

番茄种子接种 ACC 脱氨酶细菌对其种苗生长的影响

何登科, 章有知

(长春师范大学 生命科学学院, 吉林 长春 130032)

摘要:以 3 种 ACC 脱氨酶细菌和“神州粉冠”番茄为试材,在与水平面所成角度为 0° 和 90° 的培养皿中,采用 2 层滤纸夹种子的三明治形式培养番茄幼苗 4 d,测量了番茄幼苗的根长和下胚轴长,研究接菌时间和重力效应在幼苗生长上所产生的影响。结果表明:2 种摆放方式在幼苗的根长和下胚轴长上产生具显著性差异的效果, 90° 比 0° 在根长上增加 42.8%,下胚轴长增加 58.8%,说明重力因素在幼苗的生长中具有重要影响; 90° 组中,筛选到的 ACC 脱氨酶细菌菌体悬浮液在番茄种子萌发前和萌发后接菌的试验结果显示,2 种接菌过程对番茄幼苗的根长和下胚轴长的影响存在差异,说明促进生长的效应对种子的接菌时间存在依赖性,并且和细菌本身的 ACC 脱氨酶活性存在相关性。

关键词:ACC 脱氨酶细菌;番茄幼苗;重力;乙烯;IAA

中图分类号:S 641.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)18-0018-05

ACC(1-氨基环丙烷-1-羧酸)脱氨酶细菌可以调节植物内源性乙烯。根据 Glick 的机制模型^[1],活跃在植物根际的 ACC 脱氨酶细菌可将植物分泌到根表的乙烯直接前体 ACC 分解成 α -丁酮羧酸和氨^[2-5],降低了 ACC 在根表的浓度,从而间接的减弱了乙烯的合成水平。Glick 等^[2]已证明,可合成 ACC 脱氨酶并能利用 ACC 为氮源的细菌都是植物生长促进菌(简称为 PGPR)。

在植物体内,乙烯已经被公认是一种植物激素^[6-8],并且广泛地存在于植物根、茎、叶、花、果实和种子等器官和组织中,含量在 $0.01 \sim 10.00 \text{ nL} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,非常低^[9]。大量的试验结果表明,乙烯对植物生长的作用在于调节 RNA 和蛋白质的合成。同时能进行自身的正负反馈调节^[10-14]。在植物的生长发育过程中,乙烯能促进根的形成,并与植物幼苗上胚轴的负向地性有密切关系^[15]。

有研究报道,当 ACC 脱氨酶活性细菌附着在种子表皮时,能通过分解 ACC 来调节植物内源乙烯的水平,特别是在播种后的几天内,此种促生作用还可提高植物幼苗成活率^[3]。然而在种子萌发期(胚根突破种皮前),较高浓度的乙烯可以促进种子的萌发^[4],接种 ACC 脱氨酶细菌可能会降低种子萌发时对较高浓度乙烯的要求,导致种子延缓萌发。这意味着对种子进行 ACC 脱氨酶细菌的接种试验需要对接菌时间进行选择。

有研究者通过斜置培养皿培养番茄的试验证明,

ACC 脱氨酶细菌具有促生的能力^[16]。此外,分离的促生菌也可能具有分泌生长素(IAA)的能力,且幼苗在生长过程中其体内的生长素会受到重力影响从而对幼苗生长产生影响。这就意味着在利用 ACC 脱氨酶细菌接菌植物的试验中,要考虑 IAA 可能产生的重力效应。

该试验对接种 ACC 脱氨酶细菌的番茄种子在接菌时间对幼苗生长和在重力效应上所产生的影响进行了研究,并分析讨论了其可能原因。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试番茄 F_1 “神州粉冠”购自蔬菜种子市场;SY-1-1、SY-1-2、CS-2 冻存液(均为按“ACC 脱氨酶细菌的筛选方法”筛选的细菌)。

MJP-250 培养箱;BECKMAN M3R(F)-IM-高速冷冻离心机;THZ-312 台式恒温振荡器;T9 新悦分光光度计。

TSB 培养基^[5];PAF 培养基;ACC 购于 Sigma 公司;DF 培养基;沙尔科夫斯基试剂;5 mg/mL 的色氨酸溶液;70%的乙醇溶液;1%的次氯酸钠溶液。

1.2 试验方法

1.2.1 细菌分泌 IAA 能力的测定 取 100 μL 冻存的 ACC 脱氨酶活性细菌的菌液,加到 9 mL 无氮 DF 培养基中,加 1 mL 5 mg/mL 的色氨酸溶液,于 28°C 、200 r/min 的条件下培养 40 h。培养结束后,在 10 000 r/min、室温的条件下离心菌液 10 min,取 1 mL 的上清液加到试管

中,再加 4 mL 沙尔科夫斯基试剂,充分混合后于室温下反应 20 min 后在 535 nm 下比色,对照用同样比例的无氮 DF 培养液和色氨酸的混合液 1 mL 加到 4 mL 的沙氏试剂中,反应 20 min。将测定的 OD 值与标准曲线对照,计算细菌产生 IAA 的量。

1.2.2 菌体悬浮液的制备 取 100 μ L 冻存菌液加到 20 mL 的 TSB 培养基里,28℃、200 r/min 条件下培养 18 h。后在 4℃、8 000 \times g(相对离心力)条件下离心 10 min,弃去上清液,用无菌水悬浮菌体,并使 600 nm 下的 OD 值在 0.5 \pm 0.05 左右。

1.2.3 番茄幼苗的培养 用 70% 的乙醇溶液浸泡种子 1 min,接着用 1% 的次氯酸钠溶液浸泡种子 10 min,后用无菌水冲洗 5 次。将种子放于直径 15 cm、经高压湿热灭菌、内垫有双层滤纸的培养皿内(12 颗/皿),使种子和滤纸呈三明治形式排列,每个处理组设 5 次重复。在每个培养皿内加 5 mL 菌体悬浮液(对照组加 5 mL 无菌水,浸泡处理时全部加无菌水),培养箱内 28℃ 下培养皿和水平面成 0° 和 90°(对照组后加 20°、45°)培养,见图 1 所示。每天加无菌水 5 mL,以保持水分的供应。4 d 后测量根长和下胚轴长。

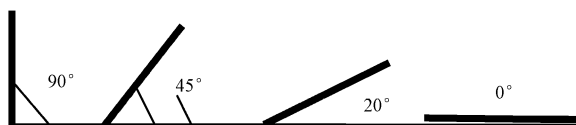


图 1 培养皿和水平面所成的不同角度

Fig. 1 The different angels between culture dish and level

1.3 项目测定

1.3.1 ACC 脱氨酶细菌的筛选方法和 ACC 脱氨酶活性测定 取芦苇根部和棉花根部的土壤进行 ACC 脱氨酶细菌的筛选,参照刘维红等^[5]的方法,ACC 脱氨酶活性测定参照倪为民等^[16]的方法。

1.3.2 ACC 脱氨酶活性细菌分泌 IAA 能力的测定 IAA 标准曲线的制备:取 0.1 mg/mL 的 IAA 贮备液,按表 1 中的用量配制系列浓度的 IAA 溶液。取 1 mL IAA

表 1 IAA 标准液浓度

Table 1 The concentration of IAA standard solutions

IAA 浓度 IAA concentration /(μ g \cdot mL ⁻¹)	IAA 贮备液用量 IAA reserve liquid dosage/mL	双蒸水用量 Double distilled water dosage/mL	最终溶液体积 The final solution volume/mL
0	0	10.0	10.0
1	0.1	9.9	10.0
2	1.2	9.8	10.0
5	0.5	9.5	10.0
10	1.0	9.0	10.0
20	2.0	8.0	10.0
40	4.0	6.0	10.0

系列浓度溶液加 4 mL 的沙尔科夫斯基试剂,室温条件下反应 20 min 后在 535 nm 下比色,每个浓度重复 3 次,取平均值,以 OD 值为纵轴,IAA 浓度为横轴做标准曲线。

1.4 数据分析

试验数据采用 SPSS 19.0 软件进行统计分析,采用 2 个独立样本 T-检验,显著性检验 P 值为 0.05,极显著性检验 P 值为 0.01。

2 结果与分析

2.1 细菌 ACC 脱氨酶活性和分泌 IAA 能力

从图 2 分离提取的细菌 ACC 脱氨酶活性和分泌 IAA 能力的测定结果可以看出,SY-1-2 细菌没有分泌 IAA 的能力,仅具有 ACC 脱氨酶活性;SY-1-1 具有较强的分泌 IAA 的能力和 ACC 脱氨酶活性;而 CS-2 则具有一定的分泌 IAA 的能力和最强的 ACC 脱氨酶活性。

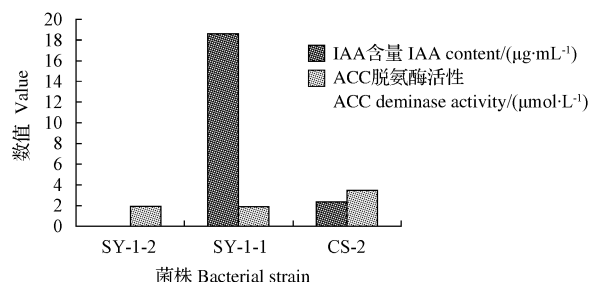


图 2 各菌株 ACC 脱氨酶活性和分泌 IAA 能力

Fig. 2 ACC deaminase activity and IAA-secreting capacity of each bacteria's

2.2 0°、20°、45°和 90°的培养皿放置方式

无菌水的对照组中,0°和 90°下番茄幼苗的根长和下胚轴长见表 2。非参数检验 2 个独立样本检验结果表明,根长和下胚轴长的 Mann-whitney U、Kolomogorov-Smirnov Z、Moses extreme reactions 和 Wald-Wolfowitz runs 等 4 种方法计算的 P 值均为 0.000,小于 0.01,表明此时 0°和 90°2 种培养方式之间在根长和下胚轴长上存在显著性差异,也说明种子的放置方向显著性地影响幼苗根和下胚轴的伸长生长。

表 2 0°和 90°番茄幼苗根长和下胚轴长

Table 2 The length of roots and hypocotyl under the treatment of 0° and of 90° group

角度 Angle	根长 Root length/mm	下胚轴长 Hypocotyl length/mm
0°	37.84 \pm 3.295	9.49 \pm 1.096
90°	54.02 \pm 3.548	15.07 \pm 1.103

在培养时间相同的条件下,放置方向产生的差异究其原因和根和下胚轴细胞生长速度的不同。这 2 种方式的差异原因在于,幼苗的延伸方向与重力方向的夹

角。因为重力对生长素的影响和生长素与植物细胞纵向伸长的密切关系。生长素在植物体内的运输途径,通常不是通过韧皮部筛管或木质部,而是通过与维管束联系的薄壁组织细胞^[17]。生长素在薄壁组织细胞中的运输有不受重力影响的极性运输和受重力影响的横向运输。

生长素极性运输化学渗透偶联学说的基本观点^[16]:在酸性的细胞壁中,生长素以弱酸的形式经载体协同运输或自由扩散的方式进入细胞;一旦进入中性的细胞质,生长素主要以离子的形式存在并在细胞中大量积累;离子形式的生长素通过分布于细胞基部的离子载体顺浓度梯度输出细胞,正是由于输出载体在细胞中的极性分布决定了生长素的极性运输;生长素极性运输所需的能量是由跨膜质子电位提供的。而生长素输入载体^[18]和输出载体^[19]的证实为其极性运输提供了更精细的证明。由此,不难推测,生长素输入载体和输出载体只分布在沿生长素极性运输方向的薄壁组织的细胞上。

Hsenstein 等^[18]对根向地弯曲的研究结果认为,水平放置的植物体内的 IAA 受到重力影响而在空间分布上产生了不同,重力影响植物生长素的向基式运输。在植物体内产生的 IAA 一定的情况下,水平放置使基式运输的 IAA 量减少,0°的培养组的试验结果表明,这种减少带来的是一种生长缓慢现象。以此推理,90°培养的幼苗不存在这种影响,生长最好,小于 90°的其它锐角应该处于 0°和 90°2 种情况之间,根和下胚轴的生长速度也介于其间。番茄种子 0°、20°、45°和 90°培养 4 d 的根长和下胚轴长的均值见图 3。多重比较结果表明,0°和 20°之间的均值无显著性差异,45°和 90°之间的均值无显著性差异,0°与 20°、45°与 90°之间都存在显著性差异。

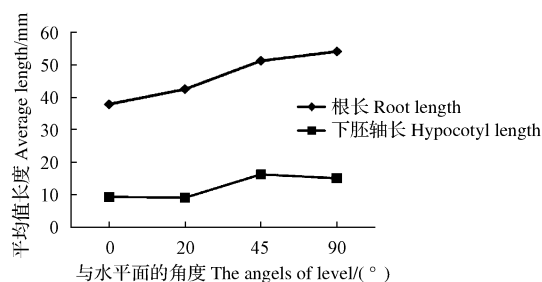


图 3 对照处理组各角度下根长、下胚轴长变化曲线图

Fig. 3 The curve of root length and hypocotyl length in the check group

综合以上试验结果可知,当幼苗生长的延伸方向和重力方向一致或者延伸方向与重力方向的夹角变小时,幼苗呈现良好的生长效果,即当幼苗生长的向地性可以被满足或接近于满足时,幼苗生长良好。

另外,下胚轴曲线的变化较根长的变化曲线平缓,也表明根对这种方向的敏感性强于下胚轴,而根对生长

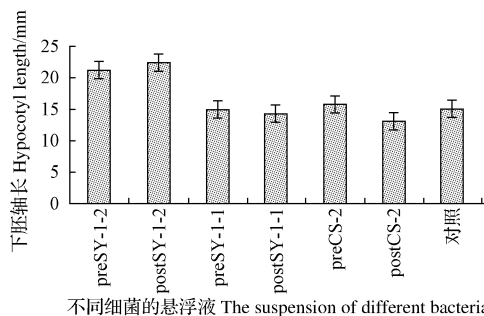
素的变化比茎更具有敏感性,也可以推测各个不同角度的摆放方向下产生的不同效应有可能是由于重力对生长素的影响造成的。

2.3 接菌时间和细菌

在 90°的培养条件下,用筛选得到的 SY1-2, SY-1-1 和 CS-2 3 种 ACC 脱氨酶细菌菌体悬浮液分别在番茄种子萌发前和萌发后接菌。

从图 4 和图 5 可以看出, SY-1-2 细菌促进番茄幼苗根和下胚轴的生长, SY-1-1 和 CS-2 细菌对下胚轴生长的促进效果不明显,对根的生长则有一定的抑制作用。说明不同的 ACC 脱氨酶细菌在番茄幼苗的作用上有不同的效果。

从显著性差异的角度来分析, CS-2 种子萌发前和萌发后接菌的结果并不相同,说明接菌时间的选择可以产生不同的效果; SY-1-2 则不存在接菌时间的选择效应; SY-1-1 则在下胚轴长和根长的效果不一致。



注: pre 指萌发前, post 指萌发后。下同。

Note: pre shows pre-germination, post shows post-germination. The same below.

图 4 不同处理后的下胚轴长

Fig. 4 Hypocotyl length under different bacteria suspensions

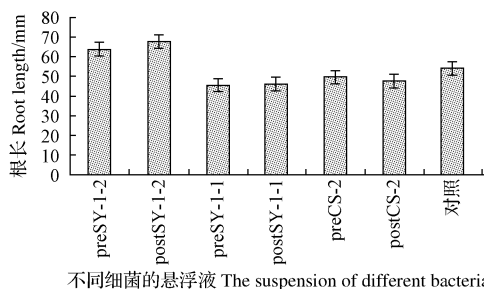


图 5 不同处理后的根长

Fig. 5 Root length under different bacteria suspensions

3 讨论

通过番茄种子的培养试验,证明了用 ACC 脱氨酶细菌对种子接菌的研究中存在的因子有重力效应、接菌时间和细菌种类。

植物生长促进菌促进植物生长的最重要机理之一,

因为它可以降低植物体内乙烯的水平。Glick 等^[2]建立的 ACC 脱氨酶细菌与植物的相互作用模型为:附着于种子或者发育中的植物根部的 ACC 脱氨酶细菌利用种子或者根部表面的色氨酸和其它小分子物质合成并分泌 IAA, 部分 IAA 被植物吸收后和植物内源性的 IAA 一起, 促进植物细胞的繁殖和伸长。此外, IAA 可以刺激转化 S 腺苷甲硫氨酸为 ACC 的 ACC 合成酶的活力(因为 S 腺苷甲硫氨酸在甲基化和多胺的合成中会被利用, 所以微量的 S 腺苷甲硫氨酸转化成 ACC 不会对其含量的稳定造成影响)。ACC 和种子或者根部的其余小分子分泌物一起, 被细菌吸收并被 ACC 脱氨酶水解成氨和 α -丁酮羧酸, 降低植物外部的 ACC。为了维持植物内外的 ACC 平衡, 植物必须分泌大量的 ACC。ACC 在植物体内的减少至少会产生 2 种结果, 即植物体内乙烯水平的减少和植物幼苗根伸长的抑制性程度的减弱。与此同时也证明过量产生 IAA 的突变菌株在番茄上对植物的生长表现抑制性。这种抑制效应的简单解释为, IAA 和 ACC 合成酶相互作用, 刺激了过量的 ACC 合成, 使其转化成乙烯。这也是 IAA 刺激乙烯生成的原因。

由试验结果可知, 在 90°培养组, 只具有 ACC 脱氨酶活性的菌株可以促进番茄幼苗的生长, 而具有分泌 IAA 能力的菌株则不能促进番茄幼苗的生长。IAA 在植物上具有比较复杂的效应, 如在施用外源生长素类物质时, 通过细胞分裂和分化, 对早期根的产生和发育有促进作用, 对根的伸长有抑制效果。而且植物体内的两种激素, IAA 和乙烯之间也存在着相互作用的关系, IAA 促进乙烯的生成, 乙烯抑制 IAA 的极性运输^[16], 并可以促进 IAA 氧化酶的活性增强。总的结果是, 被幼苗吸收的 IAA 或者本身抑制植物根和下胚轴的伸长生长, 或者合成更多的 ACC, 乙烯的水平不能被降低, 导致高含量乙烯抑制幼苗生长。此外, 另一个较为复杂的问题就是细菌分泌 IAA 能力和 ACC 脱氨酶活性能力共同在幼苗上的表现也值得进一步研究。

重力通过影响植物内源性 IAA 的分布间接地影响幼苗的生长。可见在对植物进行培养以验证 ACC 脱氨酶促生菌的促生能力时种子的放置方向是必须考虑的因素, 它可能会直接的影响试验结果, 从而使研究者得出与实际不相符合的结论。

在接菌时间的选择上, 有促进效应的 ACC 细菌在对种子进行催芽后再行接菌。因 ACC 脱氨酶细菌本身特殊的促生机理, 种子萌发前的接菌会延缓种子的萌发, 从而对试验效果产生影响, 而种子经萌发后的接菌则可以避免这种延缓的效应, 起到促生的作用。

不同的细菌在影响番茄幼苗的生长上具有不同的

效应, 可能是细菌和植物的相互选择性造成的结果, 也可能是细菌本身具有的其它性质所造成的。

参考文献

- [1] Bernard R, Penrose G D, Li J P. A model for the lowering of plant ethylene concentrations by plant growth-promoting bacteria[J]. J Theor Biol, 1998, 190:63-68.
- [2] Glick B R, Karaturovic D M, Newell P C. A novel procedure for rapid isolation of plant growth-promoting pseudomonads[J]. Can J Microbiol, 1995, 41:533-536.
- [3] Glick B R, Jacobson C B, Schwarze M M K. 1-A-minocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase mutants of the plant growth promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2 do not stimulate canola root elongation[J]. Can J Microbiol, 1994, 40:911-915.
- [4] 黄学林. 种子萌发和幼苗生长的抗逆能力与乙烯产生及组织对乙烯敏感性的变化[J]. 植物学通报, 1995, 12(2):32-37.
- [5] 刘维红, 闫淑珍, 杨启银, 等. ACC 脱氨酶活性细菌筛选及其对番茄初生苗生长的影响[J]. 江苏农业科学, 2006(2):80-84.
- [6] Nickell L G. Plant growth regulators, agricultural uses[M]. Berlin: Springer Verlag, 1982.
- [7] Yang S F, Hoffman N E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants[J]. Ann Rev Plant Physiol, 1984, 35:155-189.
- [8] Abeles F B, Morgan P W, Saltveit M E. Ethylene in Plant Biology[M]. 2nd. New York: Academic Press, 1992.
- [9] Kosugi Y, Naoko O, Shigeru S, et al. Inhibition by 12 aminocyclobutane 2 12 carboxylate of the activity of 12 aminocyclopropane 2 12 carboxylate oxidase obtained from senescing petals of carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) flowers[J]. Plant Cell Physiol, 1997, 38(3):312-318.
- [10] 李明亮, 韩一凡. 乙烯在植物生长发育和抗病反应中的作用及其生物合成的反义抑制[J]. 林业科学, 2000, 36(4):77-84.
- [11] Zeroni M, Galil J, Ben Y S. Autoinhibition of ethylene formation in non-ripening stages of the fruit of sycamore fig (*Ficus sycomorus* L.) [J]. Plant Physiol, 1976, 57:647-650.
- [12] Suttle J C, Kende H. Methionine metabolism and ethylene biosynthesis in senescing petals of *Tradescantia* [J]. Phytochem, 1980, 19:1075-1079.
- [13] Hyodo H, Tanaka K, Yoshisaka J. Induction of 1 aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase in wounded tissue of winter squash fruit and effects of ethylene[J]. Plant Cell Physiol, 1985, 26:161-167.
- [14] Inaba A, Nakamura R. Effect of exogenous ethylene concentration and fruit temperature on the minimum treatment time necessary to induce ripening in banana fruit[J]. J Japan Soc Hort Sci, 1986, 55:348-354.
- [15] Kende H. Ethylene biosynthesis[J]. Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol, 1993, 44:283-307.
- [16] Ni W M, Chen X Y, Xu Z H, et al. Current research advances on polar auxin transport[J]. Journal of Integrative Plant Biology, 2000, 42(3):221-228.
- [17] Delbarre A, Muller P, Imhoff V, et al. Comparison of mechanisms controlling uptake and accumulation of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid, naphthalene-1-acetic acid in suspension-cultured tobacco cells[J]. Planta, 1996, 198:532-541.
- [18] Hasenstein K H, Evans M L. Effects of cations on hormone transport in primary roots of *Zea mays* [J]. Plant Physiol, 1988, 86:890-894.
- [19] Muller A, Guan C, Galweiler L, et al. At Pin2 defines a locus of Arabidopsis for root gravitropism control[J]. EMBO J, 1998, 17:6903-6911.

父母本与多倍体西瓜着色秕籽的相关性研究

高 强¹, 王惠林^{1,2}, 郑 健², 李俊阁¹, 杨 咪¹

(1. 新疆农业大学 林学与园艺学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 国家瓜类工程研究技术中心, 新疆 昌吉 831100)

摘 要:以 10 个二倍体西瓜纯系(6 个普通西瓜亚种、1 个籽瓜变种、1 个饲用西瓜亚种、1 个粘籽西瓜亚种、1 个野生西瓜 *Citrullus rehmii* 种)和 6 个四倍体普通西瓜纯系(二倍体西瓜纯系中 6 个普通西瓜诱变加倍获得)为试材, 配制 60 个三倍体杂交组合和 36 个四倍体组合, 研究父母本及父母本亲缘关系远近对多倍体西瓜着色秕籽的影响。结果表明: 用平方欧氏距离衡量父母本的遗传距离并聚类, 父母本的亲缘关系远近与三倍体西瓜的着色秕籽数无显著的线性相关关系; 父母本对三倍体西瓜的着色秕籽影响差异显著, 影响最大的分别是 S660 和 TS660; 相同亲缘关系的三倍体组合和四倍体组合的单瓜着色秕籽数量极显著相关, 相关系数为 0.578。

关键词:多倍体西瓜; 父母本; 亲缘关系; 着色秕籽; 相关

中图分类号:S 651 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)18-0022-05

植物新品种是指经过人工选育或对发现的野生植物加以开发, 具有新颖性、特异性、一致性和稳定性并有适当命名的植物品种。我国现今推广的西瓜新品种, 亲缘关系近, 遗传基础狭窄, 同源性高^[1-2]。我国的西瓜种质资源大多来自于美国、日本及一些国内的本土品种^[3]。

无籽是三倍体无籽西瓜区别于有籽西瓜的优良性状, 广受消费者的青睐。着色秕籽是种皮硬化、着色的空瘪子。在新疆西域种业育种试验地中, 多数配制的三倍体西瓜 F₁ 代有很多的着色秕籽, 一些无籽西瓜新品种选育的组合也出现了着色秕籽^[4-5]。李文信等^[6]用广西 401 四倍体做母本所配组合普遍存在有个别瓜出现少量硬黑秕籽。综上所述, 由于四倍体西瓜诱变数目少, 种质资源的遗传基础狭窄, 认为父母本亲缘关系远近是三倍体无籽西瓜形成的重要原因。该试验首先利用 SPSS 统计软件进行聚类分析来研究所有材料间的亲缘关系, 估算出遗传距离, 再用遗传距离与组合单瓜着

第一作者简介:高强(1988-), 男, 硕士研究生, 研究方向为西瓜甜瓜遗传育种。E-mail: ziguangyuhansn@126.com.

责任作者:王惠林(1968-), 男, 硕士, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为西瓜甜瓜抗病育种。E-mail: wanghuilin@126.com.

收稿日期:2014-04-21

Effect of Factors Probe of ACC Deaminase Bacteria's Action on the Tomato Seedlings' Growth

HE Deng-ke, ZHANG You-zhi

(Life Science College, Changchun Normal University, Changchun, Jilin 130032)

Abstract: Using three kinds of ACC deaminase bacteria and tomato seeds 'Shenzhou Fenguan' as experimental materials, tomato seeds were placed between the two sheets of filter to form a kind of sandwich pattern, and cultured them in the culture dishes which put at the angle of 0° and 90° between dishes and the water level for four days. The results indicated that the influence of tomato seedlings given was that there was a significant deviation on the seedlings' root length and hypocotyl length between the direction-placing patterns in the check group, the 90° group was longer than the group 0° in two indexes, which were up to 42.8% and 58.8% respectively, it meant that not ignorable that gravity's role in the tomato seedlings' growth. In the 90° group, the ACC deaminase bacteria selected by us, with their suspension liquid before its germination and after it, showed the same results as former, thus it meant that the effect of promoting growth was independent on inoculation timing, and was correlative with ACC deaminase activity of itself.

Keywords: ACC deaminase bacteria; tomato seedling; gravity; ethylene; IAA