广东农业科学 2022，49（10）：1-8
Guangdong Agricultural Sciences DOI:10.16768/j.issn.1004-874X.2022.10.001

麦培婷，梁绍芳，周利长，宫超，罗少波，孙保娟，衡周，李涛 . 不同激素处理对假酸浆种子萌发的影响［J］. 广东农业科学，2022，49（10）：1-8.

不同激素处理对假酸浆种子萌发的影响

麦培婷[1]，梁绍芳[1]，周利长[2]，宫　超[1]，罗少波[1]，孙保娟[1]，衡　周[1]，李　涛[1]
（1. 广东省农业科学院蔬菜研究所 / 广东省蔬菜新技术研究重点实验室，广东 广州　510640；
2. 乳源瑶族自治县农业技术推广中心，广东 乳源　512799）

摘　要：【目的】假酸浆因种子外被胶质严重影响种子的萌发，探究不同处理对假酸浆种子萌发的影响，增加其种子的萌发率。【方法】以假酸浆种子为试材，采用随机区组法，设置种子放置在纱布上 4 ℃低温处理，以及赤霉素（GA_3）、6- 苄氨基腺嘌呤（6-BA）和萘乙酸（NAA）的 MS 培养基处理，定期观察并作记录。【结果】与常温对照相比，种子放置在纱布上 4 ℃低温处理显著促进假酸浆种子萌发，以处理 48 h 发芽率最高为 25 个百分点。MS 培养基添加激素处理中，10 mg/L GA_3 处理假酸浆种子发芽率和发芽指数分别为 92.00% 和 9.58，比 CK 分别提高 4.27 个百分点和 1.33；1 mg/L 6-BA 处理假酸浆种子发芽率最高、为 96.63%，2 mg/L 6-BA 处理发芽势最高、为 73.33%，比 CK 分别增加 8.9 个百分点和 10.07 个百分点；1、2 mg/L NAA 处理假酸浆种子发芽率均为 88.86%，但发芽势和发芽指数均比 CK 低；与 CK 相比，10、50 mg/L GA_3 处理假酸浆种子下胚轴长度显著增加，而 6-BA 和 NAA 处理的下胚轴长度显著降低。【结论】低温处理能够显著促进假酸浆种子萌发，MS 培养基添加低浓度激素处理均能提高假酸浆种子的发芽率，通过发芽率、发芽势、发芽指数和下胚轴长度综合比较，假酸浆种子的最佳激素处理为 MS+10 mg/L GA_3。

关键词：假酸浆；激素浓度；种子萌发；下胚轴；赤霉素
中图分类号：S567.21+9　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1004-874X（2022）10-0001-08

Effects of Different Hormone Treatments on Germination of *Nicandra physaloides* Seeds

MAI Peiting[1], LIANG Shaofang[1], ZHOU Lichang[2], GONG Chao,[1]
LUO Shaobo[1], SUN Baojuan[1], HENG Zhou[1], LI Tao[1]
（1. *Vegetable Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences / Guangdong Key Laboratory for New Technology Research of Vegetables, Guangzhou* 510640, *China;*
2. *Ruyuan Yao Autonomous County Agricultural Technology Extension Center, Ruyuan* 512799, *China*）

Abstract:【Objective】The seed germination of *Nicandra physaloides* was seriously affected by external colloid. The study was conducted in order to explore the effects of different hormone treatments on germination of *N. physaloides* seeds and increase the seed germination rate.【Method】The seeds of *N. physaloides* were used as test materials, and the random block method was used to set 4 ℃ low temperature treatment with seeds put on gauze and MS medium treatments of gibberellin (GA_3), 6-benzylaminopurine (6-BA) and naphthylacetic acid (NAA), and the results of the four treatments were

收稿日期：2021-07-14
基金项目：广东省重点领域研发计划项目（2020B0202090002）；广东省对外科技合作项目（2020A0505020006）；广东省农业科技创新及推广项目（2022KJ106）；广东省农业科学院科技创新战略专项资金（高水平农科院建设）-人才项目（R2020PY-JX003）；广东省农业科学院院长基金（202030）
作者简介：麦培婷（1996—），女，研究实习员，研究方向为茄科蔬菜组织培养，E-mail：1179638010@qq.com
通信作者：李涛（1982—），男，博士，副研究员，研究方向为茄果类蔬菜分子育种，E-mail：tianxing84@163.com

regularly observed and recorded.【Result】Compared with the normal temperature control, low temperature treatment at 4 ℃ on gauze significantly promoted the germination of *N. physaloides* seeds, and the highest germination rate was 25% after 48 h of treatment. The germination rate and germination index of *N. physaloides* seeds treated with 10 mg/L GA_3 were 92.00% and 9.58, which were 4.27% and 1.33 higher than those of CK, respectively. The germination rate of the seeds treated with 1 mg/L 6-BA was the highest as 96.63%, and the germination potential of the seeds treated with 2 mg/L 6-BA was the highest as 73.33%, which were 8.9% and 10.07% higher than those of CK, respectively. The germination rate of the seeds treated with 1 and 2 mg/L NAA was 88.86%, but both the germination potential and germination index were lower than CK. Compared with CK, 10 and 50 mg/L GA_3 treatment significantly increased hypocotyl length, while 6-BA and NAA treatments significantly decreased hypocotyl length.【Conclusion】Low temperature treatment can significantly promote the germination of *N. physaloides* seeds, and low concentration hormone treatment on MS medium can improve the germination rate of *N. physaloides* seeds. Through comprehensive comparison of germination rate, germination potential, germination index and hypocotyl length, the best hormone treatment for *N. physaloides* seeds is MS + 10 mg/L GA_3.

Key words: *Nicandra physaloides*; hormone concentration; seed germination; hypocotyl; gibberellin

【研究意义】假酸浆（*Nicandra physaloides* L.）是茄科假酸浆属一年生草本植物[1]，别名蓝花天仙子、鞭打绣球，起源于南美洲，在我国主要分布于广东、广西、云南、贵州等地[2]。假酸浆作为药用植物，具有极高的药用价值，还具有较高的观赏价值和食用价值。假酸浆烯酮作为假酸浆叶片中的功能成分具有抗癌功效，其根部含有古豆碱、托品酮，具有清热解毒、祛痰止咳等作用，还能治疗狂犬病、精神病、风湿痛和感冒等疾病[3-5]。假酸浆观赏价值主要体现于叶片互生，花呈矢状，花萼球形，果五角形，具明显网状脉，花冠呈钟形，浆果为球形，可盆栽种植或作高级插花花材[4-5]；其食用价值主要体现在种子外面具有一层无毒、无色、无味且可食用的雾状胶质，此胶质可做成消暑解渴的凉粉和果冻，但其对种子萌发有一定影响，特别是自然条件下，种子外皮的胶质吸胀会降低发芽率，不同播种期的假酸浆种子发芽率均低于40%[6]；且假酸浆种子休眠期较长，对生长环境及光照都有很高的要求，影响了发芽率和人工种植速度，制约了大规模的推广种植[6]，因此探究假酸浆种子萌发的适宜条件具有重大意义。【前人研究进展】国内关于假酸浆的研究主要集中在种子胶质物质方面，如牛庆凤等[7]通过研究假酸浆籽中胶质多糖的结构及成胶特性，发现该胶质多糖是一种大分子果胶多糖，其空间结构为球形结构。陈梦洁等[8]通过对假酸浆子胶质构特性的研究，发现假酸浆胶球和海藻酸钠胶球两者以适合比例复配时有较好的质构特性。张慧等[9]通过研究不同因素对假酸浆多糖粘度的影响，发现假酸浆多糖的粘度随着浓度的升高而增加。国外关于假酸浆的研究主要集中在醉茄内酯类化合物的提取和功能方面[10-11]。在种子萌发方面，谢月英等[12]研究发现假酸浆种子在15/25 ℃变温条件下种子发芽率最高为84.3%，且低温冷藏能提高假酸浆种子萌发能力。黎娇凌等[6]研究发现细胞分裂素对假酸浆种子萌发的影响最大，培养基因素最小，当6-BA浓度为1 mg/L时，萌发率最高，达到56.00%。柳文杰等[3]通过使用不同浓度 GA_3 对假酸浆种子进行浸种处理，发现高浓度 GA_3 对打破种子休眠效果明显，浓度为2 000 mg/L时发芽率达到100%。前人虽然采用6-BA、NAA和 GA_3 对假酸浆种子进行处理，但是未进行三者之间的比较，也未进行不同培养条件的比较和验证种子的胶质是否有利于种子萌发。【本研究切入点】前人研究发现，变温条件和低温冷藏、组培中使用低浓度的细胞分裂素和生长素以及高浓度赤霉素浸种都有利于提高假酸浆种子的萌发率。在此基础上以假酸浆种子为研究对象，开展常温对照、4 ℃低温处理和不同激素及浓度处理研究，探索假酸浆种子萌发的最适条件。【拟解决的关键问题】本研究以假酸浆种子为原材料，研究其发芽率、发芽势、发芽指数等，旨在提高假酸浆种子的萌发率，为假酸浆的实际生产提供科学的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验从2020年7月29日开始，在广东省农业科学院广东省蔬菜新技术研究重点实验室进行。假酸浆种子由乳源瑶族自治县农业技术推广

中心周利长高级农艺师提供（2019 年 8 月种子成熟后采集，晾晒干燥后放干燥器保存）。采用从鼎国购买的 Murashige and Skoog（M519）、蔗糖、琼脂粉和植物激素。除此之外还需要培养皿、纱布、组培瓶、镊子、手术刀等实验工具。

1.2 试验方法

1.2.1 低温处理 选取大小均一、籽粒饱满的假酸浆种子，用 3% 次氯酸钠消毒处理 15 min，无菌水冲洗 3~5 次，再用 75% 的酒精消毒处理 30 s，无菌水冲洗 3~5 次，滤纸吸干，置于无菌水浸湿纱布的培养皿上。试验设置常温对照和 4 ℃处理（12、24、48 h），每个培养皿中放入 100 粒种子，每个处理 3 次重复，常温对照和 4 ℃处理后都会产生胶状物质，将每个处理的一半洗掉胶状物质，另外一半不洗，放入白天 26 ℃、夜晚 24 ℃，光照 16 h、黑暗 8 h 的培养箱中培养，6 d 后开始观察记录种子的发芽情况。

1.2.2 激素处理 先将假酸浆种子消毒，方法与 4℃低温处理相同，随后分别接种于 GA_3 浓度为 0（CK）、10、50、80、100 mg/L，6–BA 和 NAA 浓度为 1、2、5、10 mg/L 的 MS 培养基上，每个培养基放入 50 粒种子，3 次重复。在白天 26 ℃、夜晚 24℃，光照 16 h、黑暗 8 h 的培养箱中培养，6 d 后开始观察记录种子萌发情况，培养约 15 d 后下胚轴和子叶生长完成，测量下胚轴长度。

1.3 测定指标及方法

在研究不同处理对假酸浆种子萌发的影响阶段，测定不同处理假酸浆种子的萌发粒数、下胚轴的长度，并计算发芽率、发芽势和发芽指数。相关的计算公式如下[4]：

$$发芽率（\%）=\frac{正常发芽粒数}{供试种子数}\times 100$$

$$发芽势（\%）=\frac{发芽高峰期的发芽种子数}{供试种子数}\times 100$$

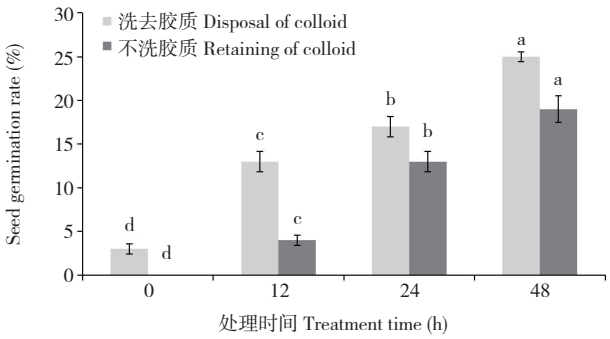
$$发芽指数（Gi）=\frac{\sum 发芽后15\,d的发芽数(Gt)}{15}$$

试验数据采用 Excel 2010 进行处理，方差分析采用 DPS 9.01，处理间各指标的显著性比较采用 *LSD* 法。

2 结果与分析

2.1 4 ℃低温处理对假酸浆发芽率的影响

由图 1 可知，假酸浆种子在纱布上经 4 ℃低温处理后发芽率都比对照显著增加，处理后 48 h 的发芽率为 25.00%，与其他处理存在显著差异，表明低温处理对打破种子休眠具有一定的作用。假酸浆种子外面具有一层胶状物质，4 ℃处理后，胶状物质洗与不洗对种子的发芽率存在不同影响。洗掉胶状物质的发芽率比不洗显著增加，常温对照、4 ℃低温处理 12、24、48 h 并洗掉胶状物质的发芽率分别比不洗胶状物质的升高 3%、9%、4% 和 6%，表明胶状物质对种子的萌发具有阻碍作用。由于种子萌发处于自然条件下，胶质物质吸胀后容易长霉污染，进一步阻碍了种子萌发，所以总体发芽率较低而不能满足生产需求。



柱上小写英文字母不同者表示差异显著

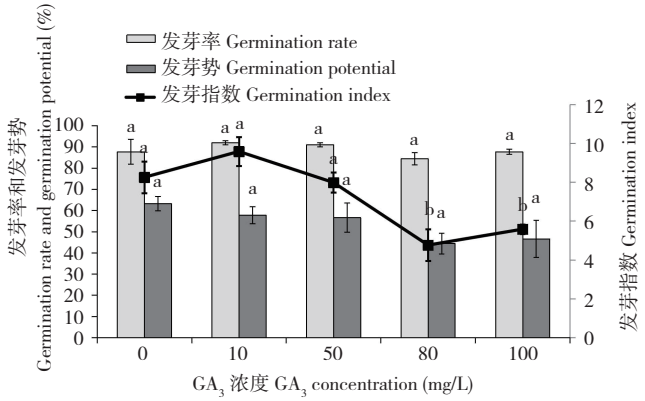
Different lowercase letters above the column represent significant differences

图 1 4 ℃处理不同时间对假酸浆种子发芽率的影响

Fig. 1 Effects of different treatment time at 4 ℃ on germination rate of *Nicandra physaloides* seeds

2.2 激素处理对假酸浆种子萌发和下胚轴长度的影响

2.2.1 不同浓度 GA_3 对假酸浆种子萌发以及下胚轴长度的影响 由图 2 可知，MS 培养基添加不同浓度 GA_3 对假酸浆种子萌发的影响不同，以 10 mg/L GA_3 处理的萌发效果最好，发芽率和发芽指数分别为 92.00% 和 9.58，分别比对照高 4.27 个百分点和 1.33，而 80 mg/L GA_3 处理的种子发芽率、发芽势和发芽指数最低；各处理间的发芽率和发芽势没有显著性差异，80、100 mg/L GA_3 处理的发芽指数显著低于对照及其他处理。由图 3 可知，不同浓度 GA_3 处理对假酸浆下胚轴长度的影响存在显著差异，10、50、100 mg/L 处理的假酸浆下

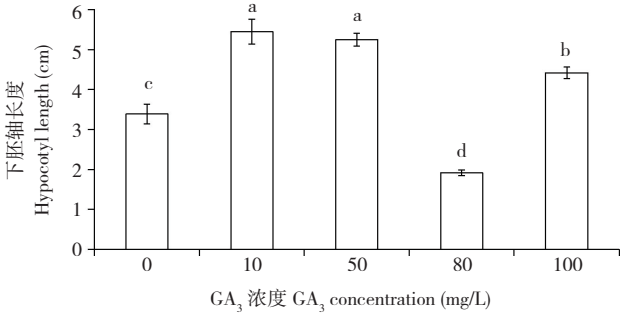


柱上小写英文字母不同者表示差异显著

Different lowercase letters above the column represent significant differences

图 2　不同浓度 GA_3 对假酸浆种子萌发的影响

Fig. 2　Effects of different concentrations of GA_3 on germination of *Nicandra physaloides* seeds



柱上小写英文字母不同者表示差异显著

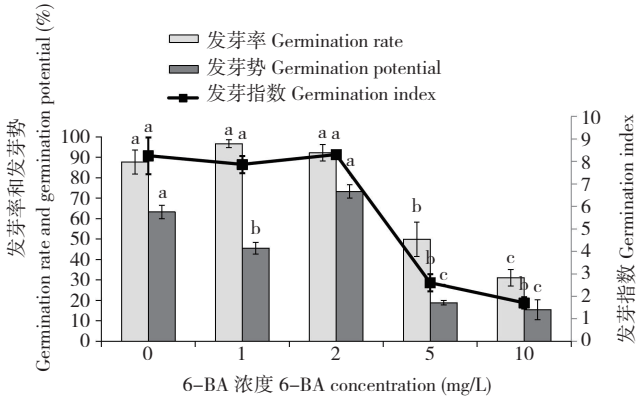
Different lowercase letters above the column represent significant differences

图 3　不同浓度 GA_3 对假酸浆下胚轴长度的影响

Fig. 3　Effects of different concentrations of GA_3 on hypocotyl length of *Nicandra physaloides*

胚轴长度都比 CK 长，其中最长为 10 mg/L 处理，达 5.45 cm，比 CK 长 2.07 cm；而浓度为 80 mg/L 的处理，其下胚轴长度比 CK 和其他处理短，为 1.92 cm。10、50 mg/L 处理对假酸浆下胚轴长度的效果较好，随着浓度的升高，下胚轴的长度反而减少，表明较低浓度 GA_3 处理的种子萌发效果和下胚轴生长效果优于较高浓度处理。

2.2.2　不同浓度 6–BA 对假酸浆种子萌发以及下胚轴长度的影响　由图 4 可知，6–BA 浓度为 1、2 mg/L 处理的发芽率和发芽指数与 CK 无显著差异，以浓度 1 mg/L 处理的发芽率最高、为 96.63%，比 CK 高 8.90 个百分点，但其发芽势和发芽指数比 2 mg/L 处理和 CK 低。6–BA 浓度为 2 mg/L 时，种子发芽势和发芽指数分别为 73.33% 和 8.30，比 CK 分别高 10.07 个百分点和 0.05，出苗快而整齐，苗较壮。随着浓度的增加，发芽率不断降低，5、10 mg/L 处理的发芽率、发芽势和发芽指数均与 CK、1 mg/L 和 2 mg/L 处理差异显著。6–BA 浓度为 10 mg/L 时，其发芽率、发芽势和发芽指数分别为 31.06%、15.50% 和 1.70，显著低于 CK 和其他处理，表明高浓度的 6–BA 不利于假酸浆种子的萌发。由图 5 可知，CK 的下胚轴长度显著高于 6–BA 各浓度处理，以 CK 的下胚轴长度最长、为 3.38 cm，而 5 mg/L 6–BA 处理下胚轴长度最短、为 0.40 cm，表明 6–BA 处理下胚轴短而粗。

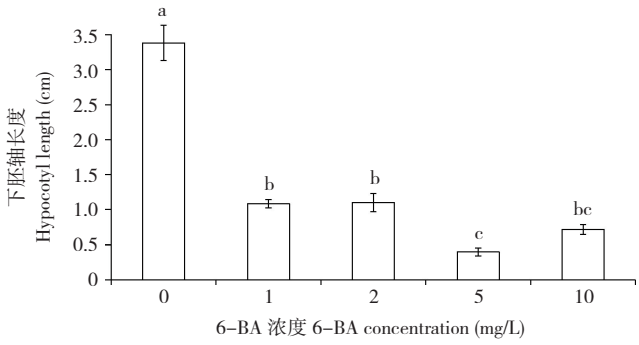


柱上小写英文字母不同者表示差异显著

Different lowercase letters above the column represent significant differences

图 4　不同浓度 6–BA 对假酸浆种子萌发的影响

Fig. 4　Effects of different concentrations of 6–BA on germination of *Nicandra physaloides* seeds



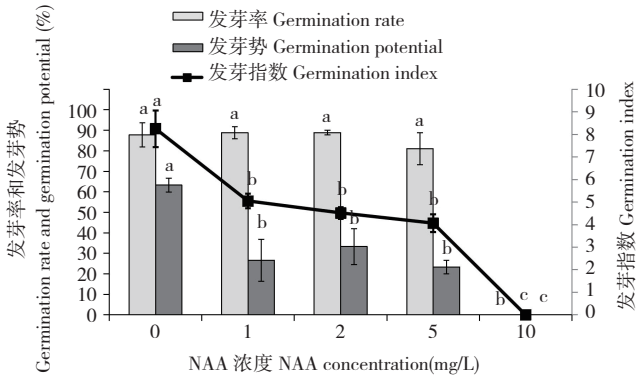
柱上小写英文字母不同者表示差异显著

Different lowercase letters above the column represent significant differences

图 5　不同浓度 6–BA 对假酸浆下胚轴长度的影响

Fig. 5　Effects of different concentrations of 6–BA on hypocotyl length of *Nicandra physaloides*

2.2.3　不同浓度 NAA 对假酸浆种子萌发以及下胚轴长度的影响　由图 6 可知，10 mg/L NAA 处理的种子发芽率、发芽势和发芽指数均为 0，显著低于对照和其他 NAA 处理。与对照相比，1、2、5 mg/L NAA 各浓度处理间的发芽率差异不显著，发芽势和发芽指数均显著降低。由图 7 可知，与对照相比，各 NAA 处理下胚轴显著降低，其

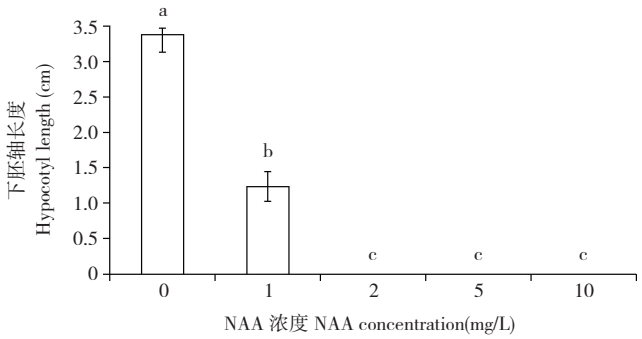


柱上小写英文字母不同者表示差异显著

Different lowercase letters above the column represent significant differences

图 6　不同浓度 NAA 对假酸浆种子萌发的影响

Fig. 6　Effects of different concentrations of NAA on germination of *Nicandra physaloides* seeds



柱上小写英文字母不同者表示差异显著

Different lowercase letters above the column represent significant differences

图 7　不同浓度 NAA 对假酸浆下胚轴长度的影响

Fig. 7　Effects of different concentrations of NAA on hypocotyl length of *Nicandra physaloides*

中 1 mg/L 处理下胚轴长度为 1.23 cm，而 2、5、10 mg/L 下胚轴长度为 0，表明 NAA 处理降低了假酸浆种子的萌发和下胚轴的生长。

2.2.4　不同激素处理对假酸浆种子萌发和下胚轴长度的影响　将图 2~ 图 7 与图 8、图 9 综合分析，结果表明不同激素处理对假酸浆种子的萌发和下胚轴长度都有不同影响。在发芽率方面，与 CK 相比，10、50 mg/L GA_3，1、2 mg/L 6–BA，1、2 mg/L NAA 处理的发芽率均增加，其中 1 mg/L 6–BA 处理的发芽率最高、为 96.63%，其次为 2 mg/L 6–BA 和 10 mg/L GA_3 处理的发芽率分别为 92.20%、92.00%；在发芽势方面，2 mg/L 6–BA 处理的发芽势最高、为 73.33%，比 CK 高 10.07 个百分点，差异显著；在发芽指数方面，10 mg/L GA_3 和 2 mg/L 6–BA 处理的发芽指数分别为 9.58 和 8.30，分别比 CK 高 1.33 和 0.05，且 10 mg/L GA_3 处理与 CK 和其他处理差异显著；在下胚轴方面，10、50、100 mg/L GA_3 处理的下胚轴长度最长，分别为 5.45、5.25 和 4.41 cm，分别比 CK 显著增加 2.07、1.87 和 1.03 cm，而 6–BA 和 NAA 处理下胚轴长度显著低于 CK（图 9）。通过 3 种激素的比较可发现 10 mg/L GA_3 处理不仅在下胚轴上存在优势，其他 3 个发芽指标也存在差异，6–BA 处理的发芽率和发芽势与 CK 也存在差异。

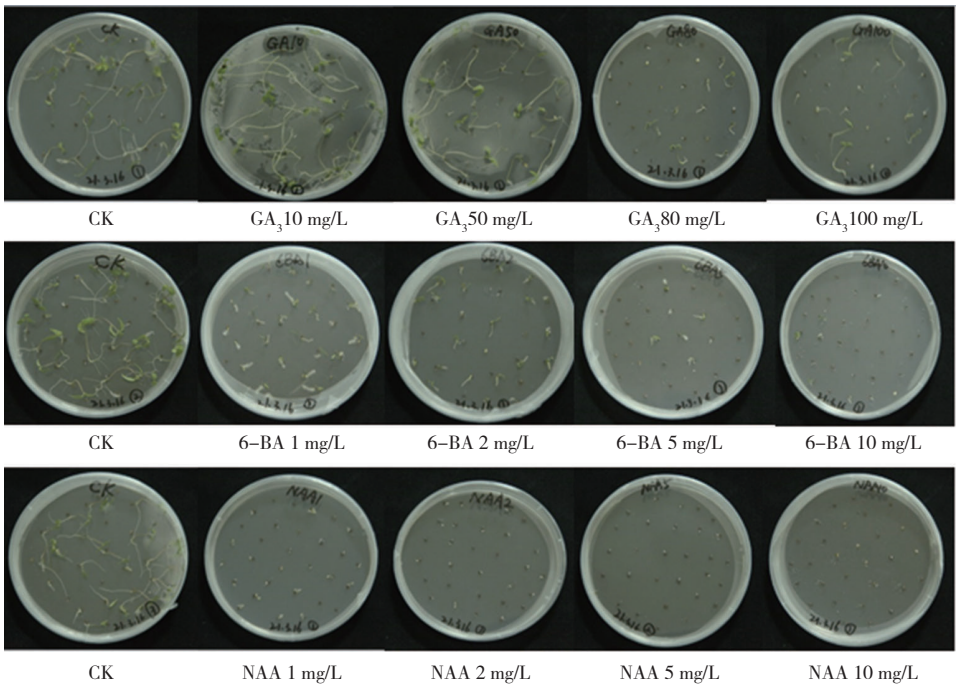


图 8　不同激素处理对假酸浆种子萌发的影响

Fig. 8　Effects of different hormone treatments on germination of *Nicandra physaloides* seeds

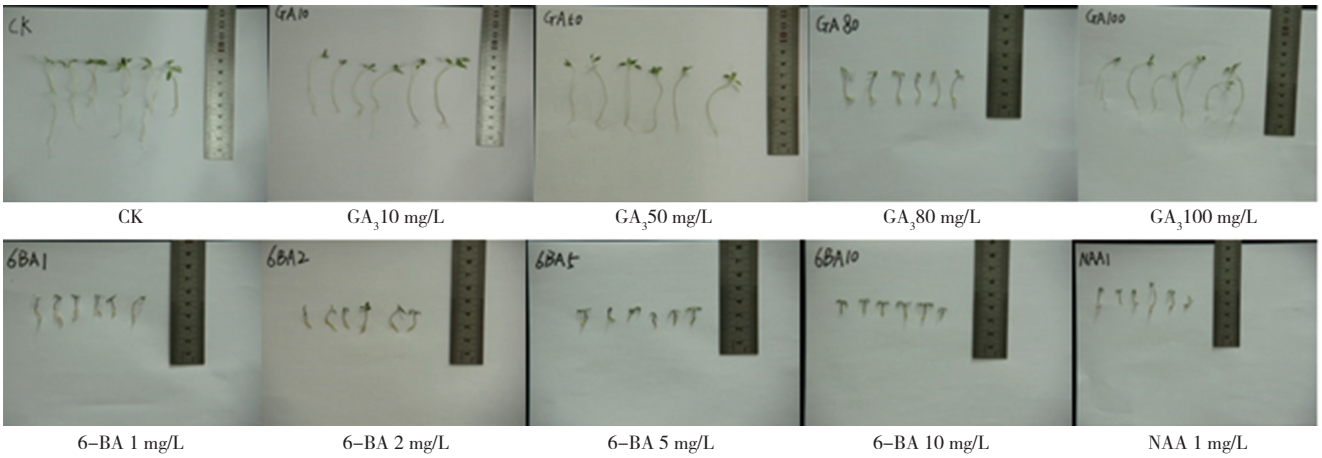


图 9　不同激素处理对假酸浆下胚轴长度的影响

Fig. 9　Effects of different hormone treatments on hypocotyl length of *Nicandra physaloides*

3　讨论

张影等[13]采用低温处理促进了缬草种子的萌发，种子发芽率随着处理时间延长而增高。本研究中，种子放置在纱布上低温处理有利于假酸浆种子的萌发，但因种子外被胶质吸胀导致种子发芽率低。柳文杰等[3]研究表明使用高浓度赤霉素浸种处理能打破种子休眠且效果较为明显；王五宏等[14]研究发现随着赤霉素浓度升高，浙茄10种子的发芽率、发芽势和发芽指数都在不断升高。本研究通过比较10~100 mg/L GA_3处理的假酸浆种子发芽率、发芽势、发芽指数、下胚轴长度，发现在无菌条件下10 mg/L GA_3处理能增加发芽率、发芽指数和下胚轴长度。贺志文等[15]研究表明，较高浓度的GA_3和6–BA处理对番茄种子萌发的效果更好；黎娇凌等[6]研究表明，在种子发芽过程中，细胞分裂素的影响比培养基因素的影响大。适度的细胞分裂素有利于种子萌发，而在最低浓度的生长素中种子萌发率最高。本研究与黎娇凌等学者研究结果一致，在低浓度的激素处理中，假酸浆种子的发芽率更高。本试验方法是采用无菌的培养基加激素进行培养，与黎娇凌等[6]的研究方法相似，而柳文杰等[3]、王五宏等[14]则是采用不同浓度激素浸种的方法，两种不同处理方法的结果表明，低浓度的激素在组培中更有利于种子的萌发和生长，而高浓度的激素则在直接浸种处理上有优势。

生长素不仅具有促进植物细胞的伸长生长和分裂、诱导愈伤组织的分化、抑制器官脱落、性别调控的作用，还具有促进单性结实等作用[16]。杜京旗[17]研究表明，使用IAA处理燕麦过程中，稍高浓度IAA处理比较低浓度IAA处理的效果差；在燕麦发芽以及幼苗生长过程中，使用ABA处理没有显著的影响，有些浓度处理甚至对幼苗的生长有抑制的作用。赤霉素能够调控植物的光合作用、营养生长和果实发育等[18]。在赤霉素打破种子休眠、促进种子萌发方面有较多的研究[15,19–22]。细胞分裂素能够促进植物细胞分裂、芽的分化和解除顶端优势，调控种子发育、休眠和萌发，在植物组织培养中，会经常使用细胞分裂素让细胞加速分裂和分化，并诱导出胚状体和不定芽[16, 23–24]。樊振宇等[25]采用多种不同的培养基对假酸浆愈伤组织的诱导和分化进行探究，结果表明添加2,4–D 1.0 mg/L+ZT 2.0 mg/L和BA 1.0 mg/L+IAA 1.0 mg/L的MS培养基能加快假酸浆下胚轴愈伤组织的诱导速度，且愈伤组织较好，对愈伤组织芽的分化也有较好的效果。本研究中，低浓度的GA_3、6–BA和NAA对假酸浆种子萌发都有一定的促进作用，都能提高种子的发芽率，但是高浓度处理下都存在抑制作用，以NAA处理严重抑制假酸浆的发芽势、发芽指数和下胚轴长度。

4　结论

本研究结果表明，种子外层的胶状物质对种子萌发存在阻碍作用，种子放置在纱布上4 ℃低温处理显著提高假酸浆种子萌发。MS培养基添加3种激素在低浓度处理下对假酸浆种子萌发都有不同程度的促进作用，当GA_3浓度为10 mg/L时，其发芽率以及发芽指数都较高，分别为92.00%

和 9.58，比 CK 高 4.27 个百分点和 1.33。当 6-BA 浓度为 1 mg/L 时，假酸浆种子的发芽率最高，达 96.63%，较 CK 高 8.90 个百分点；浓度为 2 mg/L 时其发芽势和发芽指数较高，分别为 73.33% 和 8.30，分别比 CK 高 10.07 个百分点和 0.05。当 NAA 浓度为 1、2 mg/L 时，假酸浆种子萌发率比 CK 高、均为 88.86%，但其他指标均比 CK 低，抑制作用较大。在下胚轴生长中，6-BA 和 NAA 处理的长度均不及对照，只有 10、50、100 mg/L GA_3 处理比对照长，下胚轴长分别为 5.45、5.25、4.41 cm。

参考文献（References）：

[1] YU M Y, ZHAO G T, LIU J Q, KHAN A, PENG X R, ZHOU L, DONG J R, LI H Z, QIU M H. Withanolides from aerial parts of *Nicandra physalodes*[J]. *Phytochemistry*, 2017, 137: 148-155. DOI: 10.1016/j.phytochem.2017.02.009.

[2] MEINLSCHMIDT E. *Gebietsfremde potenziell* invasive Ackerunkruter in Sachsen[J]. *Gesunde Pflanzen*, 2004, 56(3): 86-92. DOI: 10.1007/s10343-004-0024-0.

[3] 柳文杰, 何淑玲, 辛福梅 . 赤霉素对假酸浆种子萌发及幼苗生理的影响[J]. 高原农业, 2020, 4(3): 277-285. DOI: 10.19707/j.cnki.jpa.2020.03.010.
LIU W J, HE S L, XIN F M. Effects of gibberellin on seed germination and physiology characteristics of *Nicandra physaloides*[J]. *Journal of Plateau Agriculture*, 2020, 4(3): 277-285. DOI: 10.19707/j.cnki.jpa.2020.03.010

[4] 曾宪锋 . 广东省归化植物一新记录属——假酸浆属[J]. 广东农业科学, 2012, 39(4): 122, 233. DOI: 10.16768/j.issn.1004-874X.2012 04.005.
ZENG X F. *Nicandra* adans. (solanaceae), a newly recorded naturalized genus from Guangdong Province[J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2012, 39(4): 122, 233. DOI: 10.16768/j.issn.1004-874X.2012.04.005.

[5] 周雨 . 假酸浆的化学成分及其生理活性初研[J]. 西藏科技, 2016(2): 69-72, 75. DOI: 10.3969/j.issn.1004-3403.2016.02.026.
ZHOU Y. Preliminary study on chemical constituents and physiological activities of *Nicandra physalodes*[J]. *Xizang Science and Technology*, 2016(2): 69-72, 75. DOI: 10.3969/j.issn.1004-3403.2016.02.026.

[6] 黎娇凌,邹云安,李开琴. 不同培养基对假酸浆种子无菌萌发的影响[J]. 种子, 2013, 32(2): 96, 101. DOI: 10.16590/j.cnki.1001-4705.2013.02.066.
LI J L, ZOU Y A, LI K Q. Effects of different medium on aseptic germination of *Nicandra physaloides* seeds[J]. *Seed*, 2013, 32(2): 96, 101. DOI: 10.16590/j.cnki.1001-4705.2013.02.066.

[7] 牛庆凤, 王斌, 李涛, 金鑫, 陈荫 . 假酸浆籽胶质多糖的结构及凝胶特性研究[J]. 现代食品科技, 2015, 31(9): 68-73,123. DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.9.012.
NIU Q F, WANG B, LI T, JIN X, CHEN Y. Structure and gel properties of pectic polysaccharides from *Nicandra physalodes* (L.) gaerthseed gum and sodium alginate[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2015, 31(9): 68-73,123. DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.9.012.

[8] 陈梦洁, 金忠兴, 李志勇, 杜杰, 王正武, 钟耀广. 假酸浆子胶与海藻酸钠凝胶球的质构特性[J]. 食品工业科技, 2017,38(20): 233-239. DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.20.041.
CHEN M J, JIN Z X, LI Z Y, DU J, WANG Z W, ZHONG Y G. The texture properties of gel beads from *Nicandra physalodes* gaerthseed gum and sodium alginate[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2017, 38(20): 233-239. DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.20.041.

[9] 张慧, 王云鹏 . 酶解法提取假酸浆多糖及其粘度的影响因素[J]. 石化技术2017, 24(4): 228. DOI: 10.3969/j.issn.1006-0235.2017.04.180.
ZHANG H, WANG Y P. Enzymatic hydrolysis extraction of polysaccharide from *Nicandra physaloides* and its influencing factors for viscosity[J]. *Petrochemical Technology*, 2017, 24(4): 228. DOI: 10.3969/j.issn.1006-0235.2017.04.180.

[10] MISRA L, LAI P, SANGWAN R S, SANGWAN N S, UNIYAL G C, TULI R. Unusallysul fated and oxygenated steroids from with aniasomnt fera[J]. *Phyto Ehemistry*, 2005, 66(23): 2702-2707. DOI: 10.1016/j.phytochem.2005.10.001.

[11] AHMAD M, ABOU-DOUH. New withanolides and other eonstituents from the fruit of *Withaoia somnifera*[J]. *Arch Pharm (Weinheim)*, 2002, 335(6): 267-276. DOI: 10.1002/chin.200250163.

[12] 谢月英, 吕惠珍, 余丽莹, 黄秋银, 李松茂 . 假酸浆种子发芽特性研究[J]. 广西植物, 2009, 29(6): 839-841. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2009.06.027.
XIE Y Y, LYU H Z, YU L Y, HUANG Q Y, LI S M. Seed germination characteristics of *Nicandra physaloides*[J]. *Guihaia*, 2009, 29(6): 839-841. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2009.06.027.

[13] 张影, 张跃华, 缪天琳, 王长宝 . 低温处理对缬草种子萌发与生理活性的影响[J]. 中国林副特产, 2019(4): 14-16. DOI: 10.13268/j.cnki.fbsic.2019.04.005.
ZHANG Y, ZHANG Y H, MIAO T L, WANG C B. Effect of temperature treatment on the germination and activity of *Valeriana officinalis* seeds[J]. *Forest By-Product and Speciality in China*, 2019(4): 14-16. DOI: 10.13268/j.cnki.fbsic.2019.04.005.

[14] 王五宏, 石柱龙, 魏庆镇, 胡海娇, 胡天华, 汪精磊, 包崇来 . 赤霉素对浙茄 10 号种子萌发的影响[J]. 浙江农业科学, 2020, 61(5): 924-926,931. DOI: 10.16178/j.issn.0528-9017.20200536.
WANG W H, SHI Z L, WEI Q Z, HU H J, HU T H, WANG J L, BAO C L. Effects of GA_3 on seed germination of *Solanum melongena* 10[J]. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 2020, 61(5): 924-926,931. DOI: 10.16178/j.issn.0528-9017.20200536.

[15] 贺志文, 李灵芝, 陶虹蓉, 李海平 . 几种外源激素对番茄种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 山西农业科学, 2017, 45(4): 534-537. DOI: 10.3969/j.issn.1002-2481.2017.04.11.
HE Z W, LI L Z, TAO H R, LI H P. Effects of several exogenous hormones on seed germination and seedling growth of tomato[J]. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2017, 45(4): 534-537. DOI: 10.3969/j.issn.1002-2481.2017.04.11.

[16] 王婉婉, 季静, 王罡, 杨少辉, 宋英今, 杜长城 . 植物激素在月季中的作用及其应用[J]. 天津农业科学, 2009, 15(3): 29-31. DOI: 10.3969/j.issn.1006-6500.2009.03. 010.
WANG W W, JI J, WANG G, YANG S H, SONG Y J, DU C C.

Role and application of the plant hormones on China rose[J]. *Tianjin Agricultural Sciences*, 2009, 15(3): 29–31. DOI: 10.3969/j.issn.1006–6500.2009.03.010.

[17] 杜京旗. IAA 和 ABA 对燕麦种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 种子, 2021, 40(2): 106–109. DOI: 10.16590/j.cnki.1001–4705.2021.02.106.
DU J Q. Effects of IAA and ABA on seed germination and seedling growth of oats[J]. *Seed*, 2021, 40(2): 106–109. DOI: 10.16590/j.cnki.1001–4705.2021.02.106.

[18] 杨海燕, 严志祥, 樊苏帆, 吴文龙, 闾连飞, 李维林. 不同浓度赤霉素处理对基质栽培蓝莓‘安娜’果实品质的影响[J]. 北方园艺, 2020(23): 39–43. DOI: 10.11937/bfyy.20200648.
YANG H Y, YAN Z X, FAN S F, WU W L, LYU L F, LI W L. Effects of different gibberellic acid concentrations on the fruits quality of blueberry cultivar ‘Ana’[J]. *Northern Horticulture*, 2020(23): 39–43. DOI: 10.11937/bfyy.20200648.

[19] 常文静. GA_3 和 6–BA 浸种对薰衣草种子萌发的影响[J]. 天津农业科学, 2019, 25(4): 15–17,37. DOI: 10.3969/j.issn1006–6500.2019.04.004.
CHANG W J. Effect of GA_3 and 6–BA soaking on seed germination of *Lavandula angusitfolia*[J]. *Tianjin Agricultural Sciences*, 2019, 25(4): 15–17+37. DOI: 10.3969/j.issn1006–6500.2019.04.004.

[20] 邹竣竹, 韩蕾, 李德颖, 孙振元. 赤霉素和生长素浸种对野牛草种子萌发及幼苗生长生理的影响[J]. 草业科学, 2017, 34(9): 1838–1846. DOI: 10.11829/j.issn.1001–0629.2017–0036.
ZOU J Z, HAN L, LI D Y, SUN Z Y. Seed soaking in exogenous gibberellin and auxin and their impact on seed germination and seeding physiology of *Buchloe dactyoides* (Nutt.) Engelm[J]. *Pratacultural Science*, 2017, 34(9): 1838–1846. DOI: 10.11829/j.issn.1001–0629.2017–0036.

[21] 蒋舒蕊, 毛莲珍, 朱海山, 赵凯. 赤霉素对云南省 6 种常见茄科砧木种子萌发的影响[J]. 长江蔬菜, 2021(12): 48–51. DOI: 10.3865/j.issn.1001–3547.2021.12.017.
JIANG S R, MAO L Z, ZHU H S, ZHAO K. Effects of GA_3 on seed germination of six common solanaceae rootstocks in Yunnan Province[J]. *Journal of Changjiang Vegetables*, 2021(12): 48–51. DOI: 10.3865/j.issn.1001–3547.2021.12.017.

[22] 李植良, 李涛, 黎振兴, 孙保娟, 李颖, 徐小万, 王恒明. 外源赤霉素浸种对茄子种子萌发和植株生长影响的研究[J]. 中国农学通报, 2018, 34(10): 48–54. DOI: 10.11924/j.issn.1000–6850.casb17030172.
LI Z L, LI T, LI Z X, SUN B J, LI Y, XU X W, WANG H M. Effects of GA_3 on seed germination and plant growth of *Solanum melongena*[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2018, 34(10): 48–54. DOI: 10.11924/j.issn.1000–6850.casb17030172.

[23] 宋松泉, 刘军, 杨华, 张文虎, 张琪, 高家东. 细胞分裂素调控种子发育、休眠与萌发的研究进展[J]. 植物学报, 2021, 56(2): 218–231. DOI: 10.11983/CBB20141.
SONG S Q, LIU J, YANG H, ZHANG W H, ZHANG Q, GAO J D. Research progress in seed development, dormancy and germination regulated by cytokinin[J]. *Chinese Bulletin of Botany*, 2021, 56(2): 218–231. DOI: 10.11983/CBB20141.

[24] 周芳, 梅瑜, 顾艳, 蔡时可, 王继华. 甲基磺酸乙酯对穿心莲种子成苗的影响[J]. 广东农业科学, 2020,47(9):31–36. DOI: 10.16768/j.issn.1004–874X.2020.09.004.
ZHOU F, MEI Y, GU Y, CAI S K, WANG J H. Effect of ethyl methane sulfonate on seedling formation of *Andrographis paniculata*[J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2020,47(9):31–36. DOI: 10.16768/j.issn.1004–874X.2020.09.004.

[25] 樊振宇, 张丽琼, 李连华. 不同培养基对假酸浆愈伤组织诱导和分化的影响[J]. 安康学院学报, 2008(5): 83–84. DOI: 10.16858/j.issn.1674–0092.2008.05.030.
FAN Z Y, ZHANG L Q, LI L H. Effects of different medium on inducement and differentiation of *Nicandra physalodes*[J]. *Journal of Ankang University*, 2008(5): 83–84. DOI: 10.16858/j.issn.1674–0092.2008.05.030.

（责任编辑　邹移光）