



王禹.应用正交试验建立树莓组织培养快繁体系[J].黑龙江农业科学,2021(1):73-78,87.

应用正交试验建立树莓组织培养快繁体系

王 禹

(黑龙江省农业科学院 园艺分院,黑龙江 哈尔滨 150069)

摘要:为促进树莓工厂化育苗,本试验采用俄罗斯引进的树莓品种“双季 2381”和“单季 1132”为材料,以茎段为外植体,应用正交试验对最佳腋芽萌发培养、丛生芽增殖及组培苗生根培养基进行筛选,建立树莓快繁技术体系。结果表明:腋芽萌发最佳培养基“双季 2381”为 $6\text{-BA } 1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} + \text{NAA } 0.3\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,“单季 1132”为 $6\text{-BA } 1.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} + \text{TDZ } 0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} + \text{NAA } 0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,其萌芽率分别为 91.7% 和 92.3%,且腋芽萌发快、叶色绿。丛生芽增殖最佳培养基:“双季 2381”为 $6\text{-BA } 2.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} + \text{TDZ } 0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} + \text{NAA } 0.1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,“单季 1132”为 $6\text{-BA } 1.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} + \text{TDZ } 1.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} + \text{NAA } 0.3\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,其增殖系数分别为 6.7 和 6.2,且丛生芽增殖快,叶色绿。组培苗生根最佳培养基“双季 2381”和“单季 1132”均为 $1/2\text{MS} + \text{IBA } 0.2\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,其生根率分别达 96.9% 和 95.1%,且自培苗生根快,叶色绿。

关键词:树莓;正交试验;组织培养;最佳培养基

树莓(*Rubus idaeus* L.)为悬钩子属多年生落叶小灌木,俗称山莓、覆盆子,品种分为双季和单季两类,适应性较强,在我国栽培范围较广^[1]。树莓果实营养价值高,富含维生素、有机酸和抗氧化酶,特别是鞣化酸、花色苷和 SOD 含量高,临床上被用于食道癌、乳腺癌和宫颈癌的治疗;花、叶、茎和根皆可入药,具有益肾脏、补肝明目、固精、消炎和生发等功效^[2-4]。

树莓种苗繁育大多采用传统的根蘖分株、埋土压条和扦插等方式,易受环境条件、母株数量、品质及特性等因素影响,出现生产周期过长、种苗质量参差不齐和品种退化等问题^[5-6]。因此,探索更为行之有效的树莓优良种苗繁育途径十分必要。本研究利用正交试验设计筛选出树莓最佳腋芽萌发、丛生芽增殖及组培苗生根培养基,建立树莓快速繁殖技术体系,为通过组培技术获得树莓优良种苗促进树莓工厂化育苗及其产业发展提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料为 2012 年黑龙江省农业科学院园

艺分院从俄罗斯引进的树莓品种“双季 2381”和“单季 1132”。6 月末至 8 月中旬采集直径 0.3~0.5 cm 半木质化且腋芽饱满的一年生枝条的茎段作为外植体。

1.2 方法

1.2.1 试验材料消毒 将采集的枝条剪成 1 cm 长的小段,在流水状态下冲洗 30 min,放入超净工作台中,无菌水冲洗 2 次,酒精消毒 60 s,无菌水再冲洗 2 次,每次 1 min,0.1% HgCl_2 消毒 7 min,无菌水再冲洗 3 次,每次 1 min,立即接种到腋芽萌发培养基上。

1.2.2 腋芽萌发培养 腋芽萌发培养基为 $\text{MS} + \text{植物激素} + 7\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}\text{琼脂} + 30\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}\text{白糖}$,pH 为 5.4~6.0,植物激素采用 6-BA、TDZ 及 NAA。6-BA 浓度为 0.5,1.0 和 $1.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,TDZ 浓度为 0,0.5 和 $1.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,NAA 浓度为 0.1,0.3 和 $0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,进行三因素三水平的 $L_9(3^4)$ 的正交试验。每处理组合接种 10 瓶、每瓶 5 个芽,试验重复 3 次,20 d 时调查芽生长状态(包括叶色和长势)及计算腋芽萌发率。

腋芽萌发率(%) = 萌芽茎段数/接种茎段数 $\times 100$

1.2.3 丛生芽增殖培养 选取生长势一致且健壮的芽(不高于 1 cm),将芽从茎段上切下,接种到增殖培养基上。丛生芽增殖培养基为 $\text{MS} + \text{植物激素} + 7\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}\text{琼脂} + 30\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}\text{白糖}$,pH 5.4~

收稿日期:2020-09-27

基金项目:国家外国专家局国际合作项目示范项目(D201800033);黑龙江省国际合作项目。

作者简介:王禹(1982—),女,硕士,助理研究员,从事植物组织培养研究。E-mail:liuwanda1982@126.com。

6.0,植物激素采用 6-BA、TDZ 及 NAA。6-BA 浓度为 1,2 和 3 mg·L⁻¹,TDZ 浓度为 0.5,1.0 和 1.5 mg·L⁻¹,NAA 浓度为 0.1,0.3 和 0.5 mg·L⁻¹,进行三因素三水平的 L₉(3⁴)的正交试验。每处理组合接种 10 瓶、每瓶 5 个芽,试验重复 3 次,30 d时调查芽生长状态(包括叶色和长势)及计算丛生芽增殖系数。

丛生芽增殖系数=增殖芽数/接种芽数

1.2.4 组培苗生根培养 将组培苗切成 1 cm 长,带 2~3 片叶的小段接种到生根培养基上。生根培养基为不同基本培养基+植物激素+7 g·L⁻¹琼脂+30 g·L⁻¹白糖,pH 5.4~6.0。基本培养基为 1/4、1/2 和 1 MS(1/4 和 1/2 MS 仅为大量元素含量减少,其它元素含量不变);植物激素采用 IBA 和 NAA,IBA 浓度为 0.2、0.5 和 0.7 mg·L⁻¹,NAA 浓度为 0.1、0.3 和 0.5 mg·L⁻¹,进行三因素三水平的 L₉(3⁴)的正交试验;每处理组合接种 10 瓶、每瓶 10 个小段,试验重复 3 次,20 d 调查组培苗生长状态(包括叶色和长势)及计算生根率。

组培苗生根率(%)=生根组培苗数/接种组培苗数×100

1.2.5 培养条件 组织培养温度 23~25 ℃,光

照强度为 2 500~3 000 lx,光照时长为 14 h·d⁻¹,相对空气湿度 40%~50%。

1.2.6 数据分析 试验数据采用 Excel 2019 和 SPSS 23 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 适宜腋芽萌发培养基筛选

由表 1 极差分析表明,6-BA 在 1.0 mg·L⁻¹时萌发率最高,NAA 浓度高可促进腋芽萌发,植物激素对腋芽萌发的影响 NAA>6-BA>TDZ;从 k 值来看,优异培养基“双季 2381”为 6-BA 1.0 mg·L⁻¹+TDZ 1.0 mg·L⁻¹+NAA 0.5 mg·L⁻¹,“单季 1132”为 6-BA 1.0 mg·L⁻¹+TDZ 1.0 mg·L⁻¹+NAA 0.5 mg·L⁻¹。从萌芽率来看,处理组合中优异培养基“双季 2381”为 6-BA 1.0 mg·L⁻¹+TDZ 0 mg·L⁻¹+NAA 0.3 mg·L⁻¹,“单季 1132”为 6-BA 1.0 mg·L⁻¹+TDZ 0.5 mg·L⁻¹+NAA 0.5 mg·L⁻¹。

由表 2 验证试验结果可知,腋芽萌发最优培养基“双季 2381”为 6-BA 1.0 mg·L⁻¹+TDZ 0 mg·L⁻¹+NAA 0.3 mg·L⁻¹,萌芽率达 91.7%,且腋芽萌发快、生长健壮;“单季 1132”为 6-BA 1.0 mg·L⁻¹+TDZ 0.5 mg·L⁻¹+NAA 0.5 mg·L⁻¹,萌芽率达 92.3%,且腋芽萌发快、生长健壮。

表 1 植物激素对树莓腋芽萌发的影响和极差分析

品种	处理编号	6-BA/(mg·L ⁻¹)	TDZ/(mg·L ⁻¹)	NAA/(mg·L ⁻¹)	萌芽率/%	芽生长状态
“双季 2381”	1	0.5	0	0.1	43.3	腋芽萌发慢,叶色绿
	2	0.5	0.5	0.3	83.9	腋芽萌发快,叶色绿
	3	0.5	1.0	0.5	87.6	腋芽萌发快,叶色绿
	4	1.0	0	0.3	91.7	腋芽萌发快,叶色绿
	5	1.0	0.5	0.5	89.9	腋芽萌发快,叶色绿
	6	1.0	1.0	0.1	81.8	腋芽萌发快,叶色绿
	7	1.5	0	0.5	79.6	腋芽萌发快,叶色绿
	8	1.5	0.5	0.1	61.2	腋芽萌发慢,叶色绿
	9	1.5	1.0	0.3	67.3	腋芽萌发慢,叶色绿
	k1	71.6	71.5	62.1		
	k2	87.8	78.3	81.0		
	k3	69.4	78.9	85.7		
	R	18.4	7.4	23.6		
因素主次		NAA>6-BA>TDZ				
优选方案		NAA 0.5 mg·L ⁻¹ +6-BA 1.0 mg·L ⁻¹ +TDZ 1.0 mg·L ⁻¹				

续表 1

品种	处理编号	6-BA/(mg·L ⁻¹)	TDZ/(mg·L ⁻¹)	NAA/(mg·L ⁻¹)	萌芽率/%	芽生长状态
“单季 1132”	1	0.5	0	0.1	48.6	腋芽萌发慢,叶色绿
	2	0.5	0.5	0.3	71.7	腋芽萌发快,叶色绿
	3	0.5	1.0	0.5	82.5	腋芽萌发快,叶色绿
	4	1.0	0	0.3	85.9	腋芽萌发快,叶色绿
	5	1.0	0.5	0.5	92.3	腋芽萌发快,叶色绿
	6	1.0	1.0	0.1	80.4	腋芽萌发快,叶色绿
	7	1.5	0	0.5	83.3	腋芽萌发快,叶色绿
	8	1.5	0.5	0.1	67.6	腋芽萌发慢,叶色绿
	9	1.5	1.0	0.3	71.2	腋芽萌发慢,叶色绿
	k1	67.6	72.6	65.5		
	k2	86.2	77.2	76.2		
	k3	74.0	78.0	86.0		
	R	18.6	5.4	20.5		
因素主次		NAA>6-BA>TDZ				
优选方案		NAA 0.5 mg·L ⁻¹ +6-BA 1.0 mg·L ⁻¹ +TDZ 1.0 mg·L ⁻¹				

表 2 腋芽萌发优选培养基验证试验结果

品种	优选培养基	萌芽率/%	芽生长状态
“双季 2381”	6-BA 1.0 mg·L ⁻¹ +TDZ 1.0 mg·L ⁻¹ +NAA 0.5 mg·L ⁻¹ (K 值)	91.2	腋芽萌发快,叶色绿
	6-BA 1.0 mg·L ⁻¹ +TDZ 0 mg·L ⁻¹ +NAA 0.3 mg·L ⁻¹ (处理)	91.7	腋芽萌发快,叶色绿
“单季 1132”	6-BA 1.0 mg·L ⁻¹ +TDZ 1.0 mg·L ⁻¹ +NAA 0.5 mg·L ⁻¹ (K 值)	91.6	腋芽萌发快,叶色绿
	6-BA 1.0 mg·L ⁻¹ +TDZ 0.5 mg·L ⁻¹ +NAA 0.5 mg·L ⁻¹ (处理)	92.3	腋芽萌发快,叶色绿

2.2 适宜丛生芽增殖培养基筛选

由表 3 极差分析表明,6-BA 和 TDZ 高浓度可抑制丛生芽增殖,植物激素对丛生芽增殖的影响 6-BA>TDZ>NAA;从 k 值来看,优异培养基“双季 2381”为 6-BA 2.0 mg·L⁻¹+TDZ 0.5 mg·L⁻¹+NAA 0.5 mg·L⁻¹,“单季 1132”为 6-BA 2.0 mg·L⁻¹+TDZ 1.0 mg·L⁻¹+NAA 0.3 或 0.5 mg·L⁻¹。从增殖系数来看,处理组合中优异培养基“双季 2381”为 6-BA 2.0 mg·L⁻¹+TDZ 0.5 mg·L⁻¹+NAA 0.3 mg·L⁻¹和“单季 1132”为 6-BA 1.0 mg·L⁻¹+TDZ 1.0 mg·L⁻¹+NAA 0.3 mg·L⁻¹。极差结果表明 NAA 0.1~0.5 mg·L⁻¹对丛生芽增殖影响不大,且极差分析 NAA 对丛生芽增殖影响较小。因此,验证试验增加 1 个浓度 NAA 0.1 mg·L⁻¹(表 4)。

由表 4 验证试验结果可知,丛生芽增殖最优培养基“双季 2381”为 6-BA 2.0 mg·L⁻¹+TDZ 0.5 mg·L⁻¹+NAA 0.1 mg·L⁻¹,增殖系数为 6.7,

且丛生芽增殖快、生长健壮;“单季 1132”6-BA 2.0 mg·L⁻¹+TDZ 1.0 mg·L⁻¹+NAA 0.1 mg·L⁻¹,增殖系数虽然达到 6.9,但芽叶色呈黄绿色,生长势减弱,以 6-BA 1.0 mg·L⁻¹+TDZ 1.0 mg·L⁻¹+NAA 0.3 mg·L⁻¹增殖率 6.2,且丛生芽增殖快、生长健壮培养基为最佳。

2.3 适宜组培苗生根培养基筛选

由表 5 极差分析得出,基本培养基大量元素减少至 1/2 有利于根的产生,IBA 浓度高可抑制根的产生;基本培养基和植物激素对组培苗生根的影响,基本培养基>IBA>NAA;从 k 值来看,优异培养基“双季 2381”为 1/2MS+IBA 0.5 mg·L⁻¹+NAA 0.5 mg·L⁻¹,“单季 1132”为 1/2MS+IBA 0.2 mg·L⁻¹+NAA 0.5 mg·L⁻¹。从生根率来看,处理组合中的优异培养基“双季 2381”为 1/2MS+IBA 0.2 mg·L⁻¹+NAA 0.3 mg·L⁻¹和“单季 1132”

表 3 植物激素对丛生芽增殖的影响和极差分析

品种	处理编号	6-BA/(mg·L ⁻¹)	TDZ/(mg·L ⁻¹)	NAA/(mg·L ⁻¹)	增殖系数	芽生长状态
“双季 2381”	1	1.0	0.5	0.1	4.1	丛生芽增殖快,叶色绿
	2	1.0	1.0	0.3	5.4	丛生芽增殖快,叶色绿
	3	1.0	1.5	0.5	4.8	丛生芽增殖快,叶色绿
	4	2.0	0.5	0.3	6.1	丛生芽增殖快,叶色绿
	5	2.0	1.0	0.5	4.7	丛生芽增殖快,叶色绿
	6	2.0	1.5	0.1	5.2	丛生芽增殖快,叶色黄绿
	7	3.0	0.5	0.5	2.3	丛生芽增殖快,叶色黄绿
	8	3.0	1.0	0.1	1.8	丛生芽增殖快,叶色黄绿
	9	3.0	1.5	0.3	0	无丛生芽产生
	k1	4.8	4.2	3.7		
	k2	5.3	4.0	3.8		
	k3	1.4	3.3	3.9		
	R	4.0	0.8	0.2		
因素主次		6-BA>TDZ>NAA				
优选方案		6-BA 2.0 mg·L ⁻¹ +TDZ 0.5 mg·L ⁻¹ +NAA 0.5 mg·L ⁻¹				
“单季 1132”	1	1.0	0.5	0.1	3.9	丛生芽增殖慢,叶色绿
	2	1.0	1.0	0.3	6.2	丛生芽增殖快,叶色绿
	3	1.0	1.5	0.5	5.3	丛生芽增殖快,叶色绿
	4	2.0	0.5	0.3	5.6	丛生芽增殖快,叶色绿
	5	2.0	1.0	0.5	5.1	丛生芽增殖快,叶色黄绿
	6	2.0	1.5	0.1	5.2	丛生芽增殖快,叶色黄绿
	7	3.0	0.5	0.5	2.5	丛生芽增殖快,叶色黄绿
	8	3.0	1.0	0.1	2.8	丛生芽增殖快,叶色黄绿
	9	3.0	1.5	0.3	1.1	丛生芽增殖快,叶色黄绿
	k1	5.1	4.0	4.0		
	k2	5.3	4.7	4.3		
	k3	2.1	3.9	4.3		
	R	3.2	0.8	0.3		
因素主次		6-BA>TDZ>NAA				
优选方案		6-BA 2.0 mg·L ⁻¹ +TDZ 1.0 mg·L ⁻¹ +NAA 0.3 或 0.5 mg·L ⁻¹				

表 4 丛生芽增殖优选培养基验证试验结果

品种	优选培养基	增殖系数	芽生长状态
“双季 2381”	6-BA 2.0 mg·L ⁻¹ +TDZ 0.5 mg·L ⁻¹ +NAA 0.3 mg·L ⁻¹ (K 值)	6.2	丛生芽增殖快,叶色绿
	6-BA 2.0 mg·L ⁻¹ +TDZ 0.5 mg·L ⁻¹ +NAA 0.5 mg·L ⁻¹ (处理)	6.1	丛生芽增殖快,叶色绿
	6-BA 2.0 mg·L ⁻¹ +TDZ 0.5 mg·L ⁻¹ +NAA 0.1 mg·L ⁻¹ (增加)	6.7	丛生芽增殖快,叶色绿
“单季 1132”	6-BA 2.0 mg·L ⁻¹ +TDZ 1.0 mg·L ⁻¹ +NAA 0.3 mg·L ⁻¹ (K 值)	5.3	丛生芽增殖快,叶色黄绿
	6-BA 2.0 mg·L ⁻¹ +TDZ 1.0 mg·L ⁻¹ +NAA 0.5 mg·L ⁻¹ (K 值)	5.7	丛生芽增殖快,叶色黄绿
	6-BA 2.0 mg·L ⁻¹ +TDZ 1.0 mg·L ⁻¹ +NAA 0.1 mg·L ⁻¹ (增加)	6.9	丛生芽增殖快,叶色黄绿
	6-BA 1.0 mg·L ⁻¹ +TDZ 1.0 mg·L ⁻¹ + NAA 0.3 mg·L ⁻¹ (处理)	6.2	丛生芽增殖快,叶色绿
	6-BA 1.0 mg·L ⁻¹ +TDZ 1.0 mg·L ⁻¹ +NAA 0.1 mg·L ⁻¹ (增加)	6.0	丛生芽增殖快,叶色绿

为1/2MS+IBA 0.2 mg·L⁻¹+NAA 0.3 mg·L⁻¹。极差结果表明 NAA 浓度的降低和增加,生根率都呈上升趋势,且极差分析表明 NAA 对生根率影响较小。因此,验证试验 NAA 增加 1 个浓度0 mg·L⁻¹。

由表 6 组培苗生根优异培养基验证试验结果

可知,组培苗生根最优培养基“双季 2381”为 1/2MS+IBA 0.2 mg·L⁻¹+NAA 0 mg·L⁻¹,生根率 96.9%,且组培苗生根快、生长健壮;“单季 1132”为 1/2MS+IBA 0.2 mg·L⁻¹+NAA 0 mg·L⁻¹,生根率 95.1%,且组培苗生根快、芽生长健壮。

表 5 基本培养基及植物激素对组培苗生根的影响和极差分析

品种	处理编号	基本培养基	IBA/(mg·L ⁻¹)	NAA/(mg·L ⁻¹)	生根率/%	组培苗生长状态
“双季 2381”	1	1/4MS	0.2	0.1	82.5	组培苗生根快,叶色淡绿
	2	1/4MS	0.5	0.3	87.2	组培苗生根快,叶色淡绿
	3	1/4MS	0.7	0.5	85.4	组培苗生根快,叶色淡绿
	4	1/2MS	0.2	0.3	96.7	组培苗生根快,叶色绿
	5	1/2MS	0.5	0.5	93.8	组培苗生根快,叶色绿
	6	1/2MS	0.7	0.1	91.6	组培苗生根快,叶色绿
	7	MS	0.2	0.5	91.3	组培苗生根慢,叶色绿
	8	MS	0.5	0.1	92.4	组培苗生根慢,叶色绿
	9	MS	0.7	0.3	82.6	组培苗生根慢,叶色绿
	k1	85.0	90.1	88.8		
	k2	94.0	91.1	88.8		
	k3	88.8	86.5	90.1		
	R	9.0	4.6	1.3		
因素主次		基本培养基>IBA>NAA				
优选方案		基本培养基 1/2MS+IBA 0.5 mg·L ⁻¹ +NAA 0.5 mg·L ⁻¹				
“单季 1132”	1	1/4MS	0.2	0.1	79.3	组培苗生根快,叶色淡绿
	2	1/4MS	0.5	0.3	71.3	组培苗生根快,叶色淡绿
	3	1/4MS	0.7	0.5	76.3	组培苗生根快,叶色淡绿
	4	1/2MS	0.2	0.3	94.8	组培苗生根快,叶色绿
	5	1/2MS	0.5	0.5	91.5	组培苗生根快,叶色绿
	6	1/2MS	0.7	0.1	87.6	组培苗生根快,叶色绿
	7	MS	0.2	0.5	93.1	组培苗生根慢,叶色绿
	8	MS	0.5	0.1	90.2	组培苗生根慢,叶色绿
	9	MS	0.7	0.3	84.3	组培苗生根慢,叶色绿
	k1	75.6	89.1	85.7		
	k2	91.3	84.3	83.5		
	k3	89.2	82.7	87.0		
	R	15.7	6.3	3.5		
因素主次		基本培养基>IBA>NAA				
优选方案		基本培养基 1/2MS+IBA 0.2 mg·L ⁻¹ +NAA 0.5 mg·L ⁻¹				

表 6 组培苗生根优选培养基验证试验结果

品种	优选培养基	生根率/%	芽生长状态
“双季 2381”	1/2MS+IBA 0.5 mg·L ⁻¹ +NAA 0.5 mg·L ⁻¹ (K 值)	93.8	组培苗生根快,叶色绿
	1/2MS+IBA 0.5 mg·L ⁻¹ +NAA 0 mg·L ⁻¹ (增加)	94.5	组培苗生根快,叶色绿
	1/2MS+IBA 0.2 mg·L ⁻¹ +NAA 0.3 mg·L ⁻¹ (处理)	96.7	组培苗生根快,叶色绿
	1/2MS+IBA 0.2 mg·L ⁻¹ +NAA 0 mg·L ⁻¹ (增加)	96.9	组培苗生根快,叶色绿
“单季 1132”	1/2MS+IBA 0.2 mg·L ⁻¹ +NAA 0.5 mg·L ⁻¹ (K 值)	91.1	组培苗生根快,叶色绿
	1/2MS+IBA 0.2 mg·L ⁻¹ +NAA 0.3 mg·L ⁻¹ (处理)	94.8	组培苗生根快,叶色绿
	1/2MS+IBA 0.2 mg·L ⁻¹ +NAA 0 mg·L ⁻¹ (增加)	95.1	组培苗生根快,叶色绿

3 结论与讨论

试验研究中发现腋芽萌发培养基在处理组合 3 号 6-BA 0.5 mg·L⁻¹+TDZ 1.0 mg·L⁻¹+NAA 0.5 mg·L⁻¹ 30 d 的“双季 2381”腋芽萌发率为 87.6%，“单季 1132”腋芽萌发率为 82.5%，更换培养基后腋芽可以继续萌发，45 d 萌发率都可达到 90%以上，但生长期较长，应选用萌芽率高且生长期短的培养基。对比试验时一定要结合苗的生长势，本试验在进行丛生芽增殖优异培养基筛选时“单季 1132”优异组合为 6-BA 2.0 mg·L⁻¹+TDZ 1.0 mg·L⁻¹+NAA 0.1 mg·L⁻¹，增殖系数达到 6.9，但芽叶色呈黄绿色，生长势减弱，不可选用。通过生根试验对比得出，单独使用 IBA 可提高生根率，添加 NAA 未能有效提高生根率，这与王建新等^[7]观点一致。较高浓度的矿物质元素有利于植株茎叶的生长，较低浓度利于生根，所以生根多以 1/2 MS 为基本培养基^[8]，且根系发达，木质化程度较高有利于驯化成活^[9]。本试验亦发现大量元素浓度高可促进组织培苗茎叶生长，减慢生根速度，组培苗根系不发达、叶片多及植株太高，都不利于驯化成活；本试验还发现在培养基中添加 NAA 及组培苗在瓶内生根后都可促进植株茎叶生长，不利于驯化成活，因此，试验进行组培苗生根培养基筛选时，选择标准为在 20 d 内组培苗生根率高、生根快速及植株生长健壮的培养基。不同品种要达到最佳培养效果对激素使用量的需求有差异，因此，建议不同品种使用不同培养基，这与杨艳敏等^[10]观点不一致，他认为 3 个不同品种在同一类培养基上均可达到最佳培养效果。总之，快繁体系除了要获得高繁殖系数外，还要综合考虑生育周期长短、组培苗是否健壮、激素使用量和培养基利用率等因素，达到繁育优良种苗且生

产成本低的目的。

本研究表明腋芽萌发的最佳培养基“双季 2381”为 6-BA 1.0 mg·L⁻¹+TDZ 0 mg·L⁻¹+NAA 0.3 mg·L⁻¹；“单季 1132”为 6-BA 1.0 mg·L⁻¹+TDZ 0.5 mg·L⁻¹+NAA 0.5 mg·L⁻¹，其萌芽率分别为 91.7%和 92.3%，且腋芽萌发快、叶色绿。丛生芽增殖的最佳培养基“双季 2381”为 6-BA 2.0 mg·L⁻¹+TDZ 0.5 mg·L⁻¹+NAA 0.1 mg·L⁻¹；“单季 1132”为 6-BA 1.0 mg·L⁻¹+TDZ 1.0 mg·L⁻¹+NAA 0.3 mg·L⁻¹，其增殖系数分别为 6.7 和 6.2，且丛生芽增殖快，叶色绿。组培苗生根的最佳培养基“双季 2381”和“单季 1132”均为 1/2MS+IBA 0.2 mg·L⁻¹，其生根率分别达 96.9%和 95.1%，且自培苗生根快，叶色绿。

参考文献：

[1] 侯睿宁. 树莓新品系离体快繁技术研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2019.

[2] 李艳霞,刘忠玲,刘建明,等. 树莓品种“波拉纳”组培繁殖体系建立[J]. 森林工程,2018,34(2):26-29.

[3] 罗兰艳,范淑芳,简大为,等. 蓝莓组织培养技术研究进展[J]. 湖北林业科技,2016,45(1):31-35.

[4] 李迎超,许传森,冯慧,等. 红树莓轻基质网袋容器组培育苗技术[J]. 林业科技通讯,2015(8):42-43.

[5] 杜尚广,余波. 木薯的组织培养与快繁体系建立[J/OL]. 分子植物育种,1-7[2020-12-03]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20191207.1009.004.html>.

[6] 陶兴魁,高贵珍,张兴桃,等. 正交实验在蓝莓组培培养基筛选过程中的应用[J]. 安徽工程大学学报,2019,34(2):1-5,50.

[7] 王建新,吴志茹,冯光惠. 榆林沙区引种波尔卡树莓的组织培养与快速繁殖[J]. 山西农业科学,2019,47(12):2078-2082.

[8] 赵玉洁,谭彬,李洪涛,等. 石榴组织培养及遗传转化技术研究进展[J]. 河南农业科学,2017,46(4):1-5.

[9] 黄烈健,王鸿. 林木植物组织培养及存在问题的研究进展[J]. 林业科学研究,2016,29(3):464-471.

[10] 杨艳敏,袁兴福,魏永祥,等. 树莓组培快繁及工厂化育苗技术研究[J]. 园艺与种苗,2012(1):32-35.

(下转第 87 页)

维综合评估[J]. 山西农业科学, 2014, 42(10): 1067-1070.

在新引烤烟新品种综合评价中的应用比较[J]. 中国烟草学报, 2012, 18(4): 35-40.

[20] 李彦平, 李淑君, 吴娟霞, 等. DTOPSIS 法和灰色关联度法

Application of DTOPSIS Method and Grey Relational Analysis Based on Entropy Weight in Comprehensive Evaluation of Watermelon Varieties

ZHAO Ping¹, LI Xue-tao², KANG Zhen-you¹, FENG Yan-qing³, CUI Fang-rang³, HAN Jing-feng³

(1. Changle Watermelon Research Institute, Changle 262400, China; 2. Weifang Agriculture and Rural Bureau, Weifang 261061, China; 3. Changle Agriculture and Rural Bureau, Changle 262400, China)

Abstract: In order to provide basis and method for identifying and estimating the new watermelon varieties, DTOPSIS method and grey relational analysis based on entropy weight were applied to the analysis and evaluation of watermelon varieties. The methods were used to evaluate eighteen watermelon varieties from 8 indexes, such as fruit weight, fruit rind thickness, soluble solid content, quality and taste. The results showed that Longshengjiayue, Jingmei 10K02 and Longshengjiahua were suitable for planting in Changle and surrounding areas. Comparison results between these two methods showed that the biggest difference of C_i value in DTOPSIS method was 65.07%, but the biggest difference of the weighting correlation number r'_i in grey relational analysis had only 35.13%. The results of correlation analysis showed that the varieties had a consistent ranking in the calculation method of DTOPSIS method and grey relational analysis based on entropy weight, and were not consistent with the rankings based simply on the fruit weight of the varieties. Both of the DTOPSIS method and grey relational analysis can make scientific comprehensive evaluation of watermelon varieties, among which the DTOPSIS method has a relatively better evaluation effect.

Keywords: watermelon; comprehensive evaluation; grey relational degree analysis; DTOPSIS method; entropy

(上接第 78 页)

Establishment of Rapid Propagation System in Raspberry Tissue Culture by Orthogonal Experiment

WANG Yu

(Horticultural Branch of Heilongjiang Academy of Agriculture Sciences, Harbin 150069, China)

Abstract: To promote the factory seedling cultivation of raspberry, the raspberry varieties of "Double-season 2381" and "Single-season 1132", introduced from Russia were used as experimental materials. The stem segment was used as explants. The orthogonal experiment was used to screen the best culture medium of axillary bud germination, cluster bud proliferation and tissue culture seedling rooting, so as to establish the technology system of rapid propagation. The results showed that the best medium of axillary bud germination "Double-season 2381" was 6-BA $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ + NAA $0.3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, and "Single-season 1132" was 6-BA $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ + TDZ $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ + NAA $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, the germination rate was 91.7% and 92.3%, respectively, the growth rate of the axillary buds was fast and the leaf color was green. The best medium of cluster bud proliferation "Double-season 2381" was 6-BA $2.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ + TDZ $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ + NAA $0.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, "Single-season 1132" was 6-BA $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ + TDZ $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ + NAA $0.3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, the multiplication coefficients were 6.7 and 6.2, respectively, the growth rate of cluster buds was fast and the leaf color was green. The best medium of tissue culture seedling rooting "Double-season 2381" and "Single-season 1132" were $1/2\text{MS}$ + IBA $0.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, the rooting rate was 96.9% and 95.1%, respectively, the rooting speed of tissue culture seedlings was fast and the leaf color was green.

Keywords: raspberry; orthogonal experiment; tissue culture; optimization medium