

不同生长调节剂对蒙古栎嫩枝扦插生根的影响

闫文涛,佟兆庆,魏 俊,康德星,陆秀君*

(沈阳农业大学 林学院,辽宁 沈阳 110866)

摘 要:为建立蒙古栎扦插繁殖技术体系,探究其嫩枝扦插的生根机理。以当年生蒙古栎中上部嫩枝条做插穗,采用 ABT 1 号、IBA、NAA 及 IBA+NAA 混合溶液处理,分别采取 200、300、500 mg · L⁻¹ 与 1 000 mg · L⁻¹ 浓度处理不同的时间,以清水处理为对照。采用高效液相色谱法对其生根过程中吲哚乙酸(IAA)、脱落酸(ABA)、玉米素(ZT)、赤霉素(GA₃) 4 种内源激素含量进行测定。结果表明,用生长调节剂 IBA 1 000 mg · L⁻¹ 处理 10 s 和 IBA+NAA 1 000 mg · L⁻¹ 处理 10 s 可有效促进愈伤组织发育,但生根率仅为 3.3%。在生根过程中 IAA 与 ZT 均可有效促进愈伤组织而促进生根,ABA 抑制生根,低浓度 GA₃ 有利于不定根的形成。插穗的愈伤组织发生能力、生根能力与 IAA/ABA 比值和 ZT/ABA 比值呈正相关。

关键词:蒙古栎;扦插;繁殖;生长调节剂

中图分类号:S723.132.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2017)03-0116-06

Cuttage Propagation Technique and Rooting Mechanism of *Quercus mongolica* with Softwood Cutting

YAN Wen-tao, TONG Zhao-qing, WEI Jun, KANG De-xing, LU Xiu-jun*

(College of Forestry, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China)

Abstract: In order to establish an efficient cutting propagation system, the rooting mechanism of softwood cuttings of *Quercus mongolica* was explored. The current year shoots in the middle and upper branches of *Q. mongolica* were used as cuttings, which were treated by different growth regulators of ABT No. 1, IBA, NAA, and mixed IBA+NAA with gradient concentrations of 200, 300, 500 mg · L⁻¹, and 1 000 mg · L⁻¹ for different time durations, and water was used as the control. Four endogenous hormones, i. e., indoleacetic acid (IAA), abscisic acid (ABA), zeatin (ZT), and gibberellin (GA₃) during rooting were determined by high performance liquid chromatography (HPLC). The results showed that the treatment with IBA 1 000 mg · L⁻¹ for 10 s and IBA+NAA 1 000 mg · L⁻¹ for 10 s could promote the callus development, but the rooting rate was only 3.3%. In the process of rooting, IAA and ZT could promote the development of callus and promote the rooting. ABA inhibited the rooting, while low level of GA₃ was beneficial to adventitious root formation. There was a positive correlation between IAA/ABA ratio and ZT/ABA ratio in callus growth and rooting ability.

Key words: *Quercus mongolica*; cuttage propagation; growth regulator

蒙古栎(*Quercus mongolica*)又名蒙栎、柞栎、柞树,为壳斗科(Fagaceae)栎属(*Quercus*)落叶乔木,是中国东北林区中主要的次生林树种,国家二级

珍贵树种^[1-4]。蒙古栎属植物极难生根,作为我国珍贵用材林树种和生态树种,蒙古栎遗传改良进展迟滞。前人虽做了大量工作但对如何提高蒙古栎

收稿日期:2016-10-17 修回日期:2016-12-08

基金项目:辽宁省农业科技攻关项目(2014207005/2015207005)。

作者简介:闫文涛,男,在读硕士,研究方向:园林植物栽培与应用。E-mail:961814081@qq.com

* 通信作者:陆秀君,女,教授,博士生导师,研究方向:观赏树木引种、栽培生理生态。E-mail:lxjsyau@126.com

生根率却仍未突破。目前,我国主要的蒙古栎林绝大部分均是采伐后萌蘖更新的次生林,其遗传改良程度差、林分生产量低下、通过优树选择和杂交选育,筛选优良基因型并应用无性繁殖方法加以推广应用是增加生产量、提高改良程度,加速良种化的重要手段^[5]。

生长调节剂可以促进插条内部营养物质的重新分配与内源激素的作用表达,促进插条生根^[6-7]。栎属植物采用生长调节剂处理已经取得了较好的扦插生根效果。大叶栎中段插穗用吲哚丁酸处理其扦插育苗成活率可达 87.67%^[8]。麻栎枝条扦插具有明显的部位效应,插条成活率为:中部>下部>梢部;以当年生苗木萌条做插穗的效果明显好于大树伐桩萌条,且经过浓度为 200 mg·L⁻¹ 的 ABT 1 号生根粉处理硬枝插穗的扦插成活率高达 40%,而在嫩枝扦插试验中,同样经过浓度为 200 mg·L⁻¹ 的 ABT 1 号生根粉处理插穗的扦插成活率可达 56.7%^[9]。已对薄壳山核桃^[10]、北美红栎^[11]、蒙古栎^[12] 扦插有研究,认为栎类多为皮部生根型,采集 1~2 年实生母树嫩枝扦插,多数处理的成活率较低,一般为 10%~60%。目前的大多数对蒙古栎嫩枝扦插研究并未取得理想成果。以蒙古栎为研究对象,以幼嫩枝条为试验材料,采用不同生长调节剂种类、浓度和处理时间对插穗进行处理,研究其嫩枝扦插繁殖的影响,并通过内源激素含量的动态变化探求其生根机理。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2015 年 7 月在辽宁省沈阳市高坎镇苗木基地(28°14'N,123°13'E)半自动间歇喷雾扦插棚内进行。试验材料均采自该基地内 3 年生实生母树枝条。选取生长优良、规格相似、无病虫害的半木质化枝条的中上部进行剪裁,插穗长度 10~12 cm,上下切口平剪,切口距第一芽 1~2 cm,保留上部 2 片半叶;制作好的插穗用清水浸湿,以减少产生抑制生根的物质。插穗 30 支扎成一捆。基质采用河沙,采用高床育苗方式。扦插前,要先用 0.5%KMnO₄ 溶液对沙床消毒。

在生根过程中,采取插穗基部 2~3 cm 以内的韧皮部作为激素测试的试验材料。

1.2 试验方法

1.2.1 扦插繁殖技术研究试验设计 采用随机区组试验设计,分别选取生长调节剂生根粉(ABT 1 号)、吲哚丁酸(IBA)、萘乙酸(NAA)以及 IBA、NAA 分别溶解后等体积等浓度混合后的溶液分别

设 4 个浓度(200、300、500 mg·L⁻¹ 与 1 000 mg·L⁻¹)梯度处理插穗,其中,低浓度(200、300 mg·L⁻¹ 与 500 mg·L⁻¹)生长调节剂处理采用长时间浸泡 2、4 h 与 6 h,高浓度(1 000 mg·L⁻¹)生长调节剂处理采用快速蘸取 10、30 s 与 60 s,3 次重复,每重复扦插 20 个插穗。

测定指标:扦插后 60 d 调查测定根数、根长,愈伤组织数量、大小、形态、重量等,计算生根率,死亡率。数据处理和方差分析利用 Office2010 和 SPSS 19.0 软件。

1.2.2 扦插生根机理研究试验设计 插穗基部 2~3 cm 分别于 1 000 mg·L⁻¹ IBA 和 1 000 mg·L⁻¹ IBA+NAA 溶液中蘸取 10 s 和 30 s(分别称作 IBA10 s、IBA30 s、IBA+NAA 10 s、IBA+NAA 30 s),以 5 cm×5 cm 株行距插于沙床上。

以扦插前 24 h、0 h 采集母树枝条作为对照,于扦插当日为第 1 次采样(0 d),每 5 d 采样 1 次,每次采样 4×50 支,共取样 9 次,样品用蒸馏水清洗干净,并用滤纸吸干。试验材料迅速带回实验室,用液氮冷冻后放入-80℃超低温冰箱保存备用。

测定方法:内源激素含量的测定采用高效液相色谱法。安捷伦 1100 高效液相色谱仪;DAD 检测;Agilent chemstation 液相色谱工作站;色谱柱为 Shim-Park C18(250 mm×4.6 mm,5 μm),流动相为甲醇、乙腈与 0.01%甲酸水混合的梯度洗脱,检测波长 270 nm,流速 0.7 mL·min⁻¹。自动进样,进样量 10 μL,柱温 30℃。

数据统计:内源激素的测定结果采用 Agilent chemstation 色谱工作站计算,采用 Excel 进行数据处理与分析。

1.2.3 苗期管理 扦插后在苗床上搭塑料小拱棚。每 3 d 喷施 1 次浓度为 30~40 g·L⁻¹ 的多菌灵进行插穗消毒,保持棚内相对湿度 90%以上,气温保持在 25℃左右。

2 结果与分析

2.1 不同生长调节剂对蒙古栎扦插繁殖的影响

ABT1 号、IBA、NAA 及 NAA+IBA 对蒙古栎嫩枝扦插生根率、死亡率、平均根长及其形成愈伤组织重量等有不同的影响(表 1)。在 ABT 1 号的处理中,以 300 mg·L⁻¹ 处理 2、6 h 和 1 000 mg·L⁻¹ 处理 60 s 的效果最好,愈伤组织重量分别为 0.74、0.19 g 与 0.46 g,生根率都为 1.7%。300 mg·L⁻¹ 处理 2 h 的死亡率为 65%,平均根长为 2.4 cm;300 mg·L⁻¹ 处理 6 h 的死亡率为 81.7%,平均根长为 0.7 cm;1 000 mg·L⁻¹ 处理 60 s 的死亡率为

43.3%，平均根长为 1.7 cm。生根率均高于对照组，死亡率均低于对照组。

表 1 不同浓度 ABT 1 号对蒙古栎扦插繁殖的影响

Table 1 Effects of different concentrations of ABT 1 on the cutting propagation of *Q. mongolica*

浓度 /(mg·L ⁻¹)	时间 /(h,s)	愈伤组织 平均重量/g	生根率 /%	死亡率 /%	平均根长 /cm
0	—	0.34	0	85.0	—
200	2 h	0.68	0	86.7	—
	4 h	0.34	0	90.0	—
	6 h	1.08	0	91.7	—
300	2 h	0.74	1.7	65.0	2.4
	4 h	0.43	0	93.3	—
	6 h	0.19	1.7	81.7	0.7
500	2 h	0.24	0	68.3	—
	4 h	1.46	0	80.0	—
	6 h	0	0	95.0	—
1 000	10 s	0.57	0	68.3	—
	30 s	0.37	0	61.7	—
	60 s	0.46	1.7	43.3	1.8

在 IBA 的处理中,以 300 mg·L⁻¹处理 2、4 h, 500 mg·L⁻¹处理 4 h 和 1 000 mg·L⁻¹处理 10 s 的效果最好,愈伤组织平均重量分别为 1.04、0.63、0.81 g 与 0.5 g,生根率均为 3.3%(表 2)。300 mg·L⁻¹处理 2 h 的死亡率为 91.7%,平均根长为 6.8 cm;300 mg·L⁻¹处理 4 h 的死亡率为 86.7%,平均根长为 2.1 cm;500 mg·L⁻¹处理 4 h 的死亡率为 93.3%,平均根长为 4.1 cm;1 000 mg·L⁻¹处理 10 s 的死亡率为 73.3%,平均根长为 2.6 cm。生根率均高于对照组。对插穗的观察可知,IBA 处理的插穗底部 1~2 cm 会腐烂变黑,再在变黑部分上方长出愈伤组织,其他 3 种生长调节剂处理几乎无此“变黑”现象。

表 2 不同浓度 IBA 对蒙古栎扦插繁殖的影响

Table 2 Effects of different concentrations of IBA on the cutting propagation of *Q. mongolica*

浓度 /(mg·L ⁻¹)	时间 /(h,s)	愈伤组织 平均重量/g	生根率 /%	死亡率 /%	平均根长 /cm
0	—	0.34	0	85	—
200	2 h	0.98	0	88.3	—
	4 h	0.30	1.7	76.7	0.6
	6 h	0.19	0	81.7	—
300	2 h	1.04	3.3	91.7	6.8
	4 h	0.63	3.3	86.7	2.1
	6 h	0.70	0	93.3	—
500	2 h	2.15	0	95	—
	4 h	0.81	3.3	93.3	4.1
	6 h	0	0	100	—
1 000	10 s	0.50	3.3	73.3	2.6
	30 s	0.21	0	76.7	—
	60 s	0.50	1.7	63.3	1.4

在 NAA 的处理中,以 200 mg·L⁻¹处理 2 h 的效果最好,愈伤组织平均重量为 0.51 g,生根率为 3.3%,死亡率为 80%,平均根长为 5.4 cm,生根率高于对照组(表 3),死亡率低于对照组。存活 9 组,生根 5 组,但平均死亡率达到 88.1%,愈伤组织平均重量为 0.29 g。相较其他处理,插穗死亡率最高,愈伤组织重量最低。其中,200 mg·L⁻¹浓度的 3 个处理组都有不定根生成。

表 3 不同浓度 NAA 对蒙古栎扦插繁殖的影响

Table 3 Effects of different concentrations of NAA on the cutting propagation of *Q. mongolica*

浓度 /(mg·L ⁻¹)	时间 /(h,s)	愈伤组织 平均重量/g	生根率 /%	死亡率 /%	平均根长 /cm
0	—	0.34	0	85	—
200	2 h	0.51	3.3	80	5.4
	4 h	0.24	1.7	83.3	3.8
	6 h	0.68	1.7	96.7	7.1
300	2 h	0	0	98.3	—
	4 h	0	0	100	—
	6 h	0	0	100	—
500	2 h	0.57	0	93.3	—
	4 h	0	0	100	—
	6 h	0.58	1.7	88.3	0.8
1 000	10 s	0.30	0	71.7	—
	30 s	0.31	1.7	58.3	2.7
	60 s	0.25	0	86.7	—

在 NAA+IBA 的处理中,以 1 000 mg·L⁻¹处理 10 s 的效果最好,愈伤组织平均重量为 0.52 g,生根率为 3.3%,死亡率为 71.7%,生根率高于对照组,死亡率低于对照组,平均根长为 14.2 cm(表 4)。

表 4 不同浓度 NAA+IBA 对蒙古栎扦插繁殖的影响

Table 4 Effects of different concentrations of NAA+IBA on the cutting propagation of *Q. mongolica*

浓度 /(mg·L ⁻¹)	时间 /(h,s)	愈伤组织 平均重量/g	生根率 /%	死亡率 /%	平均根长 /cm
0	—	0.34	0	85	—
200	2 h	0.30	1.7	83.3	2.3
	4 h	1.82	0	98.3	—
	6 h	0	0	96.7	—
300	2 h	0.15	0	83.3	—
	4 h	0	0	100	—
	6 h	0.47	0	93.3	—
500	2 h	0.87	0	96.7	—
	4 h	0	0	100	—
	6 h	0	0	100	—
1 000	10 s	0.52	3.3	71.7	14.2
	30 s	1.03	0	90	—
	60 s	0.70	0	86.7	—

对比 4 种生长调节剂处理组,IBA、NAA 及 NAA+IBA 处理的最高生根率均能达到 3.3%,其

中 IBA 1 000 mg · L⁻¹ 处理 10 s 和 NAA+IBA 处理 10 s 的死亡率分别为 73.3% 和 71.7%。因此,这 2 种处理是蒙古栎嫩枝扦插的最优方案。从生长调节剂浓度来讲,低浓度(200、300 mg · L⁻¹ 与 500 mg · L⁻¹)的平均死亡率为 87.8%,高浓度(1 000 mg · L⁻¹)的平均死亡率为 71.0%。低浓度处理组的生根率、死亡率、平均根长、愈伤组织平均重量与高浓度处理组的差异不显著;生长调节剂浓度对插穗愈伤组织平均重量、生根率、平均根长无显著影响。

2.2 插穗生根过程愈伤组织的变化

在扦插后的第 10 天出现愈伤组织,呈乳白色,生与插穗底部周围,随着时间的推移,愈伤组织颜色逐渐变暗,20 d 时变为淡黄色,大部分插穗底部的愈伤组织已逐渐形成一个大的瘤状突起,环状包于插穗底部,硬度较之前有所增加;25 d 后已有 60% 以上的插穗形成愈伤组织(图 1);35 d 时,愈伤组织形成率达 79%~93%。35 d 前是愈伤组织形成阶段。35 d 后开始有部分分化生根,此段时期为愈伤组织膨大时期,超过此期尚未分化生根的穗条愈伤组织容易老化不能生根或者腐烂,死亡率达 71.7%~90%,随着天数的增加,愈伤组织逐渐趋近于黄褐色,并伴随着硬度的增加。35 d 后,30 s 处理组明显比 10 s 处理组愈伤组织数量更多,可见,生长调节剂处理时间越长,愈伤组织数量更多,但生根率以 10 s 处理组的更高。所有生根组的插穗愈伤组织平均重量为 0.52 g,未生根组插穗的愈伤组织平均重量为 0.71 g,是生根组的 1.4 倍。综合 4 种处理中,IBA10 s 得到的效果较好。

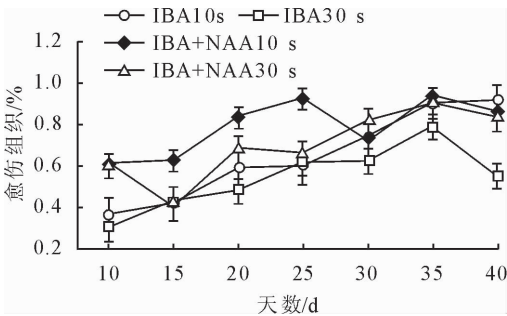


图 1 愈伤组织发生状况随天数的变化
Fig. 1 Changes of the development of callus with the number of days

2.3 插穗生根过程内源激素的变化

2.3.1 IAA 在插穗生根过程中的动态变化 插穗在生根过程中 IAA 含量在生根过程中均呈现“下降—上升—下降”的变化趋势(表 5)。即扦插后 25 d 愈伤组织形成阶段呈下降趋势,IBA10 s 处理从扦插前的 21.2 μg · g⁻¹ 下降到 9.6 μg · g⁻¹ (10 d),再下降到 2.5 μg · g⁻¹ (25 d);35 d 以后,处于愈伤组

织膨大期,此阶段 IAA 开始呈现一个积累的过程,IAA 含量逐渐上升,促进愈伤组织分化生根。

2.3.2 ABA 在插穗生根过程中的动态变化 插穗生根过程中 ABA 含量在生根过程中呈现逐渐波动上升的变化趋势(表 5)。扦插前 24 h 到扦插时插穗内 ABA 的含量明显升高。2 处理组在愈伤组织形成阶段后期(20~25 d) 时都存在一个明显的下降,随后逐步升高。愈伤组织形成百分率与同时期 ABA 含量都具有较高相关性($r=0.726$)。

2.3.3 ZT 在插穗生根过程中的动态变化 插穗生根过程中 ZT 含量在生根过程中均呈现“上升—下降—上升”的变化趋势(表 5)。ZT 含量在愈伤组织即将进入形成时期达到较低值后,在愈伤组织形成前期迅速上升;然后急剧下降,在到达愈伤组织形成阶段后期(25 d)时达到最低水平。此后一直处于上升的趋势。

2.3.4 GA₃ 在插穗生根过程中的动态变化 处理插穗 GA₃ 含量的变化总体呈现在波动中“上升—下降—上升”的趋势(表 5)。在扦插后 10 d 左右,此时,进入愈伤组织形成阶段,插穗基部 GA₃ 含量达到峰值。IBA 10 s 处理组在 35 d 后进入愈伤组织膨大期,GA₃ 含量出现下降的趋势。

2.3.5 各激素比值的变化与生根的关系

2.3.5.1 IAA/ABA 比值的变化与生根的关系 4 个处理组中,IAA/ABA 比值处于波动下降,达到较低值后逐渐趋于平稳的趋势(图 2)。在愈伤组织形成阶段后期(25 d)已很低,35 d 后进入愈伤组织膨大期,此时,IAA/ABA 比值缓慢下降。

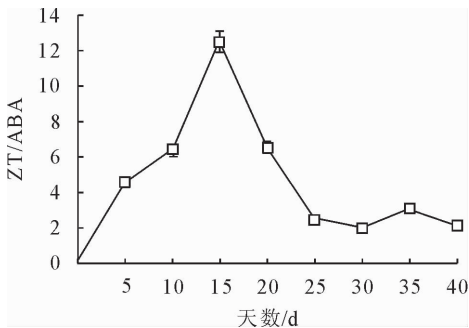


图 2 IAA/ABA 随天数的变化

Fig. 2 Change of IAA/ABA content with the number of days

2.3.5.2 ZT/ABA 比值的变化与生根的关系 ZT/ABA 含量比值呈先上升后下降的趋势,在愈伤组织刚刚形成(15 d)时,处于最高值,然后迅速下降,在愈伤组织形成后期(25 d)时最低;愈伤组织膨大期比值下降,此阶段与愈伤组织膨大期的 IAA/ABA 比值效果相似(图 3)。即使 ABA 的含量是处于波动中上升,较高浓度的 ZT 也使 ZT/ABA 比值较大,因此,ZT/ABA 比值可能是反映插穗生根能

力的一个指标。

2.3.5.2 GA₃/ABA 比值的变化与生根的关系

GA₃/ABA 比值含量呈现“上升—下降—上升”的趋势(图 4)。扦插初期至愈伤组织刚刚开始形成阶段

GA₃/ABA 比值含量逐渐上升,而后逐渐下降;在愈伤组织形成后段(20~25 d)急剧上升,达到最高水平后下降,然后进入愈伤组织膨大期时已经降低到很低的水平。

表 5 蒙古栎嫩枝插穗生根进程中内源激素变化

Table 5 Changes of endogenous hormones in <i>Q. mongolica</i> cuttings during rooting process		$\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$									
生长调节剂处理	测定激素	-24 h	0 d	5 d	10 d	15 d	20 d	25 d	30 d	35 d	40 d
IBA 10 s	IAA	21.2	19.1	31.2	9.6	19.3	18.9	2.5	12.6	18.8	18.1
	ABA	130	0	840	910	760	1 100	150	12 300	1 680	1 860
	GA ₃	4.8	120	53.2	130.1	14.3	47.5	78.5	96.9	101.6	46.8
	ZT	0	5.8	3.8	5.7	9.4	7.2	0.3	2.3	5.0	3.7

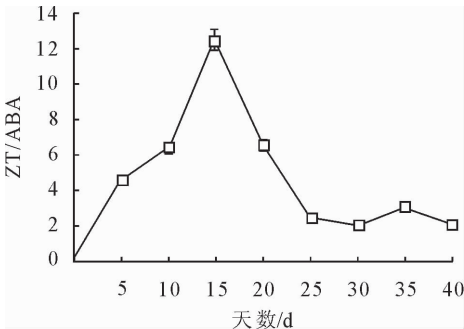


图 3 ZT/ABA 随天数的变化

Fig. 3 Change of ZT/ABA content with the number of days

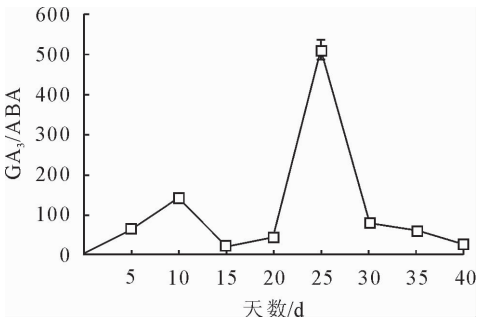


图 4 GA₃/ABA 随天数的变化

Fig. 4 Change of GA₃/ABA content with the number of days

3 结论与讨论

外源植物生长调节剂能促进插穗产生不定根^[13]。试验结果表明,IBA 对蒙古栎嫩枝插穗不定根的诱导效果优于 ABT 1 号、NAA 与 IBA+NAA 的处理,可能是因为 IBA 不易被酶系统氧化,传导扩散性能差,容易保留在被处理的部位,可有效地促使形成层细胞分裂,一些愈伤组织生根型树种使用吲哚丁酸效果较好^[14]。单独使用 IBA 处理比 NAA+IBA 处理得到相对较好的效果,可能因为较高浓度的 NAA 抑制蒙古栎嫩枝生根。ABT 1 号处理的插穗死亡率最低,可能由于 ABT 1 号在插穗不定根形成过程中,不仅能补充插穗生根需要的外源激素及其生根物质,还能促进插穗内源生长素的合成,加速插条下切口的愈合,促进生根^[15]。NAA+IBA 组合的使用效果整体上优于 NAA 单独使用的效

果^[16]。低浓度 NAA 处理插穗的生根效果明显优于相对较高浓度处理的效果。

树木枝条不同部位的木质化程度、生长抑制剂量、贮存营养物质的量和生长调节剂含量不同,枝条中上部接收光照较为充足,营养物质积累较高,木质化程度相对较低,生长抑制剂相对较少,有利于扦插生根^[17-18],因此,不同部位的插穗生根率、成活率都有明显的差异。与嫩枝插穗木质化程度低,生长抑制剂含量低、嫩枝水分含量高、内源生根剂含量高^[19]的结论一致。

生长素是促进扦插生根的重要生长调节剂。外源生长调节剂处理插穗促进内源 IAA 向插穗基部运输,使得插穗内源 IAA 得到积累,进而诱导生根^[20]。本研究中 IAA 含量试验初呈降低趋势,插穗刚脱离母体 IAA 含量大幅降低,至 25 d 转为上升,愈伤组织开始形成,表明此时 IAA 含量的增加有利于愈伤组织分化生根。扦插后 35 d 左右愈伤组织开始膨大,不定根逐渐突破表皮,与徐继忠^[21]等研究桃树硬枝插穗根原基形成过程中,IAA 含量逐渐升高,在 不定根突出表皮前,IAA 含量达到高峰的结论一致。

愈伤组织百分率的变化趋势与 ABA 含量的变化趋势近似,它们之间存在较高的相关性,即愈伤组织形成的百分率越高,ABA 的含量越高,越不容易生根。ABA 的含量呈现波动上升状态,插穗中积累较高含量的 ABA,可能是难生根树种不易生根的原因。

玉米素(ZT)是细胞分裂素的一种,它可以促进愈伤组织发芽,本研究 ZT 与生根率呈正相关性。内源 GA₃ 活性的暂时降低有利于不定根原基的诱导。35 d 后进入愈伤组织膨大期,不定根开始形成,赤霉素显著降低促进了不定根形成,与低水平的 GA₃ 能促进根原基发生^[22]的结论一致。IAA/ABA 比值可作为树木扦插后生根难易的判断标准,在 IAA/ABA 比值较大时,有利于不定根的形成,反之则抑制根源基的形成^[23]。本研究表明,较高比值的

IAA/ABA 有利于提高扦插成活率。

蒙古栎嫩枝扦插生根效果未达到理想水平,对照组(CK)无生根,原因可能有 2 方面,一是蒙古栎树种遗传特性导致的,即插穗内部生长抑制剂含量高;另一方面是扦插时间较晚,木质化程度较高,新陈代谢缓慢,生长期不够长,导致了生根能力下降甚至丧失;另外,夏季温度过高,需要通过不断喷雾来降低棚内温度,导致湿度很大,影响了插穗愈伤和生根,与 O. B. Hansen^[24]关于欧洲花楸嫩枝扦插的研究结果一致。本试验仅使用 4 种生长调节剂、4 种浓度处理插穗,尚不能确定其适应蒙古栎嫩枝扦插生根的激素种类浓度。

参考文献:

[1] 郑万钧. 中国树木志(第二卷)[M]. 北京:中国林业出版社, 1985:1022.

[2] 孙佳庆. 珍贵树种大径级用材林培育技术研究[J]. 吉林林业科技, 2012, 41(6): 14-18.

[3] 高珊, 立海, 王洋. 东北林区十个树种冻结活立木中应力波传播速度试验研究[J]. 森林工程, 2013, 29(4): 47-52.

[4] 刘勤, 周新锋. 蒙古栎无性系繁育试验[J]. 养殖与饲料, 2013 (5): 35-36.

[5] 黄秦军, 李文文, 丁昌俊. 蒙古栎嫩枝扦插繁殖技术研究[J]. 西南林业大学学报, 2013, 33(1): 27-33.

HUANG S J, LI W W, DING J C. Study on cuttage propagation techniques of *Quercus mongolica* with softwood cuttings [J]. Journal of Southwest Forestry University, 2013, 33(1): 27-33. (in Chinese)

[6] HARTMANN H T, HANSEN C J. Effect of season of collecting, indolebutyric acid, and preplanting storage treatments on rooting of Marianna plum, peach, and quince hardwood cuttings [J]. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 1958, 71: 57-66.

[7] 陆秀君, 洪晓松, 刘景强, 等. 扦插基质及生根促进剂对美国红枫扦插繁殖的影响[J]. 西北林学院学报, 2015, 30(5): 138-142.

LU X J, HONG X S, LIU J Q, *et al.* Effect of different soil substrates and rooting agents on *Acer rubrum* cutting propagation [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2015, 30(5): 138-142. (in Chinese)

[8] 曹艳云, 潘月芳. 大叶栎的扦插育苗试验[J]. 西部林业科学, 2007, 36(4): 87-90.

[9] 唐罗忠, 赵丹, 田野. 不同处理下的麻栎扦插成活率和内含物含量[J]. 福建林学院学报, 2012, 32(2): 113-119.

TANG L Z, ZHAO D, TIAN Y. Comparison of survival rates and substance concentrations in *Quercus acutissima* cuttings under different treatments [J]. Journal of Fujian College of Forestry, 2012, 32(2): 113-119. (in Chinese)

[10] 李俊南, 李莲芳, 熊新武, 等. 插穗母树年龄和粗度对薄壳山核桃硬枝扦插的影响[J]. 西北林学院学报, 2013, 28(4): 93-97.

LI J N, LI Y F, XIONG X W, *et al.* Effects of parent tree age and the thickness of cuttings on rooting capability of *Carya illinoensis* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2013, 28(4): 93-97. (in Chinese)

[11] 丁彤, 黄成林. 北美红栎扦插繁殖技术的研究[J]. 安徽农业大学学报, 2012, 39(4): 507-513.

DING T, HUANG C L. Research on the cutting propagation of *Quercus rubra* [J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2012, 39(4): 507-513. (in Chinese)

[12] 金继华, 王冰, 王国义. 蒙古栎扦插试验[J]. 吉林林业科技, 2004, 33(3): 15-16.

[13] 师晨娟, 刘勇, 胡长寿. 青海云杉硬枝扦插繁殖研究[J]. 江西农业大学学报: 自然科学版, 2002, 24(2): 259-263.

SHI C J, LIU Y, HU C S. Research on hardy branch cutting cultivation of Qinghai spruce [J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2002, 24(2): 259-263. (in Chinese)

[14] 李进, 曾卫军, 彭子模. 促进园林树木扦插繁殖生根的技术与方法[J]. 新疆师范大学学报: 自然科学版, 2002, 21(1): 44-50.

LI J, ZENG W J, PENG Z M. How to stimulate root growth of gardening plants cutting reproduction [J]. Journal of Xinjiang Normal University: Natural Sciences Edition, 2002, 21(1): 44-50. (in Chinese)

[15] 贾媚, 姚延寿, 史敏华, 等. 生根剂促进械树植物扦插繁殖的研究进展[J]. 西北林学院学报, 2010, 25(4): 107-109.

JIA J, YAO Y S, SHI M H, *et al.* Advancees in the researehers of rooting agent in cutting propagation of aecraeeae plants [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2010, 25(4): 107-109. (in Chinese)

[16] 永泰. 植物扦插繁殖与激素的应用[J]. 中国花卉园艺, 2001 (12): 4-5.

[17] 孙时轩. 造林学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995.

[18] 陈宏爱. 栓皮栎扦插繁育技术研究[J]. 山东林业科技, 2009 (03): 60-62.

[19] 靳诚. 中山杉无性系扦插繁殖技术的研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2007.

[20] GATINEAU F, FOUCHÉ J G, KEVERS C, *et al.* Quantitative variations of indolyl compounds including IAA, IAA-aspartate and serotonin in walnut microcuttings during root induction [J]. Biologia Plantarum, 1997, 39(1): 131-137.

[21] 徐继忠, 陈四维. 桃硬枝插条内源激素(ABA, IAA)含量变化对生根的影响[J]. 园艺学报, 1989, 16(4): 275-278.

XU J Z, CHEN S W. The effect of the changes of the engogenous hormone's contents (ABA and IAA) in hardwood cuttings of peach to rooting [J]. Acta Horticulturae Sinica, 1989, 16(4): 275-278. (in Chinese)

[22] 董胜军, 刘明国, 戴菲, 等. 山杏嫩枝扦插生根过程中插穗内源激素含量的变化[J]. 经济林研究, 2013, 31(4): 208-114.

DONG S J, LIU M G, DAI F, *et al.* Variation of endogenous hormone contents in softwood cuttings of *Armeniaca sibirica* during adventitious root formation [J]. Nonwood Forest Research, 2013, 31(4): 208-114. (in Chinese)

[23] 郑均宝. 几种木本植物插穗生根与内源 IAA, ABA 的关系[J]. 植物生理学报, 1991, 17(3): 313-316.

ZHENG J B. Relationship between adventitious root formation and endogenous IAA and ABA of several tree species [J]. Acta Phytophysiological Sinica, 1991, 17(3): 313-316. (in Chinese)

[24] HANSE O B. Propagating *Sorbus aucuparia* L. and *Sorbus hybrida* L. by softwood cuttings [J]. Scientia Horticulture, 1990, 42(1/2): 169-175.