

不同生长调节剂处理对木槿扦插生根质量的评价研究

缪叶旻子, 刘庭付

(丽水市农林科学研究院, 浙江 丽水 323000)

摘要: 采用木槿 *Hibiscus syriacus* 植株的 1~2 年生枝条, 运用正交实验设计方法探讨不同生长调节剂种类、浓度和浸泡时间对木槿扦插生根质量的影响, 并采用主成分分析法, 以生根率、平均根系数量、平均根系直径、最大根系直径、平均根系长度、最长根系长度为评价指标, 确定最优的木槿扦插处理组合。结果表明, 9 个处理的生根率都达到了 95% 以上; 不同处理下各生根指标均呈正相关, 其中处理 V (100 mg·kg⁻¹ IBA 处理 3 h)、处理 III (200 mg·kg⁻¹ GA 处理 2 h) 和处理 VIII (100 mg·kg⁻¹ IAA 处理 1 h) 三个处理组合的综合得分大于平均得分, 并以处理 V 的效果最佳。以上研究结果可以为木槿扦插扩繁提供参考。

关键词: 木槿; 扦插; 生长调节剂; 生根质量; 综合评价

中图分类号: S723.1⁺32.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-3776 (2023) 02-0047-06

Rooting Quality of *Hibiscus syriacus* Cuttings Treated with Different Growth Regulators

MIAO Ye-min-zi, LIU Ting-fu

(Lishui Institute of Agricultural and Forestry Sciences of Zhejiang, Lishui 323000, China)

Abstract: In December 2021, 1-2-year branches were collected from over 3-year mother *Hibiscus syriacus* trees in Lishui, Zhejiang province for cutting. Rooting rate, average root number, average root diameter, maximum root diameter, average root length and the longest root length of cuttings treated by different kind and concentration of growth regulator were determined by orthogonal experimental design with 3 factors and 3 levels and by principal component analysis. The results showed that every treated cutting had 95% rooting rate, rooting index of different treatments were positively correlated. The comprehensive rooting quality of cuttings treated with 100 mg/kg¹ of IBA for 3 hours, that with 200 mg/kg¹ of GA for 2 hours and that with 100 mg/kg¹ of IAA for 1 hour had better effect than the average. The experiment demonstrated that the best treatment was 100 mg/kg¹ of IBA for 3 hours.

Key words: *Hibiscus syriacus*; cuttage; growth regulator; rooting quality; comprehensive evaluation

木槿 *Hibiscus syriacus* 为锦葵科 Malvaceae 木槿属 *Hibiscus* 多年生落叶灌木, 全国各地均有分布, 主要生长在海拔 600 m 以下的山地疏林中。在长江、黄河以及珠江流域栽培十分广泛, 在园林中可做花篱式绿篱、孤植和丛植均可。木槿的根、茎、皮、花、果均可入药。木槿花, 味甘, 性凉, 具有凉血、润燥、除湿、清热的功效, 在浙江丽水一带广泛作为菜蔬食用。其皮味甘, 性凉, 具有清热、杀虫的作用。木槿全株入药, 有清热凉血、利尿之功效, 用于支气管炎、菌痢、白带过多等^[1]。

木槿的繁殖方法主要有播种、扦插、分株、压条、组培等, 其中扦插繁殖又分为嫩枝扦插和硬枝扦插^[2]。

收稿日期: 2022-10-09; 修回日期: 2022-12-16

基金项目: 浙江省重点研发计划项目 (2019C02014)

作者简介: 缪叶旻子, 农艺师, 从事野菜栽培技术研究; E-mail: 200695666@qq.com; 通信作者: 刘庭付, 副研究员, 从事蔬菜栽培技术研究; E-mail: 12920515@qq.com。

在生产上应用最广的是扦插法^[3]，该方法具有技术简便、操作容易、成本低、速度快、经济收入高等优点。有关不同激素处理对木槿扦插生根的影响，已有学者进行了研究，但主要集中在生长调节剂对生根率的影响^[4-5]、不同生长调节剂处理后生根指标的差异性^[2]，缺乏对生根质量的综合评价研究。为了更有效地探索木槿扦插生根技术，本文采用正交实验方法，设计不同生长调节剂种类、浓度和处理时间的处理组合对木槿扦插生根的影响，并通过相关性分析和主成分分析法，研究生根率、平均根系数量、平均根系直径、最大根系直径、平均根系长度、最长根系长度等指标的相互作用，确定最优的木槿扦插处理组合，为提高木槿扦插生根质量提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地点

试验地点设置在丽水市农林科学研究院（28°47'32" N，119°92'95" E），属亚热带季风气候，年均降水量为 1 635.7 mm。扦插试验在无土苗床中进行，苗床长×宽×高为 14 m×1.2 m×0.25 m，苗床底部铺设珍珠岩；苗床上小拱棚拱条长×高为 3 m×1.2 m；拱棚外扣塑料薄膜；内装置弥雾系统，弥雾系统由水管、水泵、传感器、电磁阀及喷头组成。

1.2 试验材料

以木槿为研究对象，插穗于 2021 年 3 月 12 日采自丽水市农林科学研究院试验基地种植的木槿，母树树龄不低于 3 a、径粗 4~5 cm，选择生长状态良好、没有病虫害的 1~2 年生枝条，插穗长 10~12 cm（保留 2 个节），下剪口节下 0.5~1.0 cm 斜切，上剪口平滑。剪好后每 20 根插穗捆成一捆，备用。

1.3 试验设计

采用三因素三水平的 $L_9(3^3)$ 正交试验设计进行扦插试验，各试验因素及水平见表 1。每种处理组合 100 个插穗。

木槿扦插在丽水市农林科学研究院试验基地无土苗床内进行，基质为珍珠岩，在扦插前一天用 800 倍多菌灵（70% 可湿性粉剂）溶液进行消毒。根据试验设计，将插穗下部浸入配置好的生长调节剂中，按照表 1 实验设计进行浸泡，浸泡后用蒸馏水快速冲洗后进行扦插。扦插密度为株距 10 cm，行距 10 cm，扦插完成后，将快繁苗床的传感器温度设置为 15~25℃，仿真叶片表面含水率第一阶段控制在 90%~100%、第二阶段控制在 80%~90%。每 15 d 用 800 倍多菌灵溶液消毒一次。在愈伤组织形成后，每 7 d 喷施一次 0.2% 磷酸二氢钾叶面肥。

1.4 数据调查和分析

扦插 60 d 后对生根质量进行调查，主要调查指标包括生根率（%）、平均根系数量（个）、平均根系长度（cm）、平均根系直径（cm）、最长根系长度（cm）、最大根系直径（cm）。根系长度采用根系扫描仪测定（型号 Epson Expression 11000XL），根系直径采用游标卡尺测定，生根率=生根的木槿枝条数/全部的木槿枝条数×100%。

采用 Excel 和 SPSS 软件进行数据处理和统计分析。对木槿生根率进行反正弦转换，将平均根系数量、平均根系直径、最大根系直径、平均根系长度、最长根系长度等指标进行标准化处理。

2 结果与分析

3.1 不同处理对木槿扦插生根指标的影响

对不同处理下木槿的生根率、平均根系数量、平均根系直径、最大根系直径、平均根系长度、最长根系长

表 1 不同激素处理的木槿扦插设计方案			
Tab. 1 Orthogonal design of experiment of <i>H. syriacus</i>			
处理编号	激素种类	激素浓度/(mg·kg ⁻¹)	处理时间/h
I	GA	50	1
II	GA	100	2
III	GA	200	3
IV	IBA	50	2
V	IBA	100	3
VI	IBA	200	1
VII	IAA	50	3
VIII	IAA	100	1
IX	IAA	200	2

度等指标进行分析, 结果如图 1 所示。从图 1 中可以看出, 9 个处理木槿的生根率都达到了 95% 以上, 其中以处理Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅶ为最高, 其生根率均达 98%; 平均根系数量居前三位的依次为处理Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ, 分别为 20 条、15 条和 13 条; 平均根系直径居前三位的依次为处理Ⅴ、Ⅲ、Ⅷ, 分别为 1.14 mm、1.07 mm、0.99 mm; 最大根系直径居前三位的依次为处理Ⅲ、Ⅴ、Ⅷ, 分别为 1.49 mm、1.43 mm、1.38 mm; 平均根系长度居前三位的依次为处理Ⅴ、Ⅲ、Ⅸ, 分别为 75.43 mm、70.14 mm、64.64 mm; 最大根系长度居前三位的依次为处理Ⅴ、Ⅲ、Ⅸ, 分别为 117.34 mm、110.09 mm、99.72 mm。

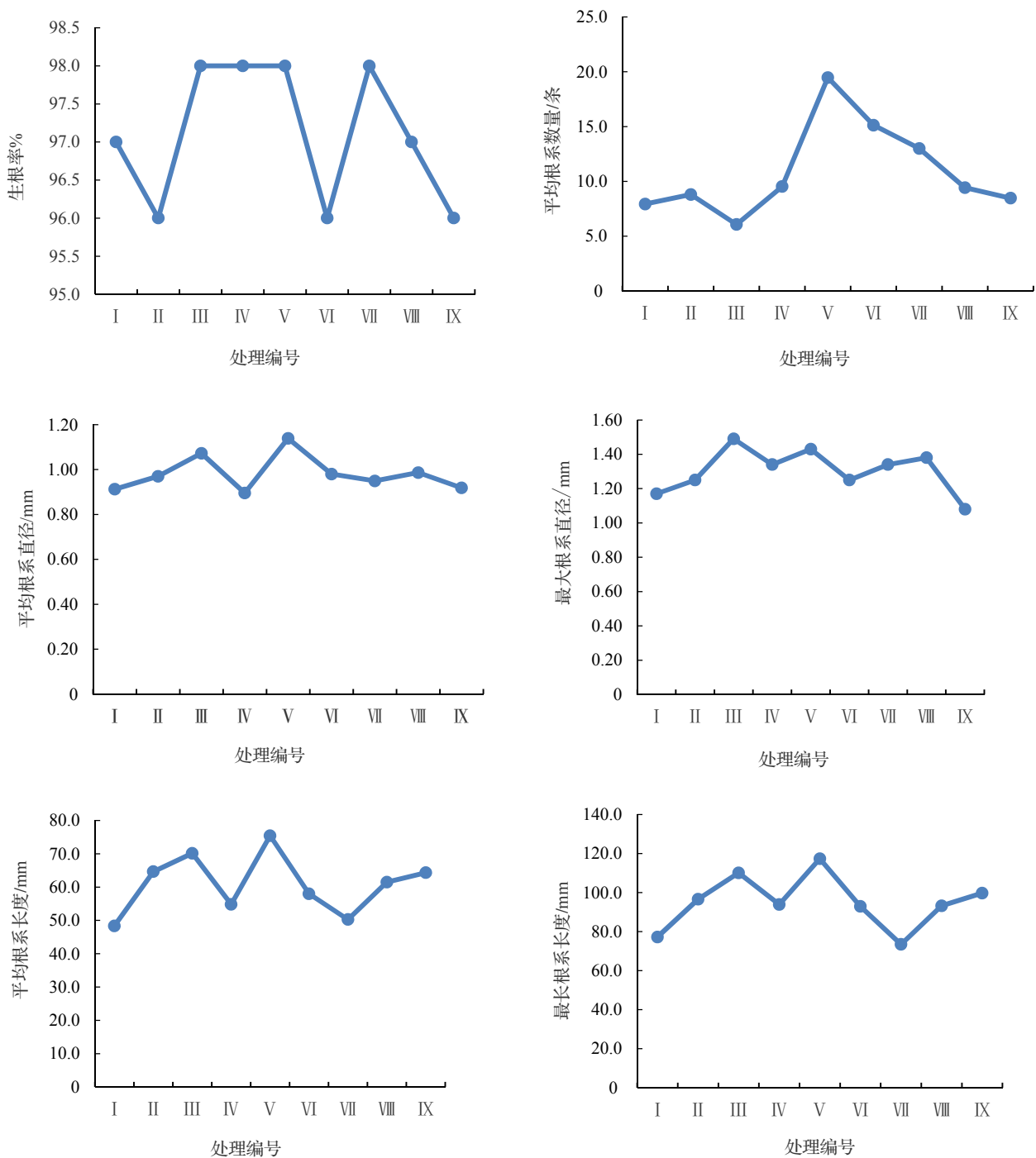


图 1 不同处理对木槿各生根指标的影响

Fig. 1 Effect of different treatments on rooting index of *H. syriacus*

为进一步分析各试验因素对木槿扦插生根指标的影响,对木槿的各生根指标进行极差分析,分析结果如表 2。从表 2 中可以看出,激素种类、激素浓度、处理时间三个因素对生根率、平均根系直径、最大根系直径的影响一致,均为处理时间>激素浓度>激素种类;对平均根系数量的影响为激素种类>处理时间>激素浓度,对平均根系长度的影响为激素浓度>处理时间>激素种类,对最长根系长度的影响为激素浓度>激素种类>处理时间。

表 2 各生根指标极差分析
Tab. 2 Range analysis on rooting index

指标	水平	激素种类	激素浓度	处理时间	指标	水平	激素种类	激素浓度	处理时间
生根率	1	0.970	0.977	0.967	最大根系直径	1	1.303	1.283	1.267
	2	0.973	0.970	0.967		2	1.340	1.353	1.223
	3	0.970	0.967	0.980		3	1.267	1.273	1.420
	极差	0.003	0.010	0.013		极差	0.073	0.080	0.197
	排秩	3	2	1		排秩	3	2	1
平均根系数量	1	7.600	10.156	10.829	平均根系长度	1	61.040	51.132	55.935
	2	14.708	12.565	8.933		2	62.740	67.186	61.261
	3	10.298	9.886	12.844		3	58.694	4.155	65.278
	极差	7.108	2.679	3.911		极差	4.046	16.053	9.343
	排秩	1	3	2		排秩	3	1	2
平均根系直径	1	0.985	0.919	0.960	最长根系长度	1	94.620	81.500	87.763
	2	1.005	1.032	0.928		2	101.373	102.373	96.727
	3	0.951	0.990	1.054		3	88.783	100.903	100.287
	极差	0.053	0.113	0.126		极差	12.590	20.873	12.523
	排秩	3	2	1		排秩	2	1	3

3.2 不同处理下木槿生根质量的相关性分析

为了分析不同处理对木槿扦插生根质量的影响,对各处理生根率、平均根系数量、平均根系直径、最大根系直径、平均根系长度、最长根系长度等进行相关性分析,分析结果如表 3。从表 3 中可以看出,最大根系直径与生根率、平均根系直径均显著相关($P<0.05$),平均根系长度与平均根系直径极显著相关($P<0.01$),最长根系长度与平均根系直径、平均根系长度均极显著相关($P<0.01$)。不同生根指标之间均呈正相关,说明各指标之间均存在相互促进的作用。

表 3 各生根指标相关性分析
Tab. 3 Correlation analysis on rooting index

相关生根指标	生根率	平均根系数量	平均根系直径	最大根系直径	平均根系长度	最长根系长度
生根率	1					
平均根系数量	0.165	1				
平均根系直径	0.365	0.505	1			
最大根系直径	0.752*	0.212	0.703*	1		
平均根系长度	0.058	0.245	0.817**	0.419	1	
最长根系长度	0.118	0.228	0.754*	0.421	0.958**	1

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

3.3 不同处理下木槿生根质量的综合评价

为了进一步研究不同处理对木槿生根质量的影响,对正交实验结果进行主成分分析^[6]。以各主成分的方差累积贡献率大于 85%提取主成分,结果见表 4。从表 4 可以看出,前 3 个主成分的累积贡献率达到 94.508%,说明信息主要集中在前面 3 个主成分中,可取前 3 个主成分来反映不同处理下木槿扦插质量的信息量,前 3 个主成分的成分矩阵如表 4 所示。在第 1 主成分的特征向量中,载荷居前四位的依次是平均根系直径(X_3)、最大根系直径(X_4)、平均根系长度(X_5)、最长根系长度(X_6),说明第 1 主成分反映的是木槿扦插生根的根系生长因子;在第 2 主成分的特征向量中,载荷较高的是生根率(X_1),说明第 2 主成分反映的是木槿扦插生根的根系成活因子;在第 3 主成分的特征向量中,载荷较高的是平均根系数量(X_2),说明第 3 主成分反映的是

木槿扦插生根的根系数量因子。

表 4 特征值和主成分贡献率与累积贡献率
Tab. 4 Eigenvalue, principal component contribution rate and cumulative contribution rate

成分	初始特征值			提取平方和载入		
	合计	方差贡献率/%	累积贡献率/%	合计	方差贡献率/%	累积贡献率/%
1	3.399	56.654	56.654	3.399	56.654	56.654
2	1.379	22.981	79.635	1.379	22.981	79.635
3	0.892	14.873	94.508	0.892	14.873	94.508
4	0.220	3.663	98.171			
5	0.087	1.456	99.626			
6	0.022	0.374	100			

为了进一步说明 3 个主成分对木槿扦插生根质量的影响大小, 根据表 5 中 3 个主成分的特征向量构建主成分与各扦插质量之间的线性关模型:

$$Y_1=0.48 X_1+0.469 X_2+0.954 X_3+0.769 X_4+0.856 X_5+0.845 X_6$$
$$Y_2=0.822 X_1+0.022 X_2-0.055 X_3+0.54 X_4-0.472 X_5-0.431 X_6$$
$$Y_3=-0.104 X_1+0.878 X_2+0.095 X_3-0.179 X_4-0.169 X_5-0.202 X_6$$

以 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 , 3 个主成分与其方差贡献率构建综合评价模型 Z :

$$Z=56.654 Y_1+22.981 Y_2+14.873 Y_3$$

运用该模型对不同处理组合下的 6 个生根指标进行综合评价, 综合评价结果如表 6。

表 6 不同处理下木槿扦插生根质量的综合评价
Tab. 6 Comprehensive evaluation of rooting quality of *H. syriacus* under different treatments

处理	第 1 主成分得分	第 2 主成分得分	第 3 主成分得分	综合得分	综合排序
I	- 3.620 542 56	1.778 725 26	- 0.156 828 22	- 166.57	9
II	0.402 231 99	0.580 959 05	- 0.600 685 39	27.21	5
III	4.128 586 19	0.858 919 28	- 1.690 820 04	228.49	2
IV	- 0.894 765 43	1.679 878 50	- 0.441 147 02	- 18.65	6
V	7.055 879 85	0.124 218 01	1.061 634 86	418.39	1
VI	0.366 707 15	1.072 300 56	0.908 646 59	58.93	4
VII	- 1.582 563 60	2.537 448 99	0.724 933 38	- 20.56	7
VIII	1.002 272 28	1.419 225 26	- 0.521 459 73	81.64	3
IX	- 1.092 999 33	- 0.179 460 64	- 0.533 302 91	- 73.98	8

由表 6 可知, 前 3 个主成分的综合得分就是对木槿扦插质量进行评价的主要依据, 综合得分越高, 表明处理效果越好; 而得分越低, 说明处理效果越不理想。不同处理下的木槿扦插效果不同, 综合得分大于平均得分 59.43 的为处理 V (100 mg·kg⁻¹ IBA 处理 3 h)、处理 III (200 mg·kg⁻¹ GA 处理 2 h) 和处理 VIII (100 mg·kg⁻¹ IAA 处理 1 h), 其中以处理 V 的效果最佳, 其综合得分为 418.39。以上实验结果可以为培养优质壮苗提供科学依据, 可以在生产实践中推广处理 V 的处理方法。

3 结论与讨论

运用计算机控制技术, 为离体材料创造最佳的光、温、水、气环境, 能有效地提高植株扦插的成活率^[7-8]。

而植物扦插生根的根系数量、根系直径、根系长度等指标除了与植物的遗传特性有关外^[9],还与生长激素处理的种类、浓度和时间有关^[4-5,10]。本研究充分考虑了激素种类、激素浓度和处理时间 3 个因素对木槿扦插生根的影响,并将木槿植株的扦插放置于无土基质苗床中进行,结果显示,在计算机自动控制的最佳环境下,9 个处理的扦插木槿的生根率均达到了 95%以上,高于无计算机自动控制条件下处理的 30% ~ 83.2%生根率^[11-13]。不同处理下,最大根系直径与生根率、平均根系直径显著相关,平均根系长与平均根系直径显著相关,最长根系长度与平均根系直径、平均根系长度显著相关,各指标之间均存在相互促进的作用。

植物生根质量的评价应由多个指标因子构成^[9,14],而主成分分析法能将多指标转换为少数的综合指标,并保留原有指标的大部分信息^[15]。本研究运用主成分分析法对木槿生根质量进行分析,结果显示,前 3 个主成分的累积贡献率达到 94.508%,解释了绝大部分原始信息。而且,三个主成分分别表示根系生长因子、根系成活因子、根系数量因子,具有现实意义。以此方法筛选的最佳处理组合为 100 mg·kg⁻¹ IBA 处理 3 h,在此处理下扦插苗的平均根系直径为 1.43 mm、平均根系长度为 75.43 mm、最长根系长度为 117.34 mm,均优于现有的研究结果(平均根系直径为 0.66 ~ 1.19 mm、平均根系长度为 42 ~ 51 mm、最长根系长度为 16 ~ 59 mm^[11-13]),对优化木槿扦插育苗技术具有指导作用。

本文只讨论了 3 种生长调节剂对木槿扦插生根质量的影响,其他生长调节剂对木槿扦插的影响也需进行研究。此外,木槿插穗年龄、插穗部位和扦插基质对木槿扦插生根质量的影响也有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 张文彦,王晓红,李安平,等. 木槿功能性营养成分与生物活性研究进展[J]. 食品与机械, 2017, 33(2): 5.
- [2] 周霞,赵迎春,孙燕,等. 不同基质、不同激素对玫瑰木槿硬枝扦插生根的影响[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(06): 197-199.
- [3] 安传志. 木槿扦插育苗技术[J]. 河北林业科技, 2011(04): 98.
- [4] 唐伟. 新引进木槿品种扦插技术研究和品种评价[D]. 北京: 北京林业大学, 2008.
- [5] 王晓红,任雪羽,刘佳,等. 影响木槿扦插生根的因素分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2018, 38(04): 6-9.
- [6] 林培龙. 基于主成分分析评价模型的研究与应用[J]. 信息系统工程, 2010(05): 111-138.
- [7] 徐伟忠,丁潮洪,朱丽霞. 一种新型光自养微繁殖体系的建立——植物非试管快繁技术[J]. 江西农业学报, 2006(03): 55-59.
- [8] 留秀林,曾凡清,姜华年. 豆腐柴非试管快繁技术研究[J]. 浙江农业科学, 2006(01): 37-38.
- [9] 丁丽萍,马力,占玉芳,等. 基于主成分分析的不同激素处理下宁夏枸杞扦插生根效果的综合评价[J]. 经济林研究, 2017, 35(02): 110-115.
- [10] 赵迎春. 三种花灌木的扦插繁殖技术研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2010: 24-28.
- [11] 周霞,赵迎春,孙燕,等. 不同基质不同激素对玫瑰木槿硬枝扦插生根的影响[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(06): 197-199.
- [12] 赵迎春. 三种花灌木的扦插繁殖技术研究——美国金钟连翘、玫瑰木槿、郁香忍冬[D]. 南京: 南京农业大学, 2010: 24.
- [13] 尤根彪,刘伟,王敏彪,等. 木槿扦插繁殖技术研究[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(07): 143-144.
- [14] 王添,李畅,汪殿蓓,等. 三种生长调节剂对青檀硬枝扦插生根的影响[J]. 湖北工程学院学报, 2018, 38(06): 24-29.
- [15] 李伟,郇海燕,陈杭君,等. 基于主成分分析的不同品种杨梅果实综合品质评价[J]. 中国食品学报, 2017, 17(06): 161-171.