

不同类型甜瓜高效再生体系的建立

张春秋¹, 李斯贝¹, 胡紫玉¹, 吕桂云², 王建设¹

(1. 农业农村部华北地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室·蔬菜种质改良北京市重点实验室·北京市农林科学院蔬菜研究中心 北京 100097; 2. 河北农业大学园艺学院 河北保定 071001)

摘要:以厚皮甜瓜(*Cucumis melo* ssp. *melo* var. *cantalupensis*, *C. melo* ssp. *melo* var. *ameri*)、厚薄皮甜瓜(*C. melo* ssp. *melo* var. *inodorus*)和薄皮甜瓜(*C. melo* ssp. *agrestis* var. *chinensis*, *C. melo* ssp. *agrestis* var. *makuwa* Makino)以及对照组(BU-21/3, *C. melo* ssp. *melo* var. *inodorus* 和 Védraçais, *C. melo* ssp. *melo* var. *cantalupensis*)共8个甜瓜自交系的子叶为外植体,比较不同激素配比、不同苗龄对甜瓜再生过程中不定芽诱导及生根的影响。结果表明,甜瓜不定芽诱导的最佳培养基配方为MS+1.0 mg·L⁻¹ 6-BA,不同类型甜瓜的不定芽诱导率可达72.0%~90.3%,且薄皮甜瓜不定芽诱导率高于厚皮甜瓜和厚薄皮类型甜瓜;3 d苗龄的子叶外植体不定芽诱导率最高。伸长培养基配方为MS+0.1 mg·L⁻¹ 6-BA+0.05 mg·L⁻¹ IAA,生根培养基配方为MS+0.1 mg·L⁻¹ IBA+3 g·L⁻¹ 活性炭。

关键词:甜瓜;再生体系;诱导率;植物激素

中图分类号:S652

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2022)01-032-05

Establishment of regeneration system for different varieties of melons

ZHANG Chunqiu¹, LI Sibeil¹, HU Ziyu¹, LÜ Guiyun², WANG Jianshe¹

(1. Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Horticultural Crops (North China)/Beijing Key Laboratory of Vegetable Germplasm Improvement/Beijing Vegetable Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Science, Beijing 100097, China; 2. Hebei Agriculture University, Department of Horticulture, Baoding 071001, Hebei, China)

Abstract: The cotyledon explants from eight inbred lines of melon were used to compare the influential effects of their different phytohormones at different ages to the adventitious shoot/root inductions in the regeneration process of melon. Two from each of the three followings types: the thick-skin type (*C. melo* ssp. *melo* var. *cantalupensis* and *C. melo* ssp. *melo* var. *ameri*), the intermediate-skin type (*C. melo* ssp. *melo* var. *inodorus*), thin-skin type (*C. melo* ssp. *agrestis* var. *chinensis* and *C. melo* ssp. *agrestis* var. *makuwa* Makino) and the controls (BU-21/3, *C. melo* ssp. *melo* var. *inodorus* and Védraçais, *C. melo* ssp. *melo* var. *cantalupensis*). The results showed that the optimal medium for the adventitious shoot induction was MS+1.0 mg·L⁻¹ 6-BA, giving an induction rate of 72.0%-90.3% in different types of melon. The adventitious shoots induction rate in thin-skinned type was higher than that in the other two types. The optimal age of cotyledon explant was 3 d. The optimal conditions for shoot induction and root induction were MS+0.1 mg·L⁻¹ 6-BA+0.05 mg·L⁻¹ IAA, and MS+0.1 mg·L⁻¹ IBA+3 g·L⁻¹ activated carbon, respectively.

Key words: Melon; Regeneration; Induction rate; Phytohormone

甜瓜(*Cucumis melo* L.)属于葫芦科甜瓜属,是一种国内外普遍栽培的水果型作物。2020年全球甜瓜产量已达 2.7×10^7 t,种植面积达 1.1×10^6 hm² (FAO, www.fao.org/faostat)。随着甜瓜的规模化生产,病虫害的问题也随之日益严重,造成甜瓜产量锐减、品质下降。近年来,基因工程技术快速发展,使得运用转基因技术手段进行种质定向改良成为培育抗病优质甜瓜新品种的有效途径。建立一个

稳定、高效的再生体系,是基因工程育种成功的前提条件。

影响甜瓜再生能力的主要因素有基因型、外植体类型及其生长状态、激素种类和浓度配比。基因型对甜瓜再生能力起决定性的作用,不同类型甜瓜的再生潜力有明显差异,已有研究分别针对厚皮和薄皮等不同类型的甜瓜建立了特定的再生体系^[1-9]。但甜瓜离体再生过程中仍存在愈伤组织分化出芽

收稿日期:2020-08-23;修回日期:2021-02-09

基金项目:北京市农林科学院创新能力建设专项(KJCX20200113);北京自然科学基金面上项目(6172010);国家自然科学基金面上项目(32072602)

作者简介:张春秋,女,副研究员,研究方向为甜瓜遗传育种。E-mail: zhangchunqiu@nercv.org

通信作者:王建设,男,副研究员,研究方向为甜瓜遗传育种。E-mail: wangjianshe@nercv.org

困难、不定芽诱导率较低和再生体系重复性差等问题^[10]。因此,对不同类型甜瓜再生体系进行系统优化以建立广泛适用的再生体系显得尤为迫切。外植体的类型及生长状态是建立甜瓜再生体系的影响因素之一。目前,已有选用子叶、下胚轴、真叶、叶片等通过器官发生途径再生出完整植株的报道^[6-11]。其中,子叶相比其他器官愈合较快且愈伤组织紧密,不定芽诱导率也相对较高,被认为是甜瓜再生的首选外植体^[12]。甜瓜子叶的再生能力与苗龄密切相关,不同苗龄甜瓜子叶的不定芽诱导率存在较大差异^[2,7-8,13],合适的苗龄是成功诱导不定芽的关键因素。影响甜瓜再生的另一个重要因素是生长调节剂的种类和浓度配比。目前,常用于甜瓜再生的激素有 6-苄氨基腺嘌呤(6-BA)、吲哚-3-乙酸(IAA)、吲哚丁酸(IBA)等^[11,14-15],选择合适的激素种类和浓度配比是建立高效稳定的甜瓜再生体系的研究重点。

笔者在本试验中以不同类型(厚皮、厚薄皮中间型和薄皮)的 8 个甜瓜自交系材料子叶作为外植体,对基因型、外植体苗龄、不同激素组合和浓度配比等影响甜瓜再生效率的主要因素进行系统深入研究,以构建适于不同类型甜瓜的高效再生体系,为甜瓜快速繁殖、应用遗传转化技术对甜瓜种质资源进行定向改良等提供技术支持。

1 材料与方 法

1.1 材 料

笔者分别以厚皮类型甜瓜 M1(*C. melo* ssp. *melo* var. *cantalupensis*)和 M2(*C. melo* ssp. *melo* var. *ameri*);厚薄皮类型甜瓜 M32 和 M36(*C. melo* ssp. *melo* var. *inodorus*);薄皮类型甜瓜 M250(*C. melo* ssp. *agrestis* var. *chinensis*)和 M265(*C. melo* ssp. *agrestis* var. *makuwa* Makino);对照组薄皮甜瓜 BU-21/3(*C. melo* ssp. *melo* var. *inodorus*)和厚皮甜瓜 Védra ntais(*C. melo* ssp. *melo* var. *cantalupensis*)等不同类型的 8 个甜瓜自交系作为供试材料。其中, M1、M2、M32、M36、M250 和 M265 为北京市农市农林科学院蔬菜中心选育, BU-21/3 和 Védra ntais 种子分别由以色列农业科学院 Yaakov Tadmor 研究员和美国农业部 J. D. McCreight 研究员馈赠,在北京市农林科学院蔬菜研究中心温室扩繁。其中, BU-21/3 为具有高再生能力的甜瓜材料, Védra ntais 为研究甜瓜再生体系常用的材料。试验于 2016 年 3 月至 2019 年 10 月在北京市农林科学院蔬菜研究

中心进行。以 MS 为基本培养基,根据不同生长阶段配制添加不同激素浓度配比。其中,激素种类包括 IAA、IBA 和 6-BA。以上试剂均购于美国 Sigma 试剂公司。

1.2 方 法

1.2.1 种子处理 挑取饱满的甜瓜种子,剥去种皮后用 70%(φ ,后同)的乙醇浸泡 20~30 s,无菌水洗 2~3 次,用 1%的次氯酸钠溶液消毒 10 min,无菌水洗 4~5 次后,用无菌滤纸吸干多余水分,置于 MS 培养基(蔗糖质量浓度 30 g·L⁻¹,琼脂质量浓度 7 g·L⁻¹, pH 5.8)中暗培养。

1.2.2 不定芽的诱导 取苗龄为 3 d 的甜瓜子叶,切除胚根和子叶两端 1~2 mm 后,剥除子叶的内种皮,将子叶部分横切为二作为外植体,叶背面向下接种于附加不同激素配比的诱导培养基(见表 1),置于 25 ℃,光照度为 2000 lx,光周期为 16 h/8 h 培养。30 d 后调查统计发生不定芽的外植体数,以筛选出不定芽诱导最佳激素配比组合,并比较基因型不定芽诱导率的差异。分别取 2、3、4、5 d 苗龄的甜瓜子叶,置于 MS+1.0 mg·L⁻¹ 6-BA 不定芽诱导培养基中,30 d 后观察不同苗龄外植体不定芽的诱导情况。每个处理 30 个外植体,3 次重复。不定芽诱导率/%=产生不定芽的外植体数/接种外植体总数×100。采用 SPSS 17.0 软件中的 Duncan's multiple range test 方法进行差异显著性分析。

1.2.3 不定芽的伸长与生根 选取厚皮类型 M2、厚薄皮类型 M32 和薄皮类型 M265 三个甜瓜品种进行不定芽伸长和生根试验。不定芽诱导培养 3~4 周,待丛生芽长至 0.5~1.0 cm,及时切下分化的不定芽转入芽伸长培养基(表 2),比较不同激素配比对不定芽伸长的影响。当不定芽伸长到 2~3 cm 时,切下不定芽,转入生根培养基(表 3),比较不同激素对不定芽生根的影响。待确定最佳浓度配比后,将生根培养基添加 3.0 mg·L⁻¹ 的活性炭防止形成玻璃苗。生根率/%=生根的不定芽数/接种的总不定芽数×100。

1.2.4 试管苗的移栽 待试管苗根系发达后,炼苗 3~5 d 后,洗净根上附着的培养基,移栽入预先经高压灭菌的蛭石和草炭土 1:1(V:V)基质中于温室中培养,前期注意保湿遮阴,3~5 d 后逐渐增加透光度。

2 结果与分析

2.1 不同类型甜瓜材料和激素配比对甜瓜不定芽诱导的影响

表1 不同浓度激素配比对不同类型甜瓜材料不定芽诱导率的影响

培养基编号	$\rho(6\text{-BA})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{IAA})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	不同类型甜瓜材料							
			M1	M2	M32	M36	M250	M265	BU-21/3	Védrantais
MS1	1.0	0.0	72.0±2.6 a	83.0±4.4 a	73.6±3.2 a	75.6±2.5 a	84.7±3.2 a	89.3±0.6 a	90.3±1.5 a	87.3±1.5 a
MS2	1.0	0.2	70.6±1.5 ab	82.0±3.6 a	72.7±3.1 ab	75.3±1.5 a	85.3±3.1 a	88.6±4.5 a	89.7±2.1 a	86.7±1.5 a
MS3	1.0	0.4	69.0±3.6 abc	72.3±1.5 bc	69.7±3.1 ab	73.0±2.6 ab	75.7±4.0 b	76.9±3.6 b	83.0±3.6 ab	78.3±4.0 b
MS4	1.0	0.6	63.3±8.0 cd	67.7±1.5 cd	68.0±2.0 bc	68.7±4.2 b	67.0±2.6 c	68.2±3.5 c	70.0±3.6 c	72.3±1.5 cd
MS5	2.0	0.0	71.7±4.0 ab	75.7±4.7 b	71.0±2.0 ab	74.0±1.0 ab	81.0±3.6 ab	87.8±1.5 a	82.7±5.0 ab	75.7±3.1 bc
MS6	2.0	0.2	64.3±4.5 bcd	70.3±1.5 bcd	64.7±2.1 bc	60.3±5.5 c	74.3±2.1 b	88.2±2.5 a	82.0±4.0 b	69.7±2.5 d
MS7	2.0	0.4	57.7±4.5 d	65.7±1.5 d	54.3±2.5 d	56.7±1.8 c	66.3±3.2 c	72.0±6.0 bc	68.7±7.0 c	58.0±4.4 e
MS8	2.0	0.6	42.0±1.0 e	50.7±3.5 e	46.7±1.8 e	50.3±0.9 d	56.7±5.0 d	62.0±2.1 d	49.3±4.2 d	49.6±3.5 f

注:表中的值为平均值±SD,n=3;同列数字后不同小写字母代表在0.05水平差异显著。后同。

由表1可以看出,不同类型甜瓜在含相同激素浓度配比的培养基中不定芽诱导率表现有所不同,薄皮型甜瓜M250和M265不定芽诱导率高于厚皮和厚薄皮类型。此外,不定芽的诱导和分化与6-BA和IAA的质量浓度配比密切相关。随着6-BA和IAA质量浓度的增加,不定芽的诱导率随之降低,8个不同甜瓜材料在MS8(MS+2.0 mg·L⁻¹ 6-BA+0.6 mg·L⁻¹ IAA)不定芽诱导率最低。分析发现在含1.0 mg·L⁻¹ 6-BA的培养基中添加低质量浓度的IAA(0.2 mg·L⁻¹)对不定芽的诱导影响较小,8个不同类型甜瓜材料在MS1(MS+1.0 mg·L⁻¹ 6-BA)和MS2(MS+1.0 mg·L⁻¹ 6-BA+0.2 mg·L⁻¹ IAA)上的不定芽诱导率均没有显著性差异。不同基因型甜瓜材料的不定芽诱导最佳培养基有所不同,对照组(BU-21/3和Védrantais),厚皮型(M1和M2),厚薄皮类型(M32和M36)和薄皮型M265在MS1培养基中不定芽诱导率最高,分别为90.3%、87.3%、72.0%、83.0%、73.6%、75.6%和89.3%。其中,对照组BU-21/3不定芽诱导率最高,薄皮型M265表现出与对照组相近的较强再生能力。薄皮型甜瓜M250在MS2培养基上诱导率最高(85.3%),但其在MS1培养基上同样具有较高的诱导率(84.7%)。综合考虑,不同甜瓜材料后续试验采用的不定芽诱导培养基配方为MS+1.0 mg·L⁻¹ 6-BA。

2.2 不同苗龄子叶外植体对不定芽诱导的影响

由图1可知,不同基因型甜瓜在2 d苗龄时子叶块不定芽诱导率最低,3~4 d苗龄的子叶块不定芽的诱导率相对较高,在72%~90%之间。进一步分析发现,不同基因型材料均在苗龄为3 d时表现出的不定芽诱导率最高,苗龄增大后诱导率均有所下降。因此,最好采用3 d苗龄的子叶作为外植体进行甜瓜再生培养。

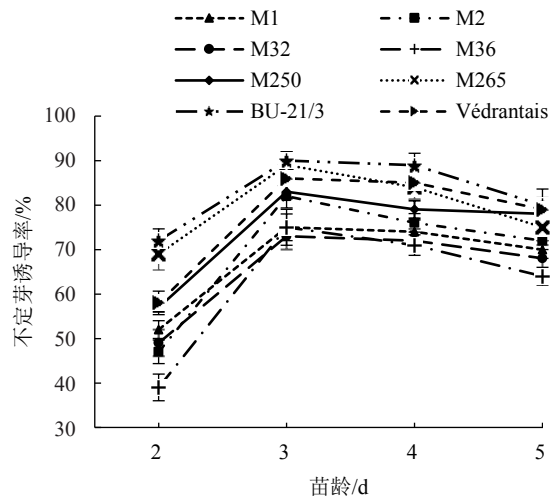


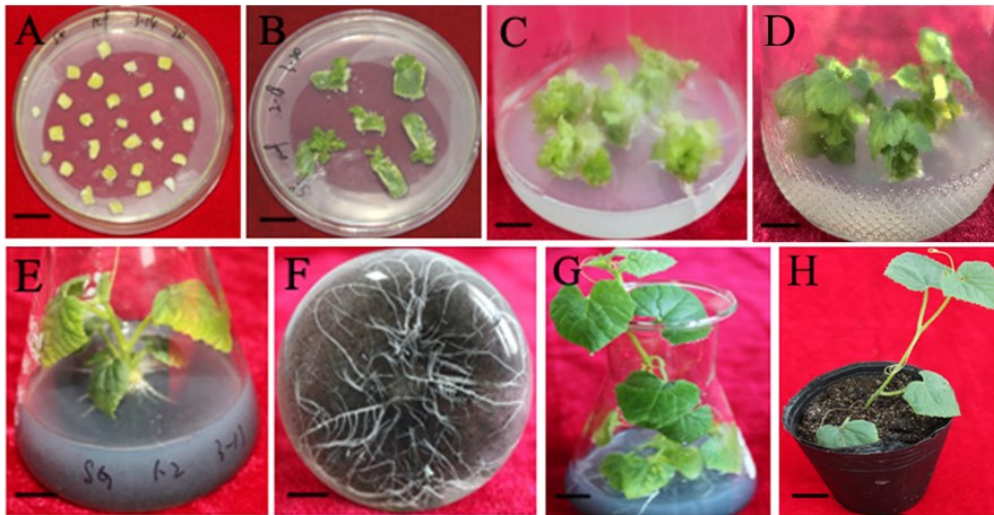
图1 苗龄对子叶块不定芽诱导率的影响

2.3 不定芽伸长和生根条件优化

M2、M32和M265三个不同类型材料在不同激素浓度配比的培养基上不定芽生长状态较为一致,在高浓度6-BA的MS培养基上生长较快,但容易形成玻璃化苗,6-BA的质量浓度为0.1 mg·L⁻¹时能满足不定芽的伸长生长需求,且不定芽叶色深绿,节间适中,茎较粗。添加微量的IAA有助于茎的正常生长,当IAA浓度较高时,不定芽生长较快,节间

表2 不同激素浓度对甜瓜不定芽伸长的影响

处理	$\rho(6\text{-BA})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{IAA})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	不定芽生长状态
1	0.0	0.00	生长缓慢,叶色深绿,茎粗,节间短
2	0.1	0.00	叶色深绿,茎较粗,节间适中
3	0.1	0.05	叶色深绿,茎适中,节间适中
4	0.1	0.10	轻度玻璃化,茎细,节间较长
5	0.2	0.00	轻度玻璃化,茎较粗,节间适中
6	0.2	0.05	轻度玻璃化,茎适中,节间适中
7	0.2	0.10	轻度玻璃化,茎细,节间较长
8	0.3	0.00	玻璃化严重,茎较粗,节间适中
9	0.3	0.05	玻璃化严重,茎适中,节间适中
10	0.3	0.10	玻璃化严重,茎细,节间较长



注:A.甜瓜子叶块置于诱导培养基MS+1.0 mg·L⁻¹ 6-BA; B.不定芽诱导; C.将诱导出的不定芽转移至伸长培养基MS+0.1 mg·L⁻¹ 6-BA+0.05 mg·L⁻¹ IAA; D.不定芽伸长; E.将伸长后的不定芽转移至添加3 g·L⁻¹活性炭的生根培养基; F.不定芽生根情况; G.炼苗; H.移栽苗。

图2 M1甜瓜组培苗再生过程

变长且茎较细,在一定程度上还会加重幼苗的玻璃化现象。因此,MS+0.1 mg·L⁻¹ 6-BA+0.05 mg·L⁻¹ IAA是适于不定芽伸长的最佳培养基,在此条件下生长的试管苗叶色深绿、节间适中、生长健壮,2周左右生长成2~3 cm高的健壮苗(表2,图2)。

待不定芽伸长至2~4 cm时,将其移入生根培养基中诱导生根。结果表明,相较于高浓度IBA培

养基,添加低质量浓度0.1 mg·L⁻¹ IBA诱导生根率较高,M2、M32和M265的生根率分别高达86.7%、91.1%和89.2%,并且根系形态正常、较为粗壮、须根较多。随着IBA浓度的升高,生根率逐渐降低,3种类型甜瓜材料在含0.5 mg·L⁻¹ IBA的培养基上生根率与0.1 mg·L⁻¹ IBA相比显著降低,根系明显变细且根量减少。在培养基中添加不同浓度的IAA

表3 不同激素浓度对生根率的影响

培养基编号	ρ /(mg·L ⁻¹)		不同基因型甜瓜材料生根率/%			根系生长状态
	IBA	IAA	M2	M32	M265	
1	0.1	0.0	86.7±1.52 a	91.1±2.71 a	89.2±2.10 a	根系粗壮,形态正常,须根较多
2	0.3	0.0	83.6±2.22 ab	85.6±1.69 b	88.1±1.52 ab	根系粗壮,形态正常,须根较少
3	0.5	0.0	79.8±2.35 bc	82.6±2.57 bc	84.6±0.65 bc	根系较细,主根少,须根少
4	0.0	0.1	80.5±1.67 bc	83.9±1.15 bc	87.7±2.08 ab	根系较细,主根少,须根多
5	0.0	0.3	77.8±2.59 c	83.5±0.87 bc	82.5±1.25 cd	根系较细,主根少,须根少
6	0.0	0.5	76.7±2.08 c	80.8±2.55 c	79.4±3.07 d	根系较细,主根少,须根少

时,厚皮型M2和厚薄皮M32的生根率无显著性差异;薄皮类型M265在0.1、0.3 mg·L⁻¹ IAA的培养基上生根率差异显著,但均低于添加同样浓度的IBA。所有类型甜瓜材料在IAA培养基上生根速度快,但根系较细,根量较少,不利于试管苗移栽成活。在不定芽生根的过程中也存在玻璃化现象,研究发现在生根培养基中添加3 g·L⁻¹的活性炭能使培养中玻璃化苗比例下降且根系生长健壮(图2)。甜瓜再生植株最佳的生根培养基为MS+0.1 mg·L⁻¹ IBA+3 g·L⁻¹活性炭。

3 讨论与结论

合适的激素种类和浓度配比是影响甜瓜再生

效率的关键因素,首先表现在对不定芽的诱导上。6-BA是诱导出不定芽的必需激素^[2,16-18]。IAA对不定芽诱导影响较小,但合适配比的6-BA与IAA共同使用可以提高不定芽诱导率^[18]。以往的甜瓜再生体系研究中,其激素种类和浓度配比因甜瓜品种差异而有所不同。笔者在本试验中以具有高再生能力的甜瓜材料BU-21/3(*C. melo* var. *inodorus*)和研究甜瓜再生体系常用的Védraçais(*C. melo* var. *cantalupensis*)为对照,对比了甜瓜自交材料在含有不同激素浓度配比培养基上的再生效率,以筛选适用于不同类型甜瓜再生体系。发现适当质量浓度的6-BA(1.0 mg·L⁻¹)对甜瓜不定芽的诱导有促进作用;6-BA质量浓度过高(2.0 mg·L⁻¹)不但不利于诱

导不定芽,而且会再生出很多畸形芽,玻璃化严重,难以发育成正常植株。本试验中所用的不同类型8个甜瓜材料中,除M250外,其他材料在MS+6-BA $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 上的不定芽诱导率最高,M250在添加 $0.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ IAA的培养基上不定芽诱导率最高,其他类型甜瓜在添加IAA后反而会使诱导率降低,这可能是由于外植体内含有内源生长素,内源生长素含量高的品种在组培过程中添加IAA,会抑制不定芽的诱导。在相同培养条件下,不同基因型材料诱导率存在差异,薄皮甜瓜的再生能力高于厚皮类型和厚薄皮类型。

影响甜瓜不定芽诱导率的另一重要因素是外植体苗龄,本试验中所用的不同基因型甜瓜子叶均在3d苗龄时表现出最高的诱导效率。在以往的研究中,针对不同品种甜瓜最佳苗龄范围从2~6d不等,苗龄增大后,不定芽诱导率迅速下降,超过10d苗龄的甜瓜子叶几乎不能诱导出不定芽^[2,7,8,13,19-21]。这可能与甜瓜子叶的内源激素有关,苗龄小的子叶内源激素水平较高,细胞全能性较好,与外源激素协同作用有利于不定芽高效诱导^[8]。

在植物组织培养生根过程中常用的激素有萘乙酸(NAA)、IBA和IAA,不同激素对甜瓜不定芽的生根影响不同。有研究表明NAA无论浓度高低都对甜瓜品种生根诱导存在抑制作用^[2,5,7]。故而本试验中并未设置NAA浓度条件。低浓度的IBA和IAA,对甜瓜的生根诱导有一定的促进作用^[5]。当IAA浓度较高时容易诱导愈伤组织的形成,使根的形成受到抑制^[3,18]。笔者的研究显示,M2、M32和M265的不定芽在添加 $0.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ IBA的MS培养基上生根率最高,且根系生长状态良好。添加IAA的培养基生根率低,主根少且细,不利于后续再生苗移栽成活,添加IBA生根状态明显好于添加IAA的培养基。

笔者在本试验中通过对不同类型甜瓜再生体系进行系统优化,发现3d苗龄的甜瓜子叶最适合进行不定芽的诱导,并且在含有 $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 6-BA的MS培养基上不定芽诱导率较高。不定芽在MS+ $0.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 6-BA+ $0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ IAA培养基上伸长状态最好,在含有 $0.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ IBA和 $3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 活性炭的培养基上生根最优。笔者在本试验中建立的适合不同基因型甜瓜的高效再生体系,为后续通过遗传转化进行甜瓜种质定向改良奠定了基础。

参考文献

- [1] 陶兴林,黄永红,陆璐,等.2个甜瓜品种高效再生体系的建立[J].西北植物学报,2005,25(4):806-811.
- [2] 胡莹,冷平,王福军,等.京玉1号甜瓜高效再生体系的建立[J].中国农业大学学报,2009,14(1):99-103.
- [3] 孔维萍,程鸿,苏永全,等.西甜瓜组织培养与遗传转化影响因素研究进展[J].长江蔬菜,2010(12):1-4.
- [4] 付秋实,谭明明,王焯,等.不同甜瓜品种再生体系的比较研究[J].中国瓜菜,2015,28(2):5-8.
- [5] 肖守华,赵善仓,王崇启,等.厚皮甜瓜高效再生体系的建立[J].山东农业科学,2007(4):35-39.
- [6] 冯凤娟,梁东,马锋旺,等.甜瓜叶片高效再生体系的建立[J].西北农业学报,2008,17(5):327-330.
- [7] 侯丽霞,何启伟,赵双宜,等.薄皮甜瓜自交系高效组织培养技术的研究[J].山东农业科学,2006(3):7-10.
- [8] 贾卓男,齐红岩,谢晓雪.网纹甜瓜离体再生体系的研究[J].沈阳农业大学学报,2008,39(3):354-357.
- [9] KISS-BÁBA E, PÁNCZÉL S, VELICH I, et al. Influence of genotype and explant source on the in vitro regeneration ability of different melon varieties[J]. Acta Biologica Hungarica, 2010, 61(4):498-511.
- [10] 蔡润,黄伟华,潘俊松,等.甜瓜子叶离体培养直接再生不定芽的形态学和解剖学观察[J].武汉植物学研究,2002,20(5):338-342.
- [11] 武云鹏,张若纬,彭冬秀,等.薄皮甜瓜‘花雷’再生体系的建立[J].中国瓜菜,2018,31(11):36-39.
- [12] 辛建华,苑育文,张永华.甜瓜不同外植体诱导研究[J].北方园艺,2007(8):35-37.
- [13] 杜姗姗,李思怡,王东,等.新疆甜瓜‘伽师’再生体系的建立[J].北方园艺,2016(16):89-92.
- [14] 朱新霞,孙黎,陶春萍.甜瓜离体再生继代培养中玻璃化现象的研究[J].西北植物学报,2006,26(7):1468-1472.
- [15] 潘琼玉,田丽波,商桑,等.葫芦科主要蔬菜再生体系建立影响因素的研究进展[J].热带农业科学,2018,38(1):46-52.
- [16] GONSALVES C, XUE B D, YEPES M, et al. Transferring cucumber mosaic virus-white leaf strain coat protein gene into *Cucumis melo* L. and evaluating transgenic plants for protection against infection[J]. Journal of American Society Horticulture Science, 1994, 119(2):345-355.
- [17] GALPERIN M, PATLIS L, OVADIA A, et al. A melon genotype with superior competence for regeneration and transformation[J]. Plant Breeding, 2003, 122(1):66-69.
- [18] 骆开明.甜瓜再生体系的建立[J].安徽农业科学,2008,36(11):4419-4423.
- [19] 田芳,姚兆群,陈美秀,等.甜瓜“黄旦子”再生体系的建立[J].北方园艺,2017(9):85-88.
- [20] 王爱玲,张敏,廖新福,等.甜瓜“黄醉仙”下胚轴再生体系的初步建立[J].北方园艺,2013(12):100-103.
- [21] HU J B, GAO L Y, XU Y B, et al. Microsatellite markers reveal genetic diversity and relationships within a melon collection mainly comprising Asian cultivated and wild germplasms[J]. BioMed Research International, 2019: 1-10.