

2 个番木瓜品种组培苗成苗率研究

谢智旭^{1,2} 沈文涛² 言普² 虞德财² 黎小瑛² 周鹏^{1,2*}

(1. 海南大学热带农林学院, 海南海口 570228; 2. 中国热带农业科学院热带生物技术研究所, 海南海口 571101)

摘要 [目的]寻找一种针对番木瓜成苗率高、商品苗质量优的育苗技术。[方法]选用番木瓜品种“梭罗”作为试验材料,MS 为基本培养基,添加 IBA、NAA、KT 等生长调节剂,利用正交试验进行生长调节剂不同配比生根培养基组合筛选。[结果]最佳生根调节剂组合: IBA 0.75 mg/L, NAA 0.05 mg/L, KT 0.01 mg/L, 其生根率为 66.7%, 但自育品种“蜜红”并未获得同样的效果。最佳生根水浓度为 50 mg/L, 其成苗率最高达 86.1%。在不考虑时间成本情况下,生根水浸泡时间 8 h,成苗率最高达 87.5%。[结论]2 个番木瓜品种成苗率基本一致。

关键词 番木瓜; 组培苗; 正交试验; 生根率; 成苗率

中图分类号 S667.9 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)14-0047-04

Study on the Survival Rate of Two Varieties of Papaya Plantlets for Tissue Culture Seedling

XIE Zhi-xu^{1,2}, SHEN Wen-tao², YAN Pu² et al (1. Institute of Tropical Agriculture and Forestry, Hainan University, Haikou, Hainan 570228; 2. Institute of Tropical Bioscience and Biotechnology, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou, Hainan 571101)

Abstract [Objective] To find a breeding technique for papaya with high seedling rate and good quality commercial seedling. [Method] 'suoluo' variety was selected as the experimental material, and MS was used as the basic culture medium. Growth regulator combinations that contained IBA, NAA, KT was designed, and the orthogonal experiment was used with the different ratio of growth regulator for rooting medium screening. [Result] The optimum combining ratio of root stimulating hormone was IBA 0.75 mg/L, NAA 0.05 mg/L and KT 0.01 mg/L, and the rooting percentage was 66.7%, but 'mihong' variety did not achieve the same effect. The papaya seedlings were respectively soaked in four different nutrient root water for 6 h by contrast experiment. It was determined the rooting water concentration was 50 mg/L to get the highest rate of seedling formation, and reaching 86.1%. Fixed the best rooting water concentration, and the soaking time of 5 different gradients was tested. Without regard for time cost, finally the highest percentage of seedlings was 8 hours for soaking, reaching 87.5%. [Conclusion] The survival rates of two varieties of papaya were both almost the same.

Key words *Carica papaya* L.; Tissue culture seedling; Orthogonal experiment; Rooting rate; Seedling rate

DOI:10.13989/j.cnki.0517-6611.2018.14.013

番木瓜 (*Carica papaya* L.) 属番木瓜科番木瓜属植物,又名木瓜、乳瓜、万寿果,为热带、亚热带常绿软木质大型多年生草本植物,原产于墨西哥南部以及邻近的美洲中部地区。番木瓜果实、种子均可入药,具有很多保健功效^[1]。番木瓜被世界卫生组织列为最有营养价值的“十大水果”之首。同时,在我国番木瓜作为纯天然中药材,具有利气、镇咳、止呕、解毒、抗癌、抗心律失常、抗炎、凝血等功效^[2-5]。目前番木瓜生产以种子苗为主^[6],木瓜株性复杂,其实生苗不仅后代株性变异大,而且在实际生产中必须在开花时去除雄株、雌株而保留两性株,这使得生产成本很高,不利于番木瓜的产业发展。利用组织培养无性繁殖技术培育木瓜苗是有效的解决方法^[7-8]。20 世纪后半叶,植物组织培养技术发展迅速,利用组织培养不仅可以生产大量的优良无性系,并可获得人类需要的多种代谢物质,在植物的品种培育和改良中具有广阔的前景^[9]。然而,一直以来在番木瓜组培快繁中,组培苗诱导生根困难且生根率低,严重阻碍了番木瓜的发展^[10]。

正交设计试验是多因素多水平分析的有力工具,特别是从多因素中选出主要因素时,使用正交设计可以用较少的试验次数获得较多的信息,以达到精简试验次数的目的^[11],将最优的配方在最短时间内应用于生产中。陈仲华等^[12]利用正交试验进行甘蔗组织培养研究,杨春梅等^[13]采用正交试

验法优化铁皮石斛生根培养体系,刘太林等^[14]采用正交试验法优化铁皮石斛生根培养体系。

诱根培养基中同时加入 KT 与 NAA,对生根促进效应显著。饶雪琴等^[15]研究认为,番木瓜生根难、移栽成活率低等因素仍存在。叶维雁等^[16]研究认为,NAA、IBA 是诱导生根效果较好且常用的 2 种生长素。而王芳等^[17]研究表明,IBA 比 NAA 能更有效地诱导增殖芽生根。番木瓜组织培养具有基因型依赖性,即在一个品种上成熟的组培体系对另一个品种不一定适用,限制了番木瓜组培苗在生产上规模化的推广应用。笔者以番木瓜“梭罗”品种和“蜜红”品种为试验材料,利用正交设计试验对常规植物生长调节剂进行组合及浓度试验,以筛选最佳成苗率的生长调节剂配比,同时利用 ABT 生根粉进行对比试验,以期探究能应用于番木瓜种苗生产上的最佳成苗方案。

1 材料与方法

1.1 试验材料 番木瓜品种为“梭罗”“蜜红”(由转基因台湾日升小果品种与美国夏威夷日升品种杂交选育而成),选用大田成龄芽繁殖的生长健硕、翠绿、无污染、芽长 3 cm 以上的组培继代苗为研究材料,由中国热带农业科学院热带生物技术研究所番木瓜生物技术研究所提供。

MS 基本培养基,生长调节剂为 IBA、NAA、KT, ABT 生根粉,由北京艾比蒂研究开发中心研制。

1.2 试验方法

1.2.1 生长调节剂的筛选。 选用 MS 为基本培养基。生长调节剂选取 IBA、NAA、KT 3 种对番木瓜生长作用较明显的生长素,各设 3 个浓度梯度: IBA 为 0.50、0.75、1.00 mg/L, NAA 为

基金项目 中国热带农业科学院热带生物技术研究所基本科研业务费专项(1630052016005)。

作者简介 谢智旭(1989—),男,海南定安人,硕士研究生,研究方向:农业生物技术。* 通讯作者,教授,博士,从事农业生物技术方面的研究。

收稿日期 2018-01-31

0.010、0.025、0.050 mg/L, KT 为 0.01、0.05、0.100 mg/L。

1.2.2 最适生长调节剂浓度的筛选。根据正交试验方法设计 9 个浓度梯度组合 $L_9(3^3)$ (表 1)。通过试验对比生长调节剂每个梯度的培养基对木瓜苗的催根率。在 MS 催根培养基中,加入蔗糖浓度 20 g/L,生化琼脂胶 7 g/L,每个浓度梯度培养基 10 瓶,每瓶接 3 株苗,一个梯度共 30 株苗,重复 3 次。利用专用温室,温度控制在 26~28 °C,光照强度 1500 lx,光照时间 12 h/d,培育 21~28 d。每隔 7 d 观察 1 次木瓜苗的生长状况,如发现有污染的芽苗应及时清理,统计无污染木瓜苗的生根率和根系质量。

表 1 生长激素浓度梯度正交试验设计

水平 Level	因素 Factor		
	IBA (A)	NAA (B)	KT (C)
1	0.50	0.010	0.01
2	0.75	0.025	0.05
3	1.00	0.050	0.10

1.2.3 不同品种对比试验。以“梭罗”获得最佳生长调节剂组合及其相应浓度,对“蜜红”品种做进一步的对比验证,观察记录试验结果。

1.2.4 生根水浓度与浸泡时间的筛选。在生长调节剂最适浓度筛选试验中,从培养基中挑选生长较好的“梭罗”和“蜜红”2 种木瓜苗,用无菌水清洗根部膨化发白的组织,清洗过程小心切莫伤到木瓜苗。然后放入 4 种不同浓度预先配制好的 500 mL 生根水中,生根水浓度分别为 10、25、50、75 mg/L,每个浓度浸泡约 40 株,浸泡 6 h,后移植到河沙+蛭石(体积比为 1:1)的土壤中,育苗盘为 10 cm×10 cm。把移栽好的木瓜苗浇少量水使其保持土壤湿润,放置于玻璃温室的小棚中,初期用薄膜盖住保湿,温度控制在 26~28 °C,10 d 后揭开薄膜,30 d 后观察。

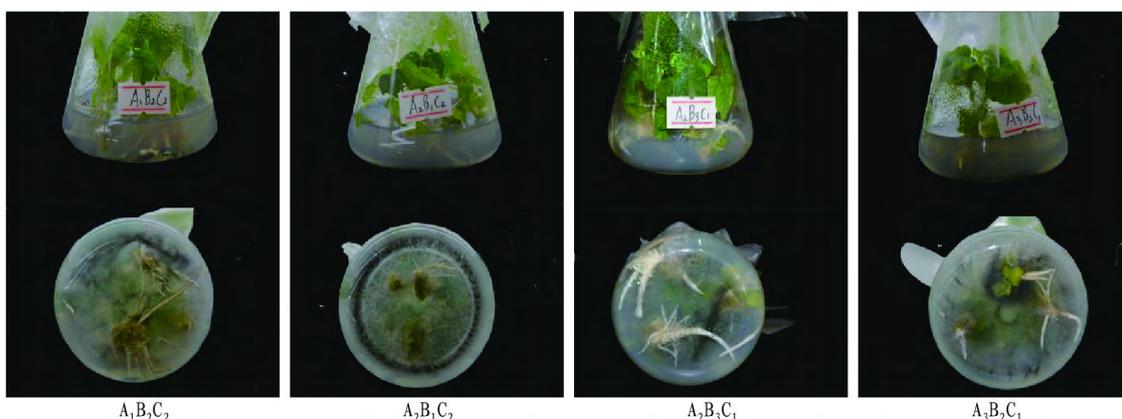


图 1 不同生长调节剂组合下木瓜苗生长状况

Fig.1 Growth status of papaya plantlets under different growth regulators

对比“梭罗”品种和“蜜红”品种的生根率,结果显示,“梭罗”品种的生根率明显高于“蜜红”品种,60 株“蜜红”的生根率仅为 46.7%,且生长调节剂对“蜜红”根诱导相对较慢。“梭罗”一般在接入培养基 3~5 d 生根,而“蜜红”在 7 d

在选出最适生根水浓度的基础上,对木瓜苗的浸泡时间进行不同梯度试验,分别是 2、4、6 和 8 h,每个处理浸泡约 30 株。

1.3 数据分析 采用 SAS 软件对试验数据进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 最适生长调节剂组合对比筛选 试验结果显示,MS 基本培养基附加不同浓度的 IBA、NAA、KT 等生长调节剂能不同程度地诱导木瓜苗生根。生长调节剂浓度不同,生根率和根的生长状况也不同(表 2、图 1),且存在较大差异。方差分析结果表明, $P < 0.0001$,因此在生长调节剂组合中, $A_2B_3C_1$ 对木瓜苗生根影响效果最显著,生根率为 66.7%,与其他组合对生根率影响差异极显著;其次是 $A_2B_1C_2$,生根率为 42.2%,且这 2 组合根的数量和质量较好,随着 IBA 浓度的增加,生根率下降。同时,NAA 浓度的提高促进木瓜苗根的生长,但 NAA 浓度过高,如 0.05 mg/L 则引起根系的愈伤化。

表 2 生根培养基生长激素浓度梯度筛选正交试验结果

Table 2 Orthogonal test result of growth hormone concentration gradient screening in rooting medium

序号 Serial No.	因素 Factor			生根率 Rooting rate %	根生长状况 Root growth condition		
	A	B	C		数量 Amount	粗细 Thickness	疏密 Density
1	1	1	1	24.1	少	细	稀疏
2	1	2	2	27.6	多	细	密
3	1	3	3	2.3	无	无	无
4	2	1	2	42.2	少	细	稀疏
5	2	2	3	7.1	少	粗	稀疏
6	2	3	1	66.7	多	粗	密
7	3	1	3	6.9	少	细	稀疏
8	3	2	1	30.0	少	细	密
9	3	3	2	24.1	少	细	稀疏
10	—	—	—	6.7	少	细	稀疏

后仅个别长出根尖。但“蜜红”叶片相比“梭罗”较翠绿(图 2)。这表明,不同基因型番木瓜诱导生根对生长调节剂要求不同,因此利用一个品种获得的培养基配方不一定适合其他品种,这可能是番木瓜组培苗无法大规模应用的主要原因。

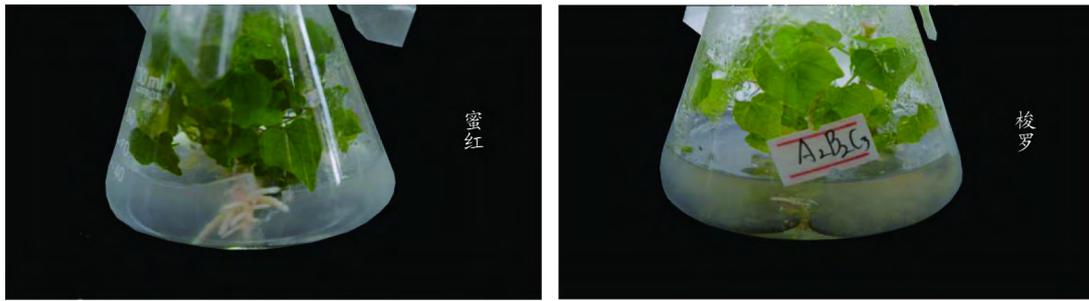


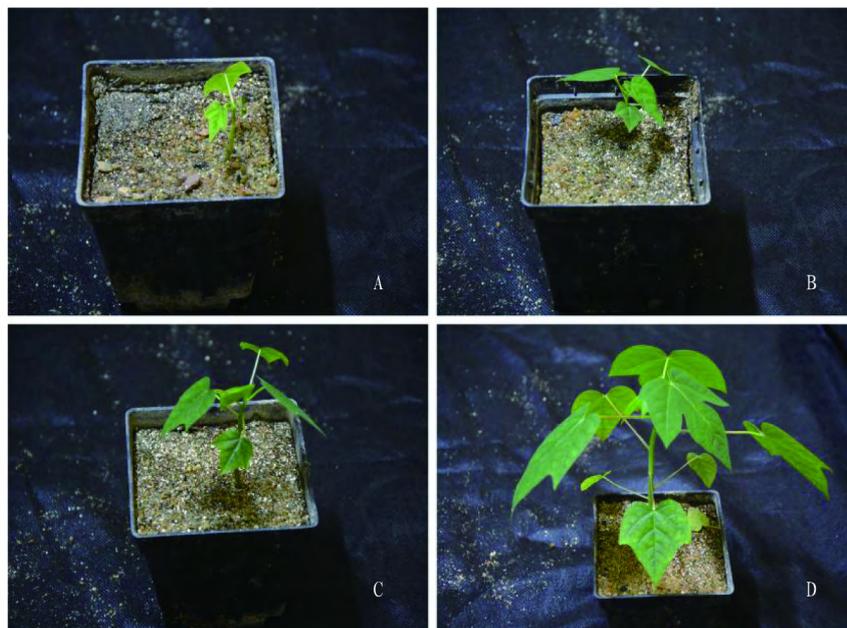
图2 “蜜红”与“梭罗”根系和叶片生长状况

Fig.2 Growth status of roots and leaves of 'mihong' and 'suoluo' Papaya plantlets

2.2 最适生根水浓度和浸泡时间筛选 试验结果显示,采用 ABT 生根粉配制的生根水,浸泡时间在 6 h 时,不同浓度对幼苗存活率的影响较大(表 3)。当生根水浓度为 50 mg/L 时,“梭罗”木瓜苗的存活率最大,达 85% 以上,且长势较好,生长周期较短(图 3);当生根水浓度为 25 mg/L 时存活率也较高,而生根水浓度为 10、75 mg/L 以及不加生根水时存活率相对较低。75 mg/L 生根水浸泡的木瓜苗长势也比其他浓度差,叶片黄化、枯萎。因此,过高浓度的生根水不利于木瓜苗移栽后的生长,50 mg/L 生根水最适合木瓜苗生长。

表 3 不同浓度生根水处理下“梭罗”木瓜苗移栽存活率及幼苗长势
Table 3 Survival rate and seedling growth of 'suoluo' papaya plantlets under different concentrations of rooting water

生根水浓度 Rooting water concentration//mg/L	移栽存活率 Transplanting survival rate//%	幼苗长势 Seedling growth
10	59.7	一般
25	75.0	好
50	86.1	好
75	43.1	差
0	26.4	差



注: A. 移栽后 3 d; B. 移栽后 7 d; C. 移栽后 15 d; D. 移栽后 30 d

Note: A. 3 d after transplanting; B. 7 d after transplanting; C. 15 d after transplanting; D. 30 d after transplanting

图3 “梭罗”组培苗移栽后不同时期长势

Fig.3 Growth of 'suoluo' papaya plantlets at different stages after transplanting

生根水浓度为 50 mg/L 时,长势均较好,出现叶片黄化现象较少,“梭罗”存活率均达 70% 以上。不同生根水浸泡时间对幼苗存活率的影响较大,以浸泡 8 h 的移栽存活率最高,10 h 次之。浸泡 6、8、10 h 对幼苗的移栽存活率影响不大,同时浸泡 2、4 h 幼苗移栽存活率均达 70% 以上(图 4、5)。

生根水浓度为 50 mg/L 时,“蜜红”存活率达 80% 以上,即“蜜红”浸泡 6~8 h 生根水,存活率与“梭罗”几乎相同,且长势良好(表 4)。

3 结论与讨论

该研究结果表明,相比 NAA、KT、IBA 在诱导根及其生长方面起主导作用,所需浓度更高,这与王芳等^[17]的研究结果大致相同。Drew 等^[18]研究结果也得出 NAA 能促进根生长。合适的 IBA、NAA、KT 浓度是木瓜苗生长不可或缺的。周鹏等^[19]研究表明,MS + KT + NAA + IBA 生根培养基可诱导获得高质量的根,且生根率达 85%。该研究结果表明,IBA 是促进木瓜苗生根最主要的生长调节剂,其需求量远高于

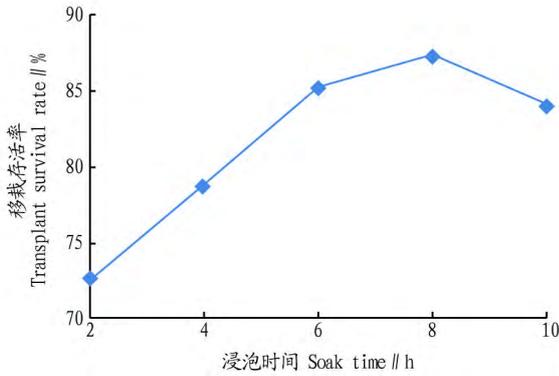


图4 不同浸泡时间下“梭罗”移栽存活率及幼苗长势

Fig.4 Survival rate and seedling growth of 'suoluo' papaya plantlets under different soaking time

NAA 和 KT ,而较高浓度 0.1 mg/L 的 KT 会抑制根的生长发育。最适“梭罗”木瓜苗诱导生根的生长调节剂浓度为 IBA 0.75 mg/L ,NAA 0.05 mg/L ,KT 0.01 mg/L ,生根率为 66.7% ,生根率未达到前人的研究结果。除 IBA、NAA、KT 生长调节剂 ,VB、IAA、GA₃、6-BA 等在某些层面均有促进植物生长的特性^[20-23]。IBA、NAA、KT 是植物必不可少的生长调节剂 ,且大多数生根诱导采用以 IBA、NAA 为主的生长调节剂^[24]。

为了进一步验证 笔者又用了自育品种“蜜红”在最佳组合的基础上做了试验 ,发现“蜜红”比“梭罗”的生根率低 15% 左右 ,且在根的诱导方面速度较慢 ,根的长势大部分又短又细 ,这可能是生长调节剂对不同品种存在差异性 ,“梭罗”的根对生长调节剂应激性较强 ,无论是生根率还是生长

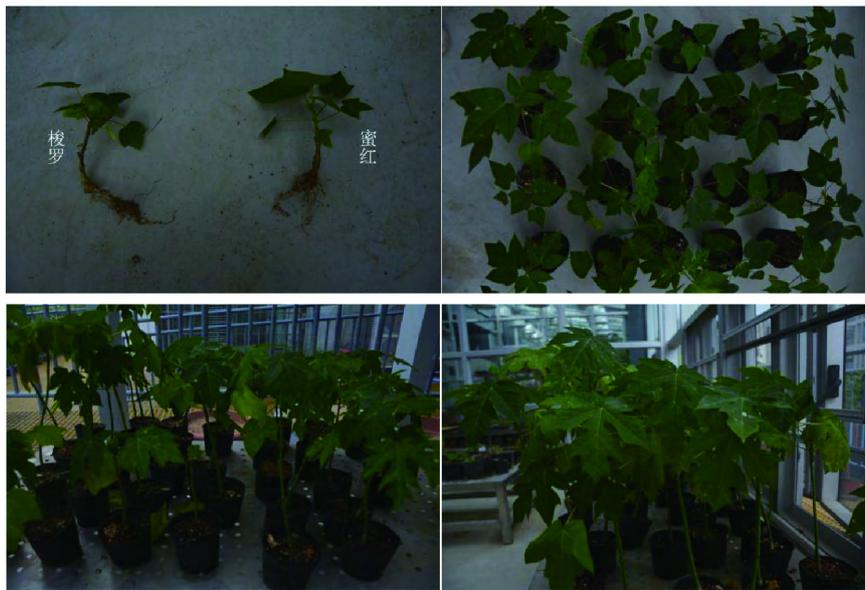


图5 组培苗设施温室生长状况

Fig.5 Plantlets growth in greenhouse

表4 “梭罗”和“蜜红”在各种处理下组织培养成苗率比较

Table 4 Comparison of tissue culture eedling rate between 'suoluo' and 'mihong' papaya plantlets under various treatments %

品种 Variety	生长调节剂 组合 A ₂ B ₃ C ₁ Growth hormone combination A ₂ B ₃ C ₁	生根水浓度 50 mg/L Rooting water concentration of 50 mg/L	生根水 浸泡 6 h Rooting water soak time of 6 h
梭罗 Suoluo	66.7	86.1	85.4
蜜红 Mihong	46.7	83.3	85.0

速度均较快。究其原因 ,可能是品种上的差异造成^[25] 不同品种 组培难易程度有所不同。Chen 等^[26] 研究“梭罗”木瓜苗比“日升”更易生成愈伤组织。不同品种在生长调节剂诱导生根作用下 ,其生根率不同。因此 ,合适的生长调节剂对木瓜苗的生长发育很重要 ,但合适的生长调节剂组合以及浓度组合更重要。

培育瓶生壮苗是组培苗移栽的基础^[27] ,番木瓜组培苗的移栽存活率是组织培养的重要环节 ,是实际生产应用中能否规模化生产的关键。当组培苗培养 21 d 以上 需要移栽到

土中。组培苗移栽成功与否取决于根系的质地是否紧密^[28]。因此 ,在移栽前需要用生根水浸泡使其根快速生长发育。该研究结果表明 ,生根水浓度为 50 mg/L 时 ,组培苗的移栽存活率最高 ,长势也较好。25 mg/L 生根水效果次之。生根水浓度 75 mg/L 会阻碍组培苗的生长 ,浓度过高易导致组培苗枯萎死亡。在移栽过程中 ,生根水对组培苗的作用很大 ,特别是移栽后的炼苗和快速生根效果明显 ,存活率也达到了预期。与此同时 ,浸泡时间对研究木瓜苗商品化生产的时间成本也值得关注。该试验结果表明 ,浸泡时间 6~8 h 的效果适宜 ,最高成活率为浸泡 8 h 的 87.5% ,6 h 的成活率为 85.4% ,两者差异不显著。因此 ,在实际生产过程中 ,如果考虑到时间成本 ,生产规模又不大的情况下 ,6 h 的浸泡时间更能满足生产需要 ;在大规模生产情况下 ,8 h 浸泡时间更合适。而且此种移栽方法更适合不同的番木瓜品种 ,成本相对较低 ,值得推广应用。

随着市场需求 ,从降低成本和减少流程角度出发 ,笔者
(下转第 85 页)

(3) 在选取的 3 项气象要素中, 乌梁素海污染物浓度与气温和蒸发量无显著相关, 与降水量相关。

参考文献

- [1] 李小平. 湖泊学[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [2] 刘俊廷, 随春明, 潘洪捷, 等. 乌梁素海的水体功能浅议[J]. 内蒙古水利, 2011(2): 86-87.
- [3] 马燕, 王俊峰. 乌梁素海环境现状、存在问题及治理措施[J]. 科技与企业, 2015(14): 116.
- [4] 吕超, 李卫平, 于玲红. 乌梁素海冰封期水体富营养化特征分析[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(29): 14456-14458, 14575.
- [5] 尚士友, 杜健民, 李旭英, 等. 乌梁素海富营养化及其防治研究[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2003, 24(4): 7-12.
- [6] 张雯颖. 乌梁素海营养盐在水体中的分布规律及污染预测研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2014.
- [7] 莫日根, 董伟, 段瑞琴, 等. 乌梁素海生态环境存在的问题和治理措施[J]. 环境与发展, 2012(4): 18-22.
- [8] 雷宏军, 王刚, 温随群, 等. 乌梁素海湖泊水质演变特征及富营养化评价[J]. 华北水利水电大学学报(自然科学版), 2012, 33(2): 130-133.
- [9] 冯素珍, 李畅游. 内蒙古乌梁素海污染源调查研究[J]. 中国农村水利水电, 2010(4): 125-128.
- [10] 李殿龙. 乌梁素海水文——植被特征研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2011.
- [11] 罗强, 李畅游, 黄健, 等. 基于 ArcGIS 的乌梁素海水质及富营养化评价[J]. 人民黄河, 2012, 34(7): 53-55.
- [12] 赵胜男. 乌梁素海重金属环境地球化学特征及其存在形态数值模拟分析[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2013.
- [13] 杨志岩. 大型挺水植物对乌梁素海营养元素去除能力研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2009.
- [14] 李兴, 李畅游, 勾芒芒, 等. 挺水植物对湖泊水质数值模拟过程的影响[J]. 环境科学, 2010, 31(12): 2890-2895.
- [15] 李畅游, 高瑞忠, 刘廷玺, 等. 乌梁素海水质富营养化评价及其年季动态变化特征[J]. 水资源与水工程学报, 2005, 16(2): 11-15.
- [16] 徐晓民, 李畅游, 刘廷玺, 等. 灰色关联分析在湖泊水环境评价中的应用研究[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2006, 27(4): 118-121.
- [17] 彭芳, 任春涛, 王丽, 等. 基于模糊模式识别理论的乌梁素海水质评价[J]. 灌溉排水学报, 2007, 26(2): 69-72.
- [18] 李刚. 内蒙古河套灌区节水对乌梁素海的影响研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2007.
- [19] Z. W. 昆兹威克斯, 梁静静, 柯学莎. 多因素影响下的气候变化与河流水质[J]. 水利水电快报, 2011, 32(11): 1-5.
- [20] 李兴, 杨乔媚, 勾芒芒. 内蒙古乌梁素海水质时空分布特征[J]. 生态环境学报, 2011, 20(Z2): 1301-1306.
- [21] 关玉璋. 乌梁素海的形成与演变[J]. 人民黄河, 1989(6): 61-63.
- [22] 王苏民, 窦鸿身. 中国湖泊志[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [23] 白妙馨, 张敏, 李青丰, 等. 乌梁素海水污染特征及水生植物净化水体潜力研究[C]//2013 中国环境科学学会学术年会论文集(第四卷). 北京: 中国环境科学学会, 2013.

(上接第 50 页)

认为在农业生产科技化的今天, 针对番木瓜组培苗的快速繁殖, 应加强对多种生长调节剂或生根剂的正确使用, 大力提高移栽成活率, 建立高效稳定的移栽工序和方法十分重要。

参考文献

- [1] 张海东, 胡小婵. 世界番木瓜科研发展现状研究[J]. 世界农业, 2013(11): 24-27.
- [2] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[S]. 北京: 化学工业出版社, 2000.
- [3] 中国医学科学院药物研究所. 中药志: 第 2 册[M]. 2 版. 北京: 人民卫生出版社, 1993.
- [4] 季申, 丁声颂. 10 种药用天南星的化学成分分析[J]. 上海医科大学学报, 1989, 16(3): 203-208.
- [5] 关虎吕. 中药现代化研究与应用: 第 2 卷[M]. 北京: 学苑出版社, 1997.
- [6] 周鹏, 沈文涛, 言普, 等. 我国番木瓜产业发展的关键问题及对策[J]. 热带生物学报, 2010, 1(3): 257-260, 264.
- [7] 周鹏, 沈文涛, 黎小瑛, 等. 番木瓜组培种苗推广应用的几个关键技术问题[J]. 热带生物学报, 2011, 2(2): 354-358.
- [8] 黄东梅, 李艳霞, 林妃, 等. 番木瓜实生苗茎段组培快繁条件的优化[J]. 南方农业学报, 2014, 45(12): 2215-2219.
- [9] NONG Y F, LIN Y, YANG M C, et al. Preliminary study on callus differentiation of hermaphrodite papaya[J]. Agricultural science & technology, 2016, 17(6): 1315-1317.
- [10] 梁一池, 杨华. 植物组织培养技术的研究进展[J]. 福建林学院学报, 2002, 22(1): 93-96.
- [11] 唐文忠, 王小媚, 黄伟雄, 等. 应用正交试验设计优选番木瓜组培苗生根培养基研究[J]. 南方农业学报, 2012, 43(11): 1672-1675.
- [12] 陈仲华, 杨湛端, 刘睿, 等. 应用正交试验筛选新台糖 22 号组培配方[J]. 广东农业科学, 2012, 39(8): 38-40.
- [13] 杨春梅, 屈云慧, 汪国鲜, 等. 辣木组织培养和快繁技术研究[J]. 西南农业学报, 2015, 28(5): 2218-2222.
- [14] 刘太林, 刘瑞凤, 桂毓, 等. 正交实验法优化铁皮石斛生根培养体系[J]. 北方园艺, 2017(2): 102-104.
- [15] 饶雪琴, 张曙光, 范怀忠. 番木瓜快繁研究进展[J]. 热带作物学报, 1999, 20(1): 73-77.
- [16] 叶维雁, 王连春, 刘惠民, 等. 番木瓜组培快繁效率的影响因子研究[J]. 广东农业科学, 2015, 42(11): 59-64.
- [17] 王芳, 蔡时可, 汤亚飞, 等. 番木瓜组培苗生根培养基及移栽基质的筛选[J]. 中国南方果树, 2009, 38(1): 41-44.
- [18] DREW R A, SMITH N G. Growth of apical and lateral buds of papaya (*Carica papaya* L.) as affected by nutritional and hormonal factors[J]. Journal of horticultural science, 1986, 61(4): 535-543.
- [19] 周鹏, 黎小瑛, 沈文涛, 等. 番木瓜优质组培苗生产体系的建立[J]. 热带作物学报, 2005, 26(1): 43-46.
- [20] NISSEN S J, SUTTER E G. Stability of IAA and IBA in nutrient medium to several tissue culture procedures[J]. HortScience, 1990, 25(7): 800-802.
- [21] DREW R A, SIMPSON B W, OSBORNE W J. Degradation of exogenous indole-3-butyric acid and riboflavin and their influence on rooting response of papaya *in vitro* [J]. Plant cell tissue & organ culture, 1991, 26(1): 29-34.
- [22] 何舒, 范鸿雁, 何凡, 等. 不同处理对番木瓜种子发芽率及发芽势的影响[J]. 中国热带农业, 2007(2): 42-44.
- [23] 赵春香, 黄秀清, 陈颖仪, 等. 3 种植物生长调节剂对番木瓜种子活力及幼苗生长的影响[J]. 仲恺农业技术学院学报, 2003, 16(3): 16-19.
- [24] SWAMY S L, PURI S, SINGH A K. Effect of auxins (IBA and NAA) and season on rooting of juvenile and mature hardwood cuttings of *Robinia pseudoacacia* and *Grewia optiva* [J]. New forests, 2002, 23(2): 143-157.
- [25] 袁小环, 彭向永, 李青, 等. 甜樱桃组培苗的生根研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2004, 32(4): 71-73, 78.
- [26] CHEN M H, WANG P J, MAEDA E. Somatic embryogenesis and plant regeneration in *Carica papaya* L. tissue culture derived from root explants [J]. Plant cell reports, 1987, 6(5): 348-351.
- [27] 李劲松, 杨小锋, 杨沐, 等. 番木瓜设施栽培与露地栽培比较研究[J]. 热带作物学报, 2010, 31(12): 2098-2102.
- [28] 夏文孝, 郭达初, 金敏信. 环境条件及基质对试管苗移栽成活率的影响[J]. 浙江农业学报, 1994, 6(3): 171-175.

本刊提示 来稿请用国家统一的法定计量单位的名称和符号, 不要使用国家已废除了的单位。如面积用 hm^2 (公顷)、 m^2 (平方米), 不用亩、尺²等; 质量用 t (吨)、kg (千克)、mg (毫克), 不再用担等; 表示浓度的 ppm 一律改用 mg/kg 、 mg/L 或 $\mu\text{L}/\text{L}$ 。