

# 萘乙酸对绿豆芽形态和品质的影响

王俊甫<sup>1</sup>, 师学珍<sup>2</sup>, 蒋福稳<sup>3</sup>, 张志勇<sup>4</sup>

(1. 新乡学院 生命科学与技术系, 河南 新乡 453003; 2. 河南师范大学 生命科学院, 河南 新乡 453007;

3. 新乡市农科院, 河南 新乡 453007; 4. 河南科技学院 生命科学院, 河南 新乡 453003)

**摘要:**以绿豆为试材, 以自来水为对照, 研究了不同浓度( $10^{-5}$ 、 $10^{-6}$ 、 $10^{-7}$ 、 $10^{-8}$ 、 $10^{-9}$  mol/L)的萘乙酸(NAA)溶液对绿豆芽形态和品质的影响。结果表明: 在形态方面, 以  $10^{-6}$  mol/L NAA 培养液处理对胚根生长促进效果最好, 以  $10^{-8}$  mol/L NAA 培养液处理对下胚轴生长促进效果最好; 在品质方面, 从绿豆芽蛋白质含量来看, 对照和  $10^{-5}$  mol/L NAA 培养液处理效果最佳; 从绿豆芽维生素 C 含量来看,  $10^{-7}$  mol/L NAA 培养液处理效果最佳。

**关键词:**绿豆芽; 萘乙酸(NAA); 形态; 胚根; 下胚轴; 品质; 蛋白质; 维生素 C

**中图分类号:**S 522 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)09-0037-03

绿豆是豆科植物绿豆的种子, 别名植豆、交豆、青小豆, 在中国已有 2 000 多年的栽培历史, 是我国传统的豆类食物。绿豆芽因营养价值高, 用途广泛, 还具有良好的药用价值, 有“济世之良谷”的说法。绿豆芽中含有丰富的蛋白质, 维生素 C、B、A、E 及多种矿质元素, 其中维生素 B17 是较强的抗癌物质, 经常食用芽菜能有效防治高血压、糖尿病、高胆固醇、胃癌及直肠癌等多种疾病<sup>[1-2]</sup>。

目前对芽菜研究的报道还比较少<sup>[3-4]</sup>, 该试验以市场上出售的普通绿豆为试材, 发芽后测定不同浓度 NAA 处理下的胚根、下胚轴、子叶等部位蛋白质和维生素 C 含量, 以及 NAA 对胚根、下胚轴的影响, 初步探讨不同浓度 NAA 对绿豆芽品质和形态的影响, 旨在为豆芽生产选择最适浓度的生长调剂提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为市场上出售的普通绿豆。

### 1.2 试验方法

选用外表无残缺、健康、发芽势好、发芽率高的新鲜绿豆。按浓度由大到小依次配制  $10^{-5}$ 、 $10^{-6}$ 、 $10^{-7}$ 、 $10^{-8}$ 、 $10^{-9}$  mol/L 的 NAA 溶液。取 6 个培养皿, 其中 5 个培养皿依次加入 10.00 mL 上述 5 种浓度的 NAA 溶液, 以加入 10.00 mL 自来水作为对照。取 12 个花盆刷洗干净,

2 个 1 组共 6 个组合, 每个组合下面花盆的底部放置 1 层细度为 400 目的布(防止豆芽的根长出花盆), 然后上面再放 1 个花盆, 每个组合各放入 200 粒挑选的绿豆, 盖上 3~4 层的纱布, 并用锡纸覆盖严实。将 6 个组合的花盆依次放入 6 个培养皿中, 每天定时用自来水缓慢小心冲洗 2 次。

### 1.3 项目测定

**1.3.1 蛋白质含量的测定** 选用考马斯亮蓝法<sup>[5]</sup>, 挑选用不同浓度 NAA 处理过的、长相整齐一致且性状稳定的绿豆芽, 用天平称取 0.50 g 绿豆子叶的头各 3 份放入研钵中, 充分研磨, 用移液枪分别吸取 4.00 mL 去离子水冲洗研钵并加入到 10.00 mL 离心管中, 2 次冲洗, 以 10 000 r/min 离心 10 min, 取上清液为提取液。按 0.10 mL 提取液、0.90 mL 去离子水加 5.00 mL 考马斯亮蓝作为样品的测定液取样, 将各管充分摇匀, 放置 2 min, 在 595 nm 处比色, 测 3 次重复的吸光度值 A1、A2、A3, 取平均值  $A = (A1 + A2 + A3) / 3$ , 其中, 样品中蛋白质含量( $\mu\text{g/g}$ ) =  $118.25 \times A \times \text{提取液总体积}(\text{mL}) / (\text{测定时所取体积}(\text{mL}) \times \text{样品鲜重}(\text{g})) = 118.25 \times A \times 8 / (0.1 \times 0.5)$ , 118.25 是用牛血清蛋白做蛋白质标准物获得的吸光度为 1 时测定液蛋白质的质量( $\mu\text{g}$ )。以相同的方法测量绿豆芽下胚轴和胚根中蛋白质的含量。

**1.3.2 维生素 C 含量的测定** 选用碘滴定法<sup>[6]</sup>。挑选用不同浓度 NAA 处理过的、长相整齐一致且性状稳定的绿豆芽, 用天平称取 0.50 g 绿豆子叶的头各 3 份放入研钵中, 充分研磨, 用移液枪分别吸取 4.00 mL 2% 的盐酸冲洗研钵并加入到 10.00 mL 离心管中, 2 次冲洗, 以 10 000 r/min 离心 10 min, 上清液为提取液。在三角瓶中, 用移液管注入 10 g/L 碘化钾溶液 0.50 mL、5 g/L 淀

**第一作者简介:**王俊甫(1976-), 男, 河南许昌人, 硕士, 讲师, 现主要从事植物生长技术研究工作。

**责任作者:**张志勇(1973-), 男, 河南安阳人, 博士, 教授, 现主要从事生理生化研究工作。

**收稿日期:**2012-12-17

粉液 1.00 mL、提取液 5.00 mL,去离子水 3.50 mL,共计 10.00 mL,用 0.1667 mmol/L 碘酸钾溶液滴定,逐滴加入,同时摇动三角瓶至微蓝色 1 min 不退即可,记录所用 0.1667 mmol/L 碘酸钾溶液的体积。另外,空白对照为在三角瓶中用移液枪注入 10 g/L 碘化钾溶液 0.50 mL、5 g/L 淀粉液 1.00 mL、质量分数为 2% 的盐酸 5.00 mL、去离子水 3.50 mL,共计 10.00 mL。样品所含维生素 C 含量(mg/g) =  $(V \times 0.088 / B) \times b / a$ ,其中 V 为滴定样品所用的 0.1667 mmol/L 碘酸钾溶液的体积(mL),1 mL 0.1667 mmol/L 碘酸钾溶液相当于 0.088 mg 维生素 C, B 为滴定时所吸取的样品液体积(mL),b 为样品液的总体积(mL),a 为样品的质量(g)。以相同的方法测量绿豆芽下胚轴和胚根中维生素 C 的含量。

1.3.3 形态分析 用扫描仪分别扫描不同浓度 NAA 处理下绿豆芽胚根和下胚轴的长度、面积、体积(每个浓度设 30 个重复)。

#### 1.4 数据分析

用邓肯氏新复极差法进行各种结果数据的分析比较<sup>[7]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同浓度 NAA 培养液对绿豆芽幼苗生长的影响

由表 1 可知,不同浓度的 NAA 培养液对绿豆芽各项指标的影响不同。对侧根数目以  $10^{-5}$ 、 $10^{-6}$  mol/L 的 NAA 营养液与对照和其它处理相比差异显著,促进侧根的生长;对胚根长的影响, $10^{-6}$ 、 $10^{-7}$ 、 $10^{-8}$  mol/L 的 NAA 营养液处理间差异不显著,均可促进胚根的加长,其它 2 个处理抑制胚根的加长,且与其它 2 个处理差异显著;对胚根面积的影响, $10^{-5}$  与  $10^{-9}$  mol/L NAA 培养液处理间差异不显著, $10^{-7}$  与  $10^{-8}$  mol/L NAA 培养液处理间差异不显著, $10^{-6}$  mol/L NAA 培养液与其它 4 个处理间差异显著,且明显优于其它 4 个处理,对胚根面积的促进效果最佳;对胚根体积的影响, $10^{-9}$  mol/L NAA 培养液处理明显抑制了胚根的体积。综合评定以  $10^{-6}$  mol/L NAA 培养液处理对胚根生长促进效果最佳。对下胚轴长的影响, $10^{-5}$ 、 $10^{-7}$  mol/L 的 NAA 培养液处理与对照相比差异不显著, $10^{-8}$  mol/L NAA 培养

表 1 不同浓度 NAA 培养液对绿豆芽幼苗生长指标的影响

NAA 浓度 /mol · L <sup>-1</sup>	侧根 /条	胚根长 /cm	胚根面积 /cm <sup>2</sup>	胚根体积 /cm <sup>3</sup>	下胚轴长 /cm	下胚轴面积 /cm <sup>2</sup>	下胚轴体积 /cm <sup>3</sup>
CK	5b	6.64b	2.40c	0.13a	8.37b	1.67c	0.56a
$10^{-9}$	3c	4.57c	2.44c	0.06c	5.42d	2.63a	0.28c
$10^{-8}$	4c	9.41a	3.09b	0.11b	10.35a	2.17b	0.44b
$10^{-7}$	4c	9.41a	3.10b	0.11b	8.22b	1.89bc	0.32c
$10^{-6}$	6a	9.20a	3.99a	0.11b	7.09c	1.97bc	0.28c
$10^{-5}$	6a	6.60b	2.52c	0.12a	7.63bc	1.87bc	0.30c

注:表中相同字母的处理间没有显著性差异,不同字母间存在显著性差异。下同。

液处理与对照相比差异显著,且  $10^{-8}$  mol/L NAA 培养液处理效果最好。对下胚轴面积的影响, $10^{-9}$  mol/L NAA 培养液处理促进下胚轴面积的增加非常显著, $10^{-8}$  mol/L NAA 培养液处理效果居中。对下胚轴体积的影响,对照和  $10^{-8}$  mol/L NAA 培养液处理促进了下胚轴体积的增加。综合评定以  $10^{-8}$  mol/L NAA 培养液处理对下胚轴生长促进效果最好。

### 2.2 不同浓度 NAA 培养液对绿豆芽营养品质的影响

由表 2 可知,对照和  $10^{-5}$  mol/L NAA 培养液处理与其它处理相比对绿豆芽胚根、下胚轴的蛋白质含量均有显著性差异,且提高了其蛋白质含量。而对子叶中蛋白质的含量,不同浓度 NAA 培养液处理与对照相比均无显著性差异。所以从绿豆芽蛋白质含量来看,对照和  $10^{-5}$  mol/L NAA 培养液处理效果最佳。

对照和不同 NAA 培养液处理对绿豆芽下胚轴维生素 C 含量相比没有显著性差异。而  $10^{-7}$  mol/L NAA 培养液处理对绿豆芽子叶维生素 C 含量与对照和其它处理相比达到了显著性差异,其它处理间无显著性差异。所以从绿豆芽维生素 C 含量来看, $10^{-7}$  mol/L NAA 培养液处理效果最佳。

表 2 不同浓度 NAA 培养液对绿豆芽不同部位蛋白质、维生素 C 含量的影响

NAA 浓度 /mol · L <sup>-1</sup>	蛋白质含量/mg · g <sup>-1</sup>			维生素 C 含量/mg · g <sup>-1</sup>		
	胚根	下胚轴	子叶	胚根	下胚轴	子叶
CK	3.67a	2.20a	9.38a	—	0.0011a	0.0010b
$10^{-9}$	2.83b	1.57b	9.59a	—	0.0008a	0.0010b
$10^{-8}$	2.37c	1.46b	10.67a	—	0.0008a	0.0011b
$10^{-7}$	2.45c	1.55b	10.27a	—	0.0010a	0.0020a
$10^{-6}$	2.76c	1.37b	11.21a	—	0.0009a	0.0010b
$10^{-5}$	3.52a	2.15a	11.17a	—	0.0011a	0.0011b

注:“—”表示因试材不足而没有进行测量。

## 3 结论与讨论

芽苗菜主要靠种子自身贮藏的营养来完成其生长发育过程,一般不需使用肥料和激素。该试验结果表明,适宜浓度的生长素可以促进茎伸长、根加长和加粗。在无土栽培的营养液中配置一定浓度的生长素,可以起到壮苗作用,提高幼苗成活率,使芽苗菜的产量明显提高<sup>[8-9]</sup>。

绿豆在长芽过程中才能合成丰富的维生素 C。据朱秀敏等<sup>[4]</sup>研究结果,绿豆芽长至 2 cm 左右时维生素 C 含量最高,1.0 kg 可达 360 mg,芽长超过 10 cm,则下降 80 mg 左右,因此绿豆芽短些食用较好。

有关研究证实,生长素对绿豆芽有促进生长的效果,对蛋白质、维生素 C 积累的影响可能还与培养液中的营养盐以及培养环境条件,如光照、温度等有关,当培养液中的某些营养盐的量或培养条件不适时可能会影响生长素的促生长效果。今后,应加强对 NAA 和营养

盐及环境因子相关性研究,这将有助于在生产实践中更合理地使用生长素。

#### 参考文献

- [1] 李梅. 素食. 健康[M]. 北京:人民卫生出版社,2006.
- [2] 李品汗. 豆芽菜的营养与保健[J]. 当代蔬菜,2005(2):46.
- [3] 吴永尧,张弛,周大寨. 豆芽菜对硒的富集特点初步研究[J]. 湖北农业科学,2004(6):53-55.
- [4] 朱秀敏,王彩君,王建军. 几种芽菜维生素 C 含量的比较研究[J]. 北方园艺,2012(3):35-37.
- [5] 何钟佩. 作物化学控制实验指导[M]. 北京:中国农业大学出版社,1993.
- [6] 邹琦. 植物生理生化实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,1990.
- [7] 崔秀珍,黄中文,薛香. 试验统计分析[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2002.
- [8] 张静. 赤霉素对三种豆类芽菜生长的影响[J]. 北方园艺,2012(7):27-29.
- [9] 王金祥,严正龙,潘瑞炽. 不定根形成与植物激素的关系[J]. 植物生理学通讯,2005,41(2):133-142.

## Effect of NAA on Seeding Patterns and Quality of Mung Bean Sprouts

WANG Jun-fu<sup>1</sup>, SHI Xue-zhen<sup>2</sup>, JIANG Fu-wen<sup>3</sup>, ZHANG Zhi-yong<sup>4</sup>

(1. Department of Life Sciences and Technology, Xinxiang University, Xinxiang, Henan 453003; 2. College of Life Sciences, Henan Normal University, Xinxiang, Henan 453007; 3. Xinxiang Academy of Agricultural Sciences, Xinxiang, Henan 453007; 4. College of Life Sciences, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang, Henan 453003)

**Abstract:** Taking mung bean as material, the effects of different concentrations (NAA  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-7}$ ,  $10^{-8}$ ,  $10^{-9}$  mol/L) on seeding patterns and quality of mung bean sprouts were studied. The results showed that, on patterns, the growth of radicle was promoted by NAA of  $10^{-6}$  mol/L, the growth of hypocotyl was promoted by NAA of  $10^{-8}$  mol/L. On quality, the contents of protein were higher using water or NAA of  $10^{-5}$  mol/L water but no NAA, the contents of protein and vitamin C were higher using NAA of  $10^{-7}$  mol/L.

**Key words:** mung bean sprouts; NAA; patterns; radicle; hypocotyl; quality; protein; vitamin C

## 绿豆芽的营养价值及制作

绿豆芽为豆科植物绿豆的种子经浸种后发出的嫩芽。食用芽菜是近年来的新时尚,芽菜中以绿豆芽最为物美价廉,而且营养丰富,是当前自然食用主义者所推崇的食品之一。

绿豆在发芽的过程中,会使维生素 C 含量增加很多,而且绿豆发芽后可将部分蛋白质分解为人体所需的各种氨基酸,且使氨基酸含量达到原绿豆含量的 7 倍,所以绿豆芽的营养价值比绿豆更大。据报道,每 100 g 鲜绿豆芽含维生素 C 30~40 mg、天冬氨酸 6.4 g、酪氨酸 1.9 g、缬氨酸 1.7 g、亮氨酸 1.6 g、苯丙氨酸 1.5 g、异亮氨酸 1.2 g、赖氨酸 1.1 g、苏氨酸 1.0 g、甲硫氨酸 0.5 g、脯氨酸 2.6 g、谷氨酸 2.0 g、精氨酸 1.7 g、丙氨酸 1.2 g、丝氨酸 1.1 g、甘氨酸 0.8 g、组氨酸 0.6 g、胱氨酸 0.5 g。

据说第二次世界大战中,美国海军因无意中吃了受潮发芽的绿豆,竟治愈了困扰全军多日的坏血病。这是因为豆芽中含有丰富的维生素 C 和核黄素,口腔溃疡的人很适合食用。此外绿豆芽富含膳食纤维,是便秘患者的健康蔬菜,有预防消化道癌症(食道癌、胃癌、直肠癌)的功效。它还具有清除血管壁中胆固醇和脂肪的堆积、防止心血管病变的作用。中医认为经常食用绿豆芽可清热解毒,利尿除湿,解酒毒、热毒;绿豆芽是祛痰火湿热的家常蔬菜,凡体质属痰火湿热者,血压偏高或血脂偏高而且多嗜烟酒肥腻者,如果常吃绿豆芽,就可以起到清肠胃、解热毒、洁牙齿的作用。

但由于绿豆芽纤维较粗,不易消化,且性质偏寒,所以脾胃虚寒之人不宜久食。建议烹调绿豆芽时配上一点姜丝,中和其寒性;绿豆芽十分适合夏季食用,且烹调时油、盐不宜太多,要尽量保持其清淡的性味和爽口的特点,芽菜下锅后要迅速翻炒,适当加些醋,才能保存豆芽的水分及维生素 C 含量,口感才好。购买绿豆芽时宜选 5~6 cm 长的为好。如果绿豆芽光溜溜的不长胡须,那是因为过量使用尿素所致,是有害的豆芽,不可食用。

家庭绿豆芽的制法:取 200 g 新鲜、无杂质的绿豆放入水盆中,用 60~70℃ 的热水浸泡 12 h 左右,把水倒掉,并用润湿的白色毛巾盖住将其放在较为温暖的房间里,远离油烟和光照;每天用清水投洗 2~3 次,室内温度太高时,建议每天投水 4~5 次,以防止豆芽伤热、腐烂。待豆芽长到 2 cm 左右时(约需 2~3 d),用较重的物体压在毛巾上,以防豆芽长得过细;4~5 d 后,豆芽即可长到 4 cm 左右,此时就可以食用了。如果出现须根或芽上长叶,则豆芽的营养价值大打折扣,不宜食用。