

王 丽,张亚菲,黄俊华,等.不同基质对新疆圆柏扦插生根能力的影响[J].江苏农业科学,2019,47(11):177-181.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.11.040

# 不同基质对新疆圆柏扦插生根能力的影响

王 丽<sup>1</sup>,张亚菲<sup>2</sup>,黄俊华<sup>1</sup>,林 琪<sup>1</sup>,冯立涛<sup>3</sup>

(1.新疆农业大学林学与园艺学院,新疆乌鲁木齐 830052; 2.新疆农业大学科学技术学院,新疆乌鲁木齐 830052;

3.新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市草原监理站,新疆乌鲁木齐 830062)

**摘要:**为探明基质对新疆圆柏扦插生根能力的影响及为扦插育苗基质应用提供理论依据,以 2~3 年生野生新疆圆柏作为试验材料,用生长调节剂 ABT 1 号生根粉 1 000 mg/L 速蘸 2 s 处理后,分别扦插在细沙、沙壤土、珍珠岩、1/2 细沙+1/2 沙壤土、1/2 细沙+1/2 珍珠岩、1/2 沙壤土+1/2 珍珠岩共 6 种基质上,研究不同基质对生根情况、相关营养物质的含量、相关酶活性、游离脯氨酸含量、丙二醛(MDA)含量、根系活力及内源激素含量的影响,并将生根率与这些生理指标进行相关性分析。结果表明,珍珠岩基质中扦插的插穗生根率最高,为 65.57%,与其他基质间差异极显著( $P<0.01$ );插穗中有关营养物质含量和根系活力与生根率呈正相关,珍珠岩基质中的插穗上述含量值较大;MDA 含量、Pro 含量、SOD 和 CAT 活性及内源 IAA 水平与生根率呈负相关,珍珠岩基质中的插穗上述含量值较小。说明不同扦插基质极显著影响新疆圆柏插穗的生根能力,其中珍珠岩基质中生根情况最好,相关营养物质含量、相关酶活性、内源激素含量等为最适水平,最适合新疆圆柏扦插繁殖。

**关键词:**新疆圆柏;基质种类;营养物质含量;酶活性;内源激素

**中图分类号:** S791.440.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)11-0177-05

新疆圆柏(*Sabina vulgaris*)为柏科圆柏属植物,常绿匍匐灌木,主要分布于我国新疆、甘肃、陕西和内蒙古的干旱荒山和沙地之中<sup>[1]</sup>,应用于城市绿化和荒山造林,可实现生物节水,既降低了管护成本又丰富了园林栽培植物景观<sup>[2]</sup>。扦插育苗是新疆圆柏繁育的主要途径,生产实际中,新疆圆柏扦插育苗上存在生根困难、发芽率低等问题<sup>[3]</sup>。有研究表明,基质显著影响插穗的扦插生根能力,基质筛选是扦插繁殖的关键技术点<sup>[4]</sup>。有关新疆圆柏扦插基质的研究表示,用煤灰和细沙混合作扦插基质,有较高的成活率<sup>[5]</sup>,在珍珠岩+沙壤土、河沙+沙壤土、稀土珍珠岩混合土、轻质盐沙地上扦插,基质为稀土珍珠岩混合土的生根率最高<sup>[6]</sup>。本试验采用 6 种不同基质,对新疆圆柏扦插生根情况及插穗内含物质含量进行测定,探究生理生化指标,阐明不同扦插基质对新疆圆柏插穗内含物的影响,以优化扦插基质,提高新疆圆柏育苗成活率,为新疆圆柏在西部地区防沙治沙、生态建设以及城镇园林绿化中的广泛应用奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地基本概况

试验地位于新疆乌鲁木齐市天山区南草滩农业展示中心,属于温带大陆性季风气候,表现为干旱少雨、风大沙多,土壤以风沙土为主,含沙量大,粒径粗、肥力不足。

收稿日期:2018-02-06

基金项目:新疆乌鲁木齐市科技计划(编号:Y151210013)。

作者简介:王 丽(1993—),女,四川江油人,硕士研究生,研究方向为风景园林植物资源应用。E-mail:1318526150@qq.com。

通信作者:黄俊华,博士,教授,研究方向为野生观赏植物资源利用。E-mail:huangjunhua-7311@163.com。

### 1.2 试验材料

试验以新疆乌鲁木齐市天山大峡谷景区,生长健壮、无病虫害的野生新疆圆柏母株上的 2~3 年生枝条作为试验材料。

### 1.3 试验方法

1.3.1 苗床铺设 采用砖混结构,长 10 m、宽 1 m、高 0.45 m,为增加苗床的温度,在苗床最下层铺设 2 cm 的马粪,为增加滤水性,马粪上层铺设 15 cm 的煤渣,煤渣上层铺设扦插基质 10 cm 并耙平轻压。苗床上层搭建拱形塑料棚,棚内配备自动喷雾设施,棚外设置可移动的遮阳网。苗床制作完成后,用 500 倍高锰酸钾溶液对基质及周边环境进行全面消毒。

1.3.2 插穗制作 于 2017 年 5 月上旬,室外采集母株冠层 2~3 年生健壮的枝条,取直径大小一致、无花苞、无果实、无病虫害的长 20 cm 小枝,并及时运回基地喷水保湿;室内修剪插穗,插穗基剪成平齐的斜剪口,去除插穗基部的 2/3 以上的侧枝,修剪好的插穗长 12~15 cm,每 40 株扎 1 捆,共 18 捆,总计 720 株。

1.3.3 试验设计 扦插基质共有 6 种,分别为细沙(A)、沙壤土(B)、珍珠岩(C)、1/2 细沙+1/2 沙壤土(D)、1/2 细沙+1/2 珍珠岩(E)、1/2 沙壤土+1/2 珍珠岩(F),插穗用 ABT 1 号生根粉 1 000 mg/L 浸泡 2 s,各扦插 40 株,3 次重复,共计 720 株。

1.3.4 扦插与管理 扦插:剪好的接穗先用 500 倍多菌灵溶液浸泡消毒,1 000 mg/L ABT 1 号生根粉浸泡 2 s,以清水浸泡处理作对照。处理后立即扦插,株行距 5 cm×15 cm,扦插深度 6~8 cm,插后喷 1 次透水,并盖上塑料布。管理:试验期间苗床的补水增湿采用全自动间歇喷雾设备,每 15 d 喷 1 次 500 倍多菌灵对苗床进行消毒杀菌。棚内光照强度通过遮阳网调节,温度通过塑料棚两侧通风调节,苗床内温度控制在

12~25 ℃,空气湿度保持在 85%~98%,一个半月后,全部打开塑料薄膜,并对苗床内的插穗每隔 15 d 使用 3% 的尿素和 3% 的磷酸二氢钾,对插穗进行施肥管理。

1.4 样品采集及测定

1.4.1 样品采集 扦插后 4 个月左右即 9 月上旬,调查和测量不同基质、不同扦插角度中所有插穗的生根情况,并在各处理中随机取 10 株,采样后洗净,用湿毛巾包裹装入自封袋并迅速带回实验室测定。

1.4.2 样品测定 生根情况测定:用肉眼观察统计插穗绿苗数、插穗生根数及插穗愈伤组织生长数、插穗的枝条上所长出来的主根的个数,及主根上所长出的侧根的个数;采用卷尺测量主根最长的一个根,从插穗生根的地方开始到根的最末梢;用游标卡尺测量出主根的直径;根据公式插穗的绿苗率=(绿苗数/总的插穗数)×100%,算出插穗的绿苗率;根据公式插穗的生根率=(插穗的生根数/总的插穗数)×100%,算出插穗的生根率。

生理指标测量:枝条含水量测定采用称质量法<sup>[7]</sup>,插条含水量=(鲜质量-干质量)/鲜质量×100%。可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝法<sup>[7]</sup>、可溶性总糖含量测定采用蒽酮比色法<sup>[8]</sup>、叶绿素含量测定采用丙酮浸提比色法<sup>[9]</sup>、超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用氮蓝四唑(NBT)法、过氧化氢酶(CAT)活性测定采用紫外线吸收法<sup>[10]</sup>、游离脯氨酸(Pro)含量测定采用酸性茚三酮法<sup>[11]</sup>、丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸比色法<sup>[7]</sup>、根系活力测定采用氯化三苯基四氮唑(TTC)法<sup>[7]</sup>、内源激素(IAA、ABA、GA<sub>3</sub>)含量采用普通高效液相色谱法(HPLC)测定。

1.5 数据分析

利用 Excel 绘制图表,用 SPSS 19.0 统计软件进行方差分析和差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同扦插基质中新疆圆柏的生根情况

由表 1 可知,不同扦插基质的扦插生根情况有所不同。插穗绿苗率中,珍珠岩基质和细沙基质与其他基质间差异极显著,珍珠岩基质中的插穗绿苗率最高,为 69.67%,细沙基质插穗的绿苗率最低,为 44.17%。插穗生根率总体较低,珍珠岩基质与其他基质间差异极显著,珍珠岩基质中的插穗生根率最高,为 65.57%;沙壤土、珍珠岩、1/2 细沙+1/2 沙壤土和 1/2 细沙+1/2 珍珠岩基质中的插穗最长根长较其他 2 种基质差异极显著,其中 1/2 细沙+1/2 珍珠岩基质有最长根长,接着是珍珠岩基质,之后是 1/2 细沙+1/2 沙壤土基质,沙壤土中的插穗最长根长最短;1/2 细沙+1/2 珍珠岩基质中的插穗的平均主生根数与除珍珠岩基质外其他基质间差异显著,插穗的平均主生根数最多;珍珠岩基质插穗的平均不定根生根数与除 1/2 细沙+1/2 珍珠岩基质外其他基质间差异极显著,珍珠岩基质中插穗的平均不定根生根数最多;细沙和 1/2 细沙+1/2 珍珠岩基质间插穗的平均根长差异显著,其中 1/2 细沙+1/2 珍珠岩基质平均根长最长,而细沙基质中平均根长最短;珍珠岩基质中的插穗平均根粗与沙壤土基质间差异极显著,与其他基质间差异不显著。珍珠岩基质中的插穗平均根粗最粗。总体来看,各项指标中,显著突出的基质为珍珠岩基质、1/2 细沙+1/2 珍珠岩基质,并且 2 种基质中也有差异,珍珠岩基质中有较高的绿苗率、生根率、不定根数和根粗,而主根数和根长略低。

表 1 不同基质中新疆圆柏扦插的生根情况

处理	绿苗率 (%)	生根率 (%)	最长根长 (cm)	平均主生根数 (条)	平均不定根数 (条)	平均根长 (cm)	平均根粗 (cm)
A	44.17±0.441eD	16.11±0.556cC	18.00±.289dD	1.00±0.000cC	6.33±4.330cdC	5.67±0.667b	0.037±0.189bcAB
B	57.17±0.167cB	29.03±0.013bBC	14.27±0.398eE	1.67±0.667cBC	3.00±1.528dC	8.1±2.170ab	0.025±0.039cB
C	69.67±0.882aA	65.57±1.273aA	35.30±0.252bB	3.67±0.667abAB	26.00±2.309aA	9.47±0.318ab	0.066±0.055aA
D	52.33±0.167dC	37.77±0.910bB	22.01±0.024cC	2.33±0.333bcBC	11.33±1.453cBC	8.17±0.601ab	0.051±0.017abcAB
E	52.50±0.289dC	40.33±0.882bB	38.17±0.610aA	5.00±0.577aA	20.00±0.577abAB	11.17±1.014a	0.061±0.015abAB
F	59.00±1.000bB	34.48±0.412bBC	19.00±0.577dD	1.67±0.333cBC	13.33±1.202bcBC	7.17±2.028ab	0.04±0.021abcAB

注:表中数据为平均值±标准误差;同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著,不同大写字母表示在 0.01 水平差异极显著,没有字母表示差异不显著。下表同。

2.2 不同扦插基质下新疆圆柏插穗内有关营养物质的含量

由表 2 可知,不同扦插基质的插穗内有关营养物质含量的情况有所不同。珍珠岩和 1/2 细沙+1/2 珍珠岩基质的插条含水量与其他基质间差异极显著,且这 2 种基质间差异显著,其中珍珠岩基质中插条含水量最大,其次为 1/2 细沙+1/2 珍珠岩基质。珍珠岩和 1/2 细沙+1/2 珍珠岩基质蛋白质含量最多,均为 1.34 μg/mL 以上,且 2 种基质间没有差异,细沙和 1/2 沙壤土+1/2 珍珠岩基质蛋白质含量最少,均为 0.13 μg/mL 以下,且两者间没有差异。沙壤土、珍珠岩、1/2 细沙+1/2 沙壤土和 1/2 细沙+1/2 珍珠岩 4 种基质中的插穗可溶性总糖含量与其他 2 种基质差异极显著,其中 1/2 细沙+1/2 珍珠岩基质中含量最大,其次是珍珠岩基质,接着是 1/2 细沙+1/2 沙壤土基质,沙壤土基质中含量最低。细沙和

1/2 沙壤土+1/2 珍珠岩基质中插穗的叶绿素 a 含量与其他基质间差异极显著,其中细沙基质中含量最小。珍珠岩、1/2 细沙+1/2 珍珠岩和 1/2 沙壤土+1/2 珍珠岩基质中插穗的叶绿素 b 含量与其他基质间差异极显著,1/2 细沙+1/2 珍珠岩基质中含量最大,接着为珍珠岩基质,1/2 沙壤土+1/2 珍珠岩基质中最小。总叶绿素含量从高到底的基质依次为 1/2 细沙+1/2 珍珠岩>珍珠岩>1/2 沙壤土+1/2 珍珠岩>沙壤土>1/2 细沙+1/2 沙壤土>细沙。插穗内有关营养物质及叶绿素含量较大的为珍珠岩和 1/2 细沙+1/2 珍珠岩基质,且珍珠岩基质中插条含水量较大,可溶性总糖、叶绿素 b 含量较少,两者其他含量间差异均不显著。

2.3 不同扦插基质对新疆圆柏插穗内有关酶活性的影响

由表 3 可知,1/2 沙壤土+1/2 珍珠岩基质中 SOD 活性

表 2 不同基质处理新疆圆柏插穗内有关营养物质的含量

基质	插穗含水量 (%)	可溶性蛋白质含量 (μg/mL)	可溶性总糖含量 (%)	叶绿素 a 含量 (μg/L)	叶绿素 b 含量 (μg/L)	总叶绿素含量 (μg/L)
A	48.63 ± 0.593dB	0.13 ± 0.023dD	14.00 ± 0.431dD	394.10 ± 0.367dD	79.74 ± 0.293dD	473.84 ± 0.651dE
B	49.83 ± 0.371cdB	0.36 ± 0.049cC	11.15 ± 0.231eE	433.92 ± 0.217cC	76.99 ± 0.349dD	510.91 ± 0.566cC
C	68.40 ± 0.265aA	1.34 ± 0.006aA	23.46 ± 0.267bB	666.60 ± 1.622aA	143.54 ± 4.480bB	810.14 ± 2.882aA
D	52.10 ± 1.179cB	0.52 ± 0.009bB	15.79 ± 0.182cC	427.38 ± 0.512cC	74.37 ± 0.838dD	501.75 ± 1.008eD
E	64.73 ± 1.202bA	1.39 ± 0.021aA	25.68 ± 0.231aA	660.15 ± 0.382aA	154.55 ± 0.762aA	814.70 ± 1.059aA
F	51.50 ± 1.744cdB	0.09 ± 0.000dD	14.38 ± 0.304dD	447.58 ± 5.058bB	95.65 ± 1.934cC	543.23 ± 3.188bB

极显著高于其他基质,珍珠岩基质中 SOD 活性极显著低于其他基质。1/2 沙壤土 + 1/2 珍珠岩基质中插穗的 CAT 活性极显著高于其他基质。珍珠岩和 1/2 细沙 + 1/2 珍珠岩基质中 MDA 含量在 0.75 μmol/L 以下,较其他基质极显著,但两者间没有差异。珍珠岩基质中插穗的 Pro 含量最低。珍珠岩、1/2 细沙 + 1/2 沙壤土、1/2 细沙 + 1/2 珍珠岩基质中插穗的根系活力与其他 3 种基质间差异极显著,但这 3 种基质间无明显差异,根系活力从高到底依次为珍珠岩 > 1/2 细沙 +

1/2 珍珠岩 > 1/2 细沙 + 1/2 沙壤土 > 细沙 > 1/2 沙壤土 + 1/2 珍珠岩 > 沙壤土。总体 SOD 活性、CAT 活性、MDA 含量和 Pro 含量值最大的为细沙和 1/2 沙壤土 + 1/2 珍珠岩基质;值最小的为珍珠岩和 1/2 细沙 + 1/2 珍珠岩基质,珍珠岩基质中 SOD 活性最低,珍珠岩和 1/2 细沙 + 1/2 珍珠岩基质在 CAT 活性、MDA 含量和 Pro 含量中无明显差异;根系活力在基质中值最大的为珍珠岩和 1/2 细沙 + 1/2 珍珠岩,且两者间无明显差异。

表 3 不同基质处理对新疆圆柏插穗内相关酶活性的影响

基质	SOD 活性 [U/(g · min)]	CAT 活性 [mg/(g · min)]	MDA 含量 (μmol/L)	Pro 含量 (μg/mL)	根系活力 [μg/(g · L)]
A	505.19 ± 16.212bB	299.67 ± 7.190bB	1.68 ± 0.004aA	0.65 ± 0.006aAB	90.58 ± 1.783bB
B	500.82 ± 5.249bB	267.20 ± 7.995bB	1.26 ± 0.015cC	0.62 ± 0.012bB	81.27 ± 0.616bB
C	364.70 ± 1.261dD	166.67 ± 17.341cC	0.74 ± 0.006eE	0.12 ± 0.003dD	175.99 ± 0.615aA
D	481.89 ± 1.456bB	255.17 ± 8.927bB	1.11 ± 0.042dD	0.43 ± 0.004cC	140.82 ± 0.403aA
E	417.83 ± 1.456cC	136.50 ± 32.512cC	0.72 ± 0.014eE	0.14 ± 0.005dD	153.56 ± 32.488aA
F	563.42 ± 5.043aA	446.83 ± 9.471aA	1.43 ± 0.013bB	0.66 ± 0.006aA	90.50 ± 1.799bB

2.4 不同扦插基质下新疆圆柏插穗中内源激素的含量

由表 4 可知,插穗内源激素 ABA 含量平均为 21 mAU · min,GA<sub>3</sub> 含量平均为 24 mAU · min,不同基质间差别不明显。IAA 含量在不同基质间有明显区别,珍珠岩和

1/2 细沙 + 1/2 沙壤土基质与其他 4 种基质间差异极显著,1/2 沙壤土 + 1/2 珍珠岩基质中 IAA 含量最大,珍珠岩中

表 4 不同基质处理新疆圆柏插穗中内源激素含量

编号	内源激素含量(mAU · min)		
	IAA	ABA	GA
A	49.63 ± 0.092cC	21.86 ± 0.060	24.37 ± 0.205
B	56.85 ± 0.270bB	21.86 ± 0.060	24.54 ± 0.042
C	27.83 ± 0.156fE	21.84 ± 0.028	24.89 ± 0.028
D	35.66 ± 0.229dD	21.84 ± 0.027	25.26 ± 0.570
E	27.91 ± 0.435fE	21.86 ± 0.070	24.56 ± 0.206
F	58.59 ± 0.058aA	21.83 ± 0.087	24.99 ± 0.664

2.5 新疆圆柏插穗生根率与其他指标的相关性分析

将生根率与其他相关指标进行相关性分析(表 5、表 6、表 7)可知,生根率与有关营养物质含量均呈极显著正相关。生根率与相关酶活性等含量变化中,与根系活力呈极显著正相关;与 SOD 活性、MDA 含量、Pro 含量均呈极显著负相关;与 CAT 活性呈不显著的负相关。生根率与 IAA 含量呈极显著负相关,与 ABA 含量呈不显著的负相关,与 GA<sub>3</sub> 含量呈不显著的正相关。

3 讨论与结论

3.1 不同扦插基质对新疆圆柏生根指标的影响

本试验表明基质类型显著影响新疆圆柏插穗的生根状

况,珍珠岩基质中有最高的绿苗率、生根率、平均不定根数和平均根粗,生根情况最好,其次是 1/2 细沙 + 1/2 珍珠岩有最长的最长根长和平均根长。生根情况不好的为沙壤土和 1/2 沙壤土 + 1/2 珍珠岩基质,2 种基质下有较低的生根率、生根主根数、平均根长和根粗。这与任余燕等对扦插基质中珍珠岩基质,在新疆圆柏插穗生根发芽上表现最不好,不适合作为新疆圆柏扦插繁育的基质<sup>[3]</sup>不符。植物扦插不定根的发生是一个复杂的过程,既受植物本身遗传特性的影响,又与外部环境条件紧密相关<sup>[12]</sup>。2 个试验种源地不同,亲本的遗传特性有差异,扦插的外部环境条件也不同,任余燕等对新疆圆柏进行扦插试验,试验材料为内蒙古地区培育苗圃内的小枝叶和 3 年生插穗,在无棚无遮阴条件下进行;而本试验的插穗来

表 5 新疆圆柏插穗生根率与有关营养物质相关性分析

指标	相关系数						
	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>
生根率(Y)	1.000						
插条含水量(X <sub>1</sub> )	0.787 **	1.000					
可溶性蛋白质含量(X <sub>2</sub> )	0.695 **	0.937 **	1.000				
可溶性总糖含量(X <sub>3</sub> )	0.637 **	0.921 **	0.926 **	1.000			
叶绿素 a 含量(X <sub>4</sub> )	0.744 **	0.970 **	0.955 **	0.939 **	1.000		
叶绿素 b 含量(X <sub>5</sub> )	0.635 **	0.923 **	0.892 **	0.940 **	0.970 **	1.000	
总叶绿素含量(X <sub>6</sub> )	0.723 **	0.965 **	0.946 **	0.944 **	0.999 **	0.982 **	1.000

注:\*\*表示在0.01水平(双侧)上显著相关。\*表示在0.05水平(双侧)上显著相关。下同。

表 6 新疆圆柏插穗生根率与有关酶活性等相关性分析

指标	相关系数					
	Y	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>
生根率(Y)	1.000					
SOD 活性(X <sub>7</sub> )	-0.693 **	1.000				
CAT 活性(X <sub>8</sub> )	-0.459	0.873 **	1.000			
MDA 含量(X <sub>9</sub> )	-0.763 **	0.829 **	0.769 **	1.000		
Pro 含量(X <sub>10</sub> )	-0.741 **	0.923 **	0.827 **	0.939 **	1.000	
根系活力(X <sub>11</sub> )	0.665 **	-0.734 **	-0.589 *	-0.760 **	-0.805 **	1.000

表 7 新疆圆柏插穗生根率与内源激素相关性分析

指标	相关系数			
	Y	IAA 含量	ABA 含量	GA <sub>3</sub> 含量
生根率(Y)	1.000			
IAA 含量	-0.619 **	1.000		
ABA 含量	-0.09	-0.024	1.000	
GA <sub>3</sub> 含量	0.204	-0.091	-0.238	1.000

自于新疆野生的 3~5 年生硬枝插穗,且在有棚有遮阴条件下进行。有棚有遮阴能减小基质内水分含量的散失和降低插穗的蒸腾作用,而无棚无遮阴条件下则相反,所以得到的最佳基质结果不同。

3.2 不同扦插基质对新疆圆柏插穗内有关营养物质含量的影响

3.2.1 基质对插穗内含水量的影响 前人研究表示,插条含水量越高,细胞渗透活动越活跃,越有利于细胞的分裂、生长和繁殖<sup>[13]</sup>。因此插穗含水量越高越利于插穗生长繁殖。本试验得到插穗扦插生根率也表现出与插条含水量极显著正相关关系,与前人研究结果<sup>[14]</sup>一致,珍珠岩基质里插穗的含水量最多,其次为 1/2 细沙 + 1/2 珍珠岩基质。插穗的生根率在珍珠岩基质中也最大。

3.2.2 基质对插穗内可溶性蛋白质和可溶性总糖含量的影响 可溶性蛋白质、可溶性总糖属于碳水化合物,参与植株的物质代谢。6 种不同基质极显著影响插穗的可溶性蛋白质、可溶性总糖含量。珍珠岩与 1/2 细沙 + 1/2 珍珠岩基质中可溶性蛋白质和可溶性总糖含量均高于其他基质,且 2 种基质间可溶性总糖含量差异极显著。插穗扦插生根率与可溶性蛋白质和糖含量呈正相关,与前人研究结果<sup>[14-15]</sup>一致。插穗可溶性蛋白质、可溶性总糖含量越多,物质代谢越强,越有利于扦插生根。珍珠岩与 1/2 细沙 + 1/2 珍珠岩基质生根率均大于其他基质的生根率。

综上所述,不同扦插基质对新疆圆柏插穗内有关营养物质含量的影响较大,6 种基质各不相同,珍珠岩与 1/2 细沙 + 1/2 珍珠岩基质,是新疆圆柏扦插生根较适合的基质。

3.3 不同扦插基质对新疆圆柏插穗内相关酶活性的影响

3.3.1 基质对插穗内 MDA 含量、Pro 含量、SOD 活性的影响

MDA 是植物器官衰老或在逆境条件下细胞膜脂过氧化的最终分解产物,对细胞有毒害作用<sup>[16]</sup>;穗条离开母株后处于生长的逆境条件,促进体内产生活性氧自由基(O<sub>2</sub><sup>-</sup>),对细胞的生长产生伤害,然后细胞膜透性增加,MDA、Pro 的含量也进一步增加<sup>[4,17]</sup>;O<sub>2</sub><sup>-</sup> 是其他毒性更大活性氧的前体,过多的 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 对机体非常不利,随着 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 浓度的增加,SOD 活性逐渐增强<sup>[18]</sup>,因此,MDA、Pro 含量和 SOD 活性越小,基质环境造成的逆境胁迫小,对细胞的毒害作用小,O<sub>2</sub><sup>-</sup> 含量少,对插穗没有造成不利,更适合于新疆圆柏扦插生根。本试验也得出扦插生根率与 SOD 活性、MDA 含量、Pro 含量均呈极显著负相关,珍珠岩和 1/2 细沙 + 1/2 珍珠岩基质中 MDA 含量、Pro 含量和 SOD 活性值最低,扦插环境造成的胁迫小,适合新疆圆柏扦插繁殖;而沙壤土和 1/2 沙壤土 + 1/2 珍珠岩基质中 MDA 含量、Pro 含量和 SOD 活性值最大,扦插环境造成的胁迫大,O<sub>2</sub><sup>-</sup> 含量多,对细胞的毒害作用大,不适合新疆圆柏扦插繁殖。

3.3.1 基质对插穗内 CAT 活性的影响 植物代谢过程中会产生较多的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,依靠 CAT 清除水解,从而对植物细胞起保护作用;CAT 活力大小与植物体中活性氧自由基含量正相关<sup>[19]</sup>,而体内活性氧自由基越多,表明对细胞的生长产生伤害,相当于增加了逆境胁迫<sup>[17]</sup>,因此,CAT 活性越小,活性氧自由基含量少,基质环境造成的逆境胁迫小,更适合于新疆圆柏扦插生根。本试验得到扦插生根率与 CAT 活性不显著负相关,证明 CAT 活性对新疆圆柏扦插生根无太大影响,CAT 活性越小,对新疆圆柏扦插生根越有利。珍珠岩基质中插穗 CAT 活性最低,表明插穗受到的光合代谢产物毒害最小,因

而扦插生根能力最强。

### 3.4 基质对插穗中内源激素含量的影响

基质类型对新疆圆柏插穗中内源 IAA 含量的影响显著,生根率与 IAA 含量呈极显著负相关,这与屈坤杰等低含量 IAA 有利于愈伤组织的诱导分化和有利于扦插生根的结论<sup>[20]</sup>相同。表明插穗中内源 IAA 含量水平也是导致不同基质上插穗生根率产生差异的内因之一,内源 IAA 含量越低表示越适合新疆圆柏扦插生根。内源 IAA 含量最低的为珍珠岩基质中的插穗,较适合作为新疆圆柏的扦插基质。

### 3.5 不同扦插基质对新疆圆柏插穗中其他物质含量的影响

#### 3.5.1 基质对插穗内叶绿素含量的影响

叶绿体是植物进行光合作用的主要细胞器,叶绿素含量的多少,反映了植物光合作用的强弱<sup>[21]</sup>。基质种类极显著影响新疆圆柏插穗的光合作用能力。珍珠岩和 1/2 细沙 + 1/2 珍珠岩基质中插穗的叶绿素含量最高,均为 810  $\mu\text{g}/\text{mL}$  以上,且两者间无明显差异。前人研究表明插穗扦插生根率与叶绿素含量均呈极显著正相关<sup>[22]</sup>,与本试验研究结果一致,叶绿素含量越高表明光合作用越强,越有利于插穗生根。因此,就光合作用来看,适合新疆圆柏的扦插基质为珍珠岩和 1/2 细沙 + 1/2 珍珠岩。

#### 3.5.2 基质对生根插穗根系活力的影响

植物的生长发育,除需要充足的阳光和水分外,还需要矿质元素,否则植物就不能很好地生长发育甚至死亡<sup>[23-24]</sup>。根系活力对地上部分起到支撑和固定,贮藏营养物质和对水分及无机盐的吸收,并合成氨基酸、激素等物质的作用,是植物生长的重要生理指标之一。植株的根系活力越大,从基质中吸收并合成植物生长营养物质能力就越强,植株生长也越旺盛<sup>[25]</sup>,本试验得出生根率与根系活力呈极显著的正相关,珍珠岩基质中插穗根系活力最大,表明珍珠岩基质中的插穗从基质中吸收并合成植物生长营养物质能力强,适合新疆圆柏的根系生长。

## 4 结论

基质类型极显著影响新疆圆柏插穗的生根能力,从生根指标和生理指标等多个方面分析新疆圆柏扦插的最适基质,得到珍珠岩基质中插穗的生根率最大;插条含水量最多和叶绿素含量高,光合作用强;可溶性蛋白质和可溶性总糖含量多,物质代谢旺盛;而 MDA、Pro 含量少,SOD、CAT 活性低,环境中的光合代谢产物毒害小,逆境胁迫小,利于插穗生长;根系活力最大,吸收矿质营养元素的能力强,有利于提高插穗生根后的存活率;内源 IAA 含量最小,IAA 含量与生根率呈极显著负相关,值越小越有利于组织分化和扦插生根。综合分析表明,新疆圆柏扦插最适合的基质为珍珠岩基质。

### 参考文献:

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,1987:360.
- [2] 郑瑞霞. 新疆圆柏扦插育苗[J]. 新疆林业,2004(3):28.
- [3] 任余艳,王长征,卢立娜,等. 沙地柏扦插繁育技术试验研究[J].

- 干旱区资源与环境,2015,29(5):122-126.
- [4] 李焕勇,刘涛,张华新,等. 植物扦插生根机理研究进展[J]. 世界林业研究,2014,27(1):23-28.
- [5] 任东岁,段新玲,曹新川,等. 新疆圆柏嫩枝扦插繁殖初报[J]. 塔里木农垦大学学报,1999,11(3):22-24.
- [6] 陈赞. 沙地柏嫩枝扦插繁殖实验研究[J]. 内蒙古环境科学,2007,19(2):62-67.
- [7] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,2000:161-162.
- [8] 李建武. 生物化学实验原理和方法[M]. 北京:北京大学出版社,1994.
- [9] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2006.
- [10] 张志良,瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2003:123-124.
- [11] 张立军,樊金娟. 植物生理学实验教程[M]. 北京:中国农业大学出版社,2007:94-96.
- [12] 徐东华,孙霞,孙宪芝,等. 亚精胺调控菊花不定根发生的生理机制[J]. 植物生理学报,2014,50(10):1546-1554.
- [13] 敖红,王昆,陈一菱,等. 长白落叶松插穗内的营养物质及其对扦插生根的影响[J]. 植物研究,2002,22(3):301-304.
- [14] 郭素娟,凌宏勤,李凤兰. 白皮松插穗生根的生理生化基础研究[J]. 北京林业大学学报,2004,26(2):43-47.
- [15] 王瑞,陈永忠,彭邵锋,等. 油茶扦插生根过程的生理生化基础研究[J]. 浙江农林大学学报,2013,30(4):615-619.
- [16] 李娜,陈钧,承曦,等. 微生物对蛇足石杉扦插生根及若干生理生化指标的影响[J]. 中国中药杂志,2008,33(8):873-877.
- [17] 罗杰,谢宜勤,朱宗彦. 不同基质对月季半成熟枝扦插繁殖的影响[J]. 安徽农业科学,2005,33(7):1211-1212,1283.
- [18] Gyana R R. Effects of auxins on adventitious root development from single node cuttings of *Camellia sinensis* (L.) Kuntze and associated biochemical changes[J]. Plant Growth Regulation,2006,48(2):111-117.
- [19] 王爱国,邵从本,罗广林. 丙二醛作为植物脂质过氧化指标的探讨[J]. 植物生理通讯,1986(2):55-57.
- [20] Alscher R G, Erturk N, Heath L S. Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants[J]. Journal of Experimental Botany,2002,53(372):1331-1341.
- [21] 刘玉民,刘亚敏,马明,等. 马尾松扦插生根过程相关生理生化分析[J]. 林业科学,2010,46(9):28-33.
- [22] 李先民,蒋月喜,李春牛,等. 杜鹃红山茶无土栽培基质的筛选[J]. 江苏农业科学,2017,45(20):147-151.
- [23] 代慧,陈庆生,张敏,等. 乌饭树生境土壤理化性质及矿质元素研究[J]. 江苏农业科学,2017,45(8):142-144.
- [24] 孙美,马丹阳,姬利洁,等. 不同养分供应量对玫瑰香葡萄矿质元素含量的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(11):107-110.
- [25] 屈坤杰,王济红,祁翔,等. 不同基质对豹皮樟嫩枝扦插生根能力的影响[J]. 西南农业学报,2017,30(7):1522-1527.