttaswald[S]. München; Bayerische Staatsforsten, 2009: 1-83.
- [43] EBERT H. Die Zielbaum-Durchforstung-ein Weg zur Erziehung starken Wertholzes; Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg [EB/OL]. (2015-03-11) [2020-12-20]. https://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/waldbau/pflege/fva_zielbaumdurchforstung/index_DE.
- [44] EBERT H. Die Lenkung Forstlicher Produktion orientiert am einzelnen Baum[J]. Allgemeine Forst Zeitschrift, Der Wald Berlin, 1999, 54(8): 402-405.
- [45] 侯元兆, 陈幸良, 孙国吉. 栎类经营[M]. 北京: 中国林业出版社, 2017: 38-75.
- [46] UTSCHIG H, PRETZSCH H. Der Eichen-Durchforstungsversuch Waldeinungen 88. Auswirkungen unterschiedlicher Eingriffsstärken nach 65 Jahren Beobachtung[J]. Forstwissenschaftliches centralblatt, 2001, 120(1/2/3/4/5/6): 90-113.
- [47] NICKEL M, STEINACKER L, KLEMMT H, et al. Wachstum verschiedener Nussbaumarten in Bayern[J]. LWF Wissen, 2008, 60: 37-43.
- [48] LUPKE V B. Einfluss unterschiedlicher Hiebsformen auf die Naturverjüngung eines Traubeneichen-Buchen-Mischbestandes[J]. Forstarchiv, 2008, 79: 4-15.
- [49] WOBST H. Geschichtliche Entwicklung und gedankliche Grundlagen naturgemässer Waldwirtschaft[J]. Forstarchiv, 1979, 50: 22-27.
- [50] PRETZSCH H, KAHN M, GROTE R. Die Fichten-Buchen-Mischbestände des Sonderforschungsbereiches "Wachstum oder parasitenabwehr?" im Kranzberger Forst[J]. Forstwissenschaftliches centralblatt, 1998, 117(1/2/3/4/5/6): 241-257.
- [51] SPELLMANN H, GEB M, NAGEL J, et al. Verwendungsorientierte Managementstrategien für Buchen-Küstentannen-Mischbestände[J]. LWF Wissen, 2011, 66: 63-73.

(上接第 131 页)

参考文献

- [1] BASHIR M A, ANJUM M A, CHAUDHRY Z, et al. Response of *Jojoba (Simmondsia chinensis)* cuttings to various concentrations of auxins[J]. Pakistan journal of botany, 2009, 41(6): 2831-2840.
- [2] 张乐华, 王书胜, 单文, 等. 基质、激素种类及其浓度对鹿角杜鹃扦插育苗的影响[J]. 林业科学, 2014, 50(3): 45-54.
- [3] DOLOR D E, IKIE F O, NNAJI G U. Effect of propagation media on the rooting of leafy stem cuttings of *Iringia wombolu* (Vermoesen)[J]. Research journal of agriculture and biological sciences, 2009, 5(6): 1146-1152.
- [4] AMRI E, LYARUU H V M, NYOMORA A S, et al. Evaluation of provenances and rooting media for rooting ability of African blackwood (*Dalbergia melanoxylon* Guill. & Perr.) stem cuttings[J]. Research journal of agriculture and biological sciences, 2009, 5(4): 524-532.
- [5] OFODILE E A U, CHIMA U D, UDO E F. Effect of different growth media on foliage production and root growth in *Gongronema latifolia* Benth stem cuttings[J]. Greener journal of agricultural sciences, 2013, 3(3): 215-221.
- [6] 舒常庆, 赵西梅, 杨臻, 等. 3 种女贞属植物的扦插繁殖研究[J]. 华中农业大学学报, 2007, 26(3): 390-393.
- [7] 龚弘娟, 李洁维, 蒋桥生, 等. 不同植物生长调节剂对中华猕猴桃扦插生根的影响[J]. 广西植物, 2008, 28(3): 359-362.
- [8] ERCISLI S, READ P E. Propagation of hazelnut by softwood and semi-hardwood cuttings under Nebraska conditions[J]. Acta horticulturae, 2001, 556: 275-280.
- [9] KANTARCI M, AYFER M. Propagation of some important Turkish hazelnut varieties by cuttings[J]. Acta horticulturae, 1994, 351: 353-360.
- [10] 汪晓丽, 严过房, 罗伟聪, 等. 不同生长调节剂种类及浓度对结香扦插生根的影响[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(27): 100-102.
- [11] RANA R S, SOOD K K. Effect of cutting diameter and hormonal application on the propagation of *Ficus roxburghii* Wall. through branch cuttings[J]. Annals of forest research, 2012, 55(1): 69-84.
- [12] AMRI E. The effect of auxins (IBA, NAA) on vegetative propagation of medicinal plant *Boggunnia madagascariensis* (Desv.) J. H. Kirkbr & Wiersema[J]. Tanzania journal of natural and applied sciences, 2011, 2(2): 359-366.
- [13] 孙敬爽, 郑红娟, 贾桂霞, 等. 不同基质、生长调节剂、插穗规格和代谢调节剂对“蓝星”扦插生根的影响[J]. 北京林业大学学报, 2008, 30(1): 67-73.
- [14] 王建华, 孙晓梅, 王笑山, 等. 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[J]. 林业科学研究, 2006, 19(1): 102-108.
- [15] LAUBSCHER C P, NDAKIDEMI P A. Rooting success using IBA auxin on endangered *Leucadendron laxum* (PROTEACEAE) in different rooting mediums[J]. African journal of biotechnology, 2008, 7(19): 3437-3442.