

# 黑豆芽菜最佳萌发条件下营养物质含量的测定

迟 莉

(黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

**摘要:**为了更准确地掌握在芽菜萌发期间各营养成分及内含物达到峰值的时间,在已测定  $11\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{Al}(\text{NO}_3)_3\cdot 9\text{H}_2\text{O}$  溶液、 $0.8\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{MgCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$  溶液、 $20\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{GA}_3$  溶液、 $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{MnSO}_4\cdot \text{H}_2\text{O}$  溶液为黑豆种子的最佳萌发条件下,进一步测定黑豆芽菜的游离氨基酸、蛋白质、总黄酮、还原糖、VC 的含量变化。结果表明:镁离子处理( $0.8\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )对应的游离氨基酸含量在第 5 天达到最大值,镁离子处理( $0.8\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )对应的蛋白质含量在第 4 天达到最大值,干种子中还原糖的含量最大,锰离子处理( $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )对应的总黄酮含量在第 1 天达到最大值,镁离子处理( $0.8\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )对应的 VC 含量在第 1 天达到最大值。

**关键词:**黑豆;芽菜;萌发;营养物质含量

**中图分类号:**S529.04

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2013)05-0017-03

黑豆芽菜的营养价值较高,由于其生长期短,一般 5~7 d 即可食用;不需施肥,只要浇适量的水就可以了,营养靠植物种子本身就能提供,食用时口感好,膳食纤维丰富,营养物质易于吸收。风味独特,含有丰富的蛋白质及碳水化合物,富含铁、钙、磷及胡萝卜素,其性微凉味甘,有活血利尿、清热消肿、补肝明目之功效,口感清爽脆嫩<sup>[1]</sup>,深受人们喜爱。通过前期研究,已测定出在  $0.8\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  镁离子、 $11\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  铝离子、 $20\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{GA}_3$ 、 $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  锰离子条件下黑豆种子的发芽率、发芽指数和活力指数最高。该试验通过测定在最佳萌发条件下芽菜中氨基酸、蛋白质、总黄酮、还原糖、VC 含量的动态变化,以更准确地掌握在芽菜萌发期间各营养成分及内含物达到峰值的时间,以便按照所需芽菜中营养成分选择更准确的采摘时期。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试黑豆种子为市售;供试药剂主要有: $\text{GA}_3$ 、 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3\cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{MgCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{MnSO}_4\cdot \text{H}_2\text{O}$ 、考马斯亮蓝 G-250、标准氨基酸、水合茚三酮试剂、3,5-二硝基水杨酸、 $1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  葡萄糖标准液、芦丁标准品、抗坏血酸标准溶液、牛血清蛋白、乙酸-乙酸钠缓冲液(pH5.4)、乙酸、乙醇和二甲基苯等。

仪器设备主要有:超净工作台、超声波清洗器、烘箱、电子天平、电磁炉、 $4^\circ\text{C}$  冰箱、 $-20^\circ\text{C}$  冷冻

冰箱、TDL-5-A 离心机、VIS-723G 分光光度计、电热恒温水浴锅、刻度试管、容量瓶、研钵和量筒等。

### 1.2 方法

培养黑豆芽菜的条件分别是铝离子浓度  $11\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、镁离子浓度  $0.8\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $\text{GA}_3$  浓度  $20\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、锰离子浓度  $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,以清水培养作为对照。浸种后将黑豆种子置于铺有纱布的托盘中,纱布用相应物质浓度的溶液浸湿。第 1 天、第 2 天分别用相应物质浓度的溶液喷洒黑豆种子,第 3 至第 5 天则用蒸馏水喷洒黑豆种子,每天要保持黑豆种子湿润但水分不能太多,否则容易使种子溃烂。并且在第 1 至第 4 天保持遮光培养,第 5 天则是见光培养,培养室设定温度为  $25^\circ\text{C}$ 。每天取一定量的样品置于冰箱中( $-20^\circ\text{C}$ ),待测。

分别于浸种前、浸种后、浸种后 1、2、3、4 和 5 d 观察氨基酸、蛋白质、总黄酮、VC、还原糖的含量变化。游离氨基酸含量采用水合茚三酮比色法测定<sup>[2]</sup>。可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝比色法测定<sup>[2]</sup>;总黄酮含量采用分光光度法测定<sup>[2]</sup>;还原糖含量采用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定<sup>[2]</sup>;维生素 C 含量采用比色法测定<sup>[2]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 黑豆芽菜游离氨基酸含量的动态变化

种子在萌发过程中,游离氨基酸是由可溶性蛋白质降解生成的。从图 1 可以看出,干种子中游离氨基酸含量最低,随着黑豆种子萌发生长蛋白质降解,氨基酸含量迅速增加,这些氨基酸可参与细胞内的能量代谢和物质代谢,合成新的蛋白质用于新细胞的合成。从图 1 亦可看出,黑豆种子经过 1 d 的萌发生长水处理(CK)的氨基酸含

收稿日期:2013-01-10

作者简介:迟莉(1982-),女,黑龙江省安达市人,学士,助理研究员,从事植物保护及微生物研究。E-mail: pzgcl@163.com。

量最大, 锰离子 ( $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) 和铝离子 ( $11 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) 处理对应的氨基酸含量也有一定程度的增加。在第 2 天水 (CK)、锰离子和  $\text{GA}_3$  ( $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) 处理对应的黑豆氨基酸含量均有所下降, 可能是由于在发芽过程中存在着蛋白质的降解和非蛋白氮的合成平衡, 也可能是由于在这时黑豆芽菜生长极快导致大量游离氨基酸被降解。第 3、第 4 天氨基酸含量均有所增加, 并且在第 3 天锰离子、镁离子、铝离子处理对应的氨基酸含量均比对照的大, 而在第 4 天仅有  $\text{GA}_3$  处理比对照的大。在第 5 天镁离子处理对应的氨基酸含量达到最大。不难看出, 只有镁离子处理对应的氨基酸含量基本上是逐次增大的而其它处理则没有一定的规律。

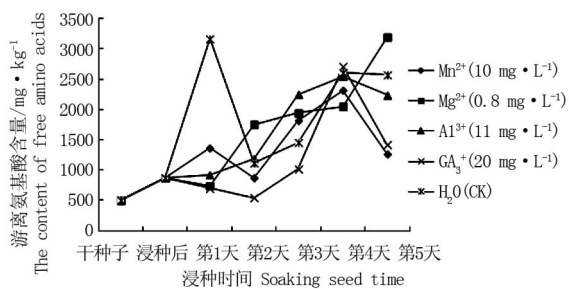


图 1 样品中游离氨基酸含量

Fig. 1 The content of free amino acids in the samples

## 2.2 黑豆芽菜可溶性蛋白质含量的动态变化

蛋白质是种子内贮藏物质的重要组成部分之一, 它的降解为种子萌发和黑豆芽菜的生长提供了营养物质和能量。随着种子萌发生长, 种子中蛋白酶的活性增加, 种子内贮藏的蛋白质被蛋白酶水解<sup>[3]</sup>。从图 2 可以看出, 在干种子中可溶性蛋白质含量比浸种后高, 第 1 天可溶性蛋白质含量基本没有太大的变化, 只是各种处理对应的可溶性蛋白质含量都比水处理 (CK) 的低。第 2 天铝离子处理对应的可溶性蛋白质含量最低, 随后又有增大的趋势, 并且镁离子处理对应的可溶性蛋白质含量比水处理 (CK) 的高。在第 3 天各处理对应的可溶性蛋白质含量都比较低, 但都比水处理 (CK) 大, 可能是由于此时蛋白酶的活性较高分

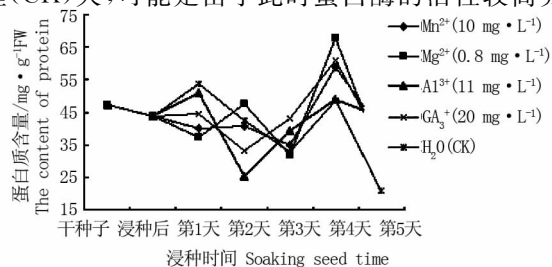


图 2 样品中蛋白质含量

Fig. 2 The content of protein in the samples

解的蛋白质多。在第 4 天各处理对应的可溶性蛋白质含量都达到最大值, 并且都比水处理 (CK) 的大, 镁离子处理对应的可溶性蛋白质含量达到了将近  $70 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ , 在第 5 天各处理对应的可溶性蛋白质含量都有所下降, 并且水处理 (CK) 可溶性蛋白质含量达到了最低值  $20 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ 。

## 2.3 黑豆芽菜还原糖含量的动态变化

从图 3 中可以看出, 干种子中还原糖的含量最大, 达到了 11% 左右, 浸种后还原糖的含量下降。不同处理对应的还原糖含量在浸种后至第 2 天总体上是呈下降的趋势, 并且没有太大的差异。在第 3 至第 5 天不同处理对应的还原糖含量基本上保持不变, 只有在第 4 天时镁离子处理对应的还原糖含量有所提高, 并且其在第 1 至第 4 天对应的还原糖含量一直都比水处理 (CK) 的大。产生这些变化的原因可能是由于避光处理造成的, 也可能是由于不同处理对还原糖的含量变化产生了影响或者由其它原因造成的。

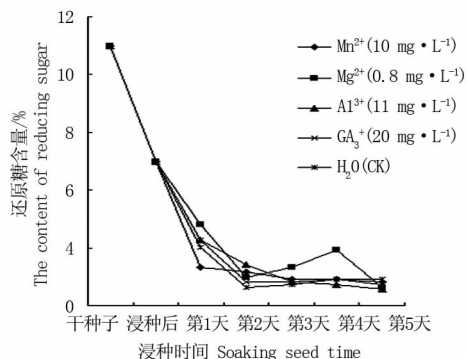


图 3 样品中还原糖含量

Fig. 3 The content of reducing sugar in the samples

## 2.4 黑豆芽菜总黄酮含量的动态变化

黄酮类化合物是一大类天然产物, 具有抗癌、抗肿瘤和抗衰老等作用, 广泛存在于植物界, 是许多中草药的有效成分<sup>[4]</sup>。从图 4 中可以看出, 浸种后总黄酮的含量明显有所增加, 大约增加了  $20 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 但经过 1 d 的萌发生长镁离子处理、铝离子处理、 $\text{GA}_3$  处理对应的总黄酮的含量都有所下降, 但都比对照 (CK) 的高, 只有锰离子处理对应的总黄酮的含量与浸种后基本一致, 这可能是由于锰离子的作用影响了总黄酮含量的变化。在第 2 天铝离子处理、 $\text{GA}_3$  处理对应的总黄酮含量都有一定程度的提高, 但锰离子处理对应的总黄酮的含量却明显下降。在第 3 天各处理对应的总黄酮含量都比水处理 (CK) 的低, 可能是由于各处理在不同程度上影响了总黄酮含量的变化。在第 4 天只有镁离子处理对应的总黄酮的含量有所增加。在第 5 天镁离子处理对应的总黄酮含量进

一步增加并且比水处理(CK)的大,而其它处理都比水处理(CK)小。

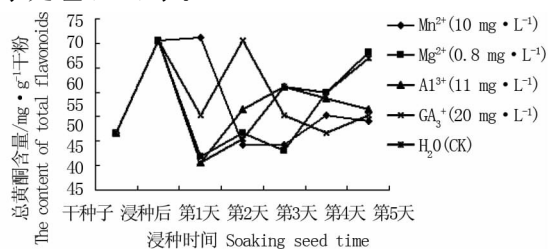


图4 样品中总黄酮含量

Fig. 4 The content of total flavonoids in the samples

## 2.5 黑豆芽菜 VC 含量的动态变化

豆芽菜中含有丰富的 VC, VC 既能促进受伤血管壁的愈合又是合成体内软骨素的重要原料, 对血管有保护作用, 有防治冠心病和抗癌的重大功效<sup>[5]</sup>。从图 5 中可以看出, 干种子中含有 VC, 但在正常情况下干种子中是不含有 VC 的, 这可能是由于黑豆种子中色素的影响。浸种后 VC 的含量有一定程度的提高, 在第 1 天镁离子处理对应的 VC 含量达到了最大值, 而其它处理对应的 VC 含量均有所下降, 并且都比水处理(CK)的低, 这可能是由于不同的处理对 VC 含量的变化产生了不同程度的影响。在第 2 天锰离子处理、GA<sub>3</sub> 处理对应的 VC 含量有显著的提高, 而镁离子处理对应的 VC 含量却明显下降。在第 3 天各处理对应的 VC 含量都有所下降, 只是程度不同。在第 4 天水处理(CK)和铝离子处理对应的 VC 含量分别达到了最低值, 而其它处理对应的 VC 含量进一步下降。在第 5 天水处理(CK)和各处理对应的 VC 含量都有明显的提高, 并且铝离子处理对应的 VC 含量达到了最大值, 同时各处理对应的 VC 含量都明显比水处理(CK)高, 产生上述原因可能是由于在第 5 天见光培养的原因, 导致黑豆芽菜中 VC 含量明显提高。

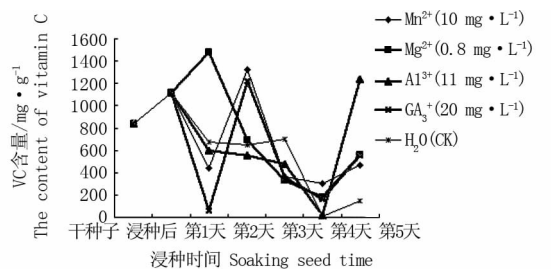


图5 样品中 VC 含量

Fig. 5 The content of vitamin C in the samples

## 3 结论

通过在黑豆种子的最佳萌发条件(11 mg/L Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O 溶液、0.8 mg/L MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O 溶液、20 mg/L GA<sub>3</sub> 溶液、10 mg/L MnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O 溶液)下浸种, 测定各溶液浸种后黑豆芽菜的氨基酸、蛋白质、总黄酮、还原糖、VC 的含量变化, 结果表明: 镁离子处理对应的游离氨基酸含量在第 5 天达到最大值, 镁离子处理对应的蛋白质含量在第 4 天达到最大值, 干种子中还原糖的含量最大, 锰离子处理对应的总黄酮含量在第 1 天达到最大值, 镁离子处理对应的 VC 含量在第 1 天达到最大值。

## 参考文献:

- [1] 李晓莉. 豆中之王说黑豆[J]. 家庭医药, 2006(7): 60.
- [2] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2006: 190-268.
- [3] 杨玉珍, 李生平, 吴青霞. 银杏种子萌发过程中蛋白质及三种氮代谢酶活性的变化[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2006, 30(4): 119-122.
- [4] 黄锁义, 罗建华, 冯铃. 超声波提取洋葱总黄酮及鉴别[J]. 微量元素与健康研究, 2007, 24(1): 31-33.
- [5] Catherine A, Rice-Evans Nicholas J M, George Paganga. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids[J]. Free radical biology and medicine. 1996, 20(7): 933-956.

# Determination of the Black Bean Sprouts Nutrient Substances Content under Optimum Germination Conditions

CHI Li

(Qiqihar Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar, Heilongjiang 161006)

**Abstract:** In order to more accurately grasp the time of various nutrition ingredient and the inclusion to peak during sprouts germinate, the content changes of free amino acids, protein, total flavonoids, reducing sugars, vitamin C of black bean sprouts were further researched under the measured optimum condition of black bean seed germination of 11 mg/L Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O, 0.8 mg/L MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, 20 mg/L GA<sub>3</sub>, 10 mg/L MnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O. The results showed that the maximum free amino acid content with Magnesium ion processing (0.8 mg/L) was on the fifth day, the maximum protein content with Magnesium ion (0.8 mg/L) processing was on the fourth day. Reducing sugar content of dry seeds was maximum. The maximum total flavonoids content with Manganese ion processing (10 mg/L) was on the first day, the maximum vitamin C content with Magnesium ion processing (0.8 mg/L) was on the first day.

**Key words:** black beans; sprouts; germination; nutrient substances content