

生长调节物质对小豆豆芽营养成分影响和功能性评价

郑琳琳 常暖迎 庞肖杰 康玉凡*

(中国农业大学 农学院,北京 100193)

摘要 为筛选最适合芽菜培养的小豆品种,以‘白红8号’为试材,设置3种生长调节物质(乙酰水杨酸、乙烯利和6-苄氨基腺嘌呤(6-BA))的各6个浓度(0.0、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5 mmol/L;0.20、30、40、50、60 mg/L和0.2、3、4、5、6 mg/L)喷施处理,测定其生物特性(上胚轴长度、上胚轴直径、萌发率、鲜重、干重和产出比)、营养成分(可溶性蛋白和可溶性糖)及抗氧化等特性。结果表明:3种生长调节物质喷施处理都能够提升其营养价值,在乙烯利喷施浓度为50 mg/L,‘白红8号’小豆豆芽苗菜中各营养成分、酶活性及抗氧化性等均可达到最大值,显著提高了其营养价值。因此,为提高生产中小豆豆芽苗菜的产量和营养价值,最终确定乙烯利喷施浓度为50 mg/L效果最佳。

关键词 小豆豆芽; 生长调节物质; 营养成分; 酶活; 抗氧化性

中图分类号 S562

文章编号 1007-4333(2019)08-0019-08

文献标志码 A

Effect of growth regulators on the nutrient contents and functional properties of Azuki bean sprout

ZHENG Linlin, CHANG Nuanying, PANG Xiaojie, KANG Yufan*

(College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract In order to select the most suitable bean variety for sprout cultivation, this study used ‘Baihong 8’ to respectively set 6 concentrations of three growth regulating substances Acetylsalicylic acid (0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 mmol/L), ethephon (0.20, 30, 40, 50, 60 mg/L) and 6-BA (0.2, 3, 4, 5, 6 mg/L). Different spray treatments; The biological characteristics (epicotyl length, epicotyl diameter, germination rate, fresh weight, dry weight and yield ratio), nutrients (soluble protein, soluble sugar), and antioxidant properties were measured. The results indicated that: When the three growth regulating substances were sprayed, the nutrient content, enzyme activity and antioxidant activity of sprouts reached the maximum under the treatment of 50 mg/L ethephon, which significantly improved the nutritional value of sprouts. Therefore, to improve the nutrient contents and the yield of sprouts, the optimal ethephon spray concentration is 50 mg/L.

Keywords Adzuki bean sprouts; growth regulators; nutrients; enzyme activity; antioxidant

小豆(*Vigna angularis*)是营养丰富的豆类产品,含有充足的淀粉,蛋白质,较少的脂肪,膳食纤维,黄酮类、皂苷和甾醇等生物活性物质。小豆苗具有很好的利尿和通便功效,可以解酒、解毒,并防止肝硬化与结石的形成,对调理血压和血糖有良好的作用,辅助治疗心脏病、冠心病、肾病和水肿等效果显著^[1]。

植物生长调节物质是人工合成的能调节植物的

生长发育的化学物质,可用于催熟、促进生根和疏花疏果等。乙烯(ETH)在种子萌发过程中的主要作用是增强种子的呼吸作用或增加水势,促进胚轴中胚根细胞的扩大,利于胚轴的伸长,同时也促进根毛的分化^[2]。研究表明,125和250 mg/L的乙烯利浸种均可缩短玉米种子发芽时间并提高发芽率^[3],在200 mg/L乙烯利浸种条件下能显著缓解玉米幼苗

收稿日期:2018-10-11

基金项目:国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-08)

第一作者:郑琳琳,硕士研究生,E-mail:zhengll@cau.edu.cn

通讯作者:康玉凡,教授,主要从事种子生物学及豆类芽菜理论与技术,E-mail:yfkang@cau.edu.cn

在5%~15% PEG 6000模拟下渗透胁迫的伤害^[4]；赤霉素和乙烯利浓度分别为350和150 mg/L时均能促进美女樱种子的萌发和其幼苗的生长^[5]；GA₃^[6]和6-BA^[7]均可打破莴苣种子休眠，促进萌发。

生长调节物质参与种子萌发的复杂代谢机理，促进种子萌发、幼苗生长，增强种子活力，促进酶类活力，提升内部营养价值^[8]。但有关于生长调节物质对小豆种子萌发，幼苗生长影响的报道较少。本试验采用乙烯利(ETH)、6-苄氨基嘌呤(6-BA)和乙酰水杨酸(SA)3种生长调节物质并设置不同浓度喷施处理‘白红8号’，测定其营养和生物特性指标，分析3种生长调节物质对小豆芽苗营养成分和功能特性的影响，旨在为小豆芽苗菜生产开发和深加工利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验选取了来自我国各地区农科院小豆品种(2016新种)19份，其中小豆品种‘中红2号’、‘中红6号’、‘中红7号’、‘中红8号’、‘中红9号’、‘中红11号’、‘中红12号’以及‘品红05200’来自于中国农业科学院，‘冀红12号’来自于河北省农林科学院，‘保200617’和‘保876-16’来自于保定市农业科学研究所，‘白红5号’、‘白红7号’、‘白红8号’、‘白红10号’以及‘BH13-1501’、‘BH13-917’、‘BH1600’和‘BH13-1472’来自于白城市农业科学院。种子保存在-4℃冰箱中备用。

1.2 试验方法

1.2.1 小豆芽生产方法

称取‘白红8号’种子70 g，剔除病残颗粒，设3次重复，淘洗，55℃温水烫种12 min，室温下25℃温水浸种24 h，在相对湿度85%的培养箱中避光萌发，每6 h淋水1次。8 d后，测定小豆种子发芽率及形态指标。

1.2.2 乙酰水杨酸、乙烯利和6-BA 3种生长调节物质处理小豆芽的生长

设置乙酰水杨酸0.1, 0.2, 0.3, 0.4和0.5 mmol/L；乙烯利20, 30, 40, 50和60 mg/L；6-BA 2, 3, 4, 5和6 mg/L和空白对照处理。

1.2.3 生长指标测定

1)干、鲜重：用1/10 000天平称量鲜重；在105℃烘干箱中烘干30 min，后在55℃下烘至恒重后称干重^[9]。

2)种子萌发率：(萌发种子粒数/供试种子粒数)×100%，正常萌发种子判断标准为胚根外露0.5 mm以上^[10]。

3)产出比：10株绿豆芽鲜重/10颗绿豆芽种子重量

1.2.4 营养指标测定

可溶性蛋白的测定采用考马斯亮蓝法^[11]；可溶性糖含量的测定采用蒽酮比色法^[12]。

1.2.5 抗氧化酶活性测定

过氧化氢酶(CAT)活性测定参照陆文静等^[13]的方法；超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用SOD抑制氮蓝四唑光下还原法^[13]；过氧化物酶(POD)活性测定采用愈创木酚法^[13]。

2 结果分析

2.1 芽用小豆芽特性

表1可见，品种间各性状指标均存在一定的差异。其中‘白红8号’上胚轴长度最长，‘中红7号’上胚轴直径最大，‘白红5号’萌发率最大达100%，‘白红8号’、‘保200617’和‘BH131472’这3个品种鲜、干重显著高于其他品种，产出比是‘白红8号’和‘BH131472’最为突出，综合以上指标，选出‘白红8号’做进一步研究。

2.2 不同生长调节物质喷施处理小豆芽营养成分及酶活的分析

2.2.1 喷施处理小豆芽中可溶性蛋白含量变化

图1所示，对照组小豆芽中可溶性蛋白含量是23.59 mg/g，乙酰水杨酸喷施处理小豆发芽所得可溶性蛋白含量总体呈现上升趋势，在0.4 mmol/L浓度时达到最大值32.12 mg/g，是对照组含量的1.36倍；乙烯利喷施处理小豆发芽所得可溶性蛋白含量总体呈现先上升后下降的趋势，在50 mg/L浓度时达到最大值32.14 mg/g，50 mg/L乙烯利处理的蛋白质含量是对照组的1.36倍；6-BA处理小豆发芽所得可溶性蛋白含量总体呈现上升趋势，6 mg/L浓度处理可溶性蛋白含量最高，80.65 mg/g，是对照组的3.42倍。略高浓度的乙酰水杨酸可以保持小豆芽中蛋白质含量的稳定；乙烯利处理使小豆芽中蛋白质含量缓慢升高，但高浓度的乙烯利会抑制蛋白质的合成；6-BA处理浓度的升高使得小豆芽中蛋白质的含量升高，说明6-BA可以促进小豆芽蛋白质的合成。

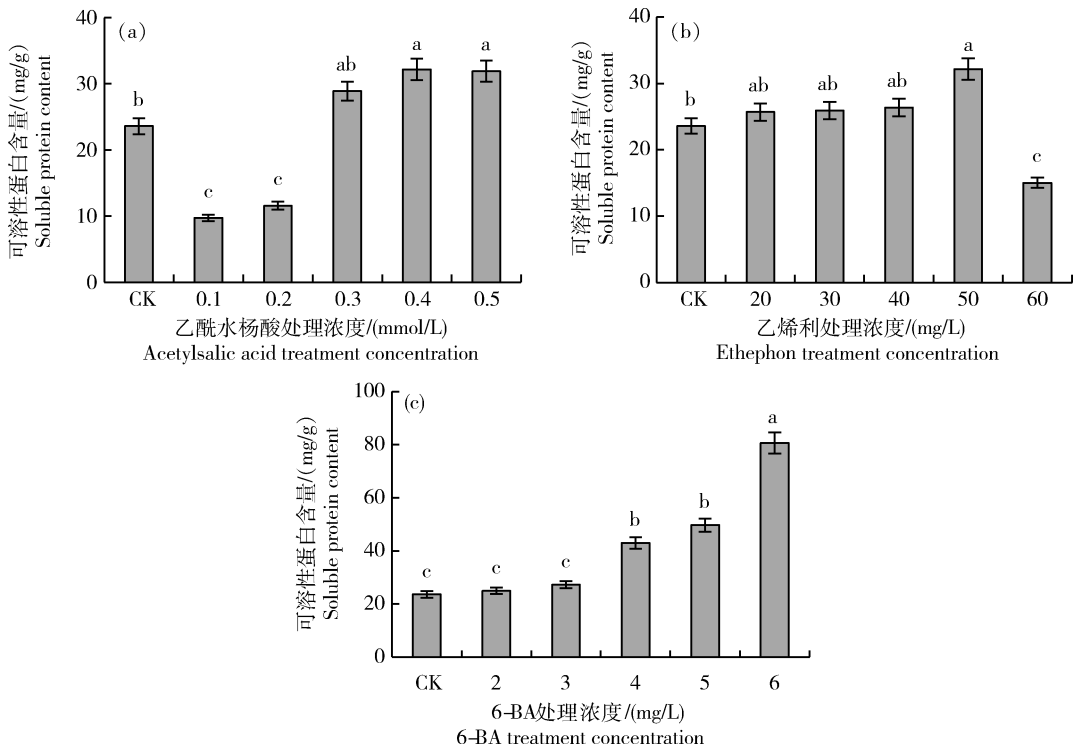
表 1 19 种小豆品种的芽用特性

Table 1 Breeding Characteristics of 19 different varieties of Adzuki Bean Sprout

品种 Variety	上胚轴长度/ mm Epicotyl length	上胚轴直径/ mm Epicotyl diameter	萌发率/% Germination rate	鲜重/g Fresh weight	干重/g Dry weight	产出比/% Output ratio
中红 11 号	132.43±17.96 b	1.51±0.08 h	92.20±10.25 h	40.49±5.13 g	4.15±0.25 g	80.98±6.54 f
中红 2 号	129.18±8.86 d	1.58±0.09 f	92.74±9.13 gh	32.20±3.25 i	3.42±0.16 j	64.38±5.46 g
中红 12 号	77.99±13.33 p	1.59±0.16 f	88.69±5.46 i	22.51±4.25 o	3.08±0.19 n	45.01±3.65 j
中红 6 号	81.72±8.35 o	1.62±0.13 e	84.92±7.25 j	18.66±2.13 p	2.54±0.15 p	37.26±3.21 k
中红 9 号	45.59±5.12 s	1.68±0.10 d	96.07±15.24 de	12.33±0.89 s	1.70±0.22 q	24.66±2.14 l
中红 8 号	130.49±10.37 c	1.53±0.08 g	84.49±9.54 j	30.30±3.12 j	3.40±0.21 k	60.52±5.04 h
中红 7 号	117.54±10.49 f	1.91±0.19 a	96.71±12.14 cd	44.83±2.56 f	4.58±0.32 f	89.65±7.56 e
冀红 12 号	73.65±4.31 q	1.70±0.10 c	85.32±6.54 j	25.95±2.54 k	3.12±0.21 m	51.88±4.21 i
白红 8 号	186.28±24.56 a	1.61±0.10 e	95.67±5.64 def	63.38±5.47 b	7.22±0.45 b	158.14±12.54 a
白红 5 号	116.45±0.80 g	1.49±0.19 i	100.00±12.54 a	47.38±3.65 d	5.32±0.52 d	118.33±10.14 c
白红 7 号	103.57±26.22 k	1.59±0.08 f	52.38±3.54 l	14.72±1.01 r	1.36±0.09 r	36.73±2.95 k
白红 10 号	85.40±36.66 m	1.47±0.13 j	66.01±5.25 k	15.11±1.56 q	1.19±0.08 s	37.72±2.74 k
品红 05200	84.47±20.08 n	1.36±0.21 l	98.73±15.89 ab	25.94±2.31 l	3.62±0.24 i	64.72±5.24 g
保 200617	114.92±14.54 h	1.54±0.11 g	98.78±16.57 ab	61.88±4.65 c	6.78±0.45 c	123.54±8.59 b
保 876-16	109.54±11.35 i	1.73±0.16 b	94.92±13.24 ef	25.77±3.54 m	3.19±0.25 l	51.63±4.21 i
BH13-1501	106.77±34.65 j	1.36±0.04 l	93.17±10.47 gh	44.97±3.65 e	5.15±0.34 e	112.26±9.58 d
BH13-917	70.30±7.14 r	1.90±0.10 a	94.92±11.65 fg	22.95±2.25 n	3.02±0.24 o	45.87±3.65 j
BH1600	89.24±17.19 l	1.44±0.04 k	97.77±18.35 bc	32.24±2.98 h	4.04±0.39 h	80.41±7.15 f
BH13-1472	119.27±14.80 e	1.62±0.20 e	96.19±16.41 de	63.64±5.47 a	7.69±0.49 a	159.07±15.42 a

注：每列数字后上标相同字母表示在 0.05 水平上无显著差异。

Note: Values followed by the same letters in each column are not significantly different at 0.05 level from each other according to Tukey Test.



不同字母表示显著差异 ($P < 0.05$), 下同。

Value with similar letters in a single column do not differ significantly. a, b, c and d show differences ($P < 0.05$). The same below.

图 1 乙酰水杨酸 (a)、乙烯利 (b) 和 6-BA (c) 喷施处理小豆发芽可溶性蛋白含量变化

Fig. 1 Changes of soluble protein content in adzuki bean sprout by spraying acetylsalicylic acid (a), ethephon (b) and 6-BA (c)

2.2.2 喷施处理小豆豆芽中可溶性糖含量变化

图2所示,对照组可溶性糖含量为14.48 mg/g,乙酰水杨酸处理小豆发芽所得可溶性糖含量总体呈现先上升后下降的趋势,在0.4 mmol/L浓度时达到最大值24.28 mg/g,是对照组的1.67倍;乙烯利处理小豆发芽所得可溶性糖含量总体呈现先上升后下降的趋势,在50 mg/L浓度时达到最大值

27.83 mg/g,是对照组的1.92倍;6-BA处理小豆发芽所得可溶性糖含量总体呈现先上升后下降的趋势,在5 mg/L浓度时达到最大值29.37 mg/g,是对照组的2.03倍。乙酰水杨酸、乙烯利和6-BA对小豆豆芽中可溶性糖含量有相似的影响趋势,在一定浓度范围内,可以促进可溶性糖含量的增加,但如果生长调节剂浓度过高,可溶性糖含量会逐渐减少。

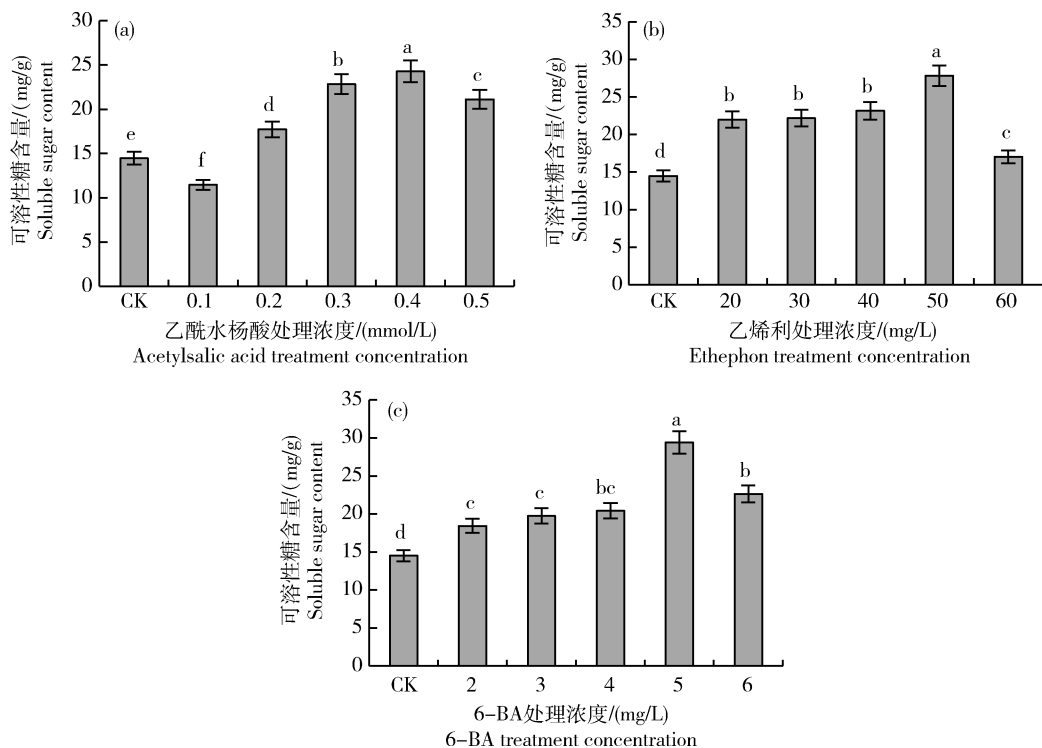


图2 乙酰水杨酸(a)、乙烯利(b)、6-BA(c)喷施处理小豆发芽可溶性糖含量变化

Fig. 2 Changes of soluble sugar content in adzuki bean sprout by spraying acetylsalicylic acid (a), ethephon (b) and 6-BA (c)

2.2.3 喷施处理小豆豆芽过氧化氢酶(CAT),超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)活性分析

图3是3种生长调节剂物质对小豆豆芽中CAT活性的影响。对照组CAT活性是105.56 U/(g·min),乙酰水杨酸处理小豆发芽所得CAT活性总体呈现上升趋势,在0.5 mmol/L浓度时达到最大值,是对照组的1.97倍;乙烯利处理小豆发芽所得CAT活性总体呈现上升趋势,在60 mg/L浓度时达到最大,是对照组的1.69倍;6-BA处理小豆发芽所得CAT活性总体呈现先上升后下降再上升的趋势,在6 mg/L浓度时达到最大值,是对照组的2.29倍。3种生长调节物质对小豆豆芽中过氧化氢酶(CAT)的活性均起到增强作用。

图4所示是3种生长调节剂物质不同浓度处理对小豆豆芽中SOD活性的影响。对照组SOD活性是35.87 U/(g·min)。乙酰水杨酸处理小豆发芽所得SOD活性总体呈现下降的趋势,在0.1 mmol/L浓度时达到最大值,是对照组的1.24倍;乙烯利处理小豆发芽所得SOD活性总体呈现上升趋势,在50 mg/L浓度时达到最大,是对照组的1.21倍;6-BA处理小豆发芽所得SOD活性总体呈现先上升后下降的趋势,在3 mg/L浓度时达到最大值,是对照组的1.31倍。乙酰水杨酸和6-BA在一定浓度下可以使SOD活性增强,浓度过高反而会抑制SOD的活性,而乙烯利处理的SOD的活性则是随着浓度的升高而逐渐增强。

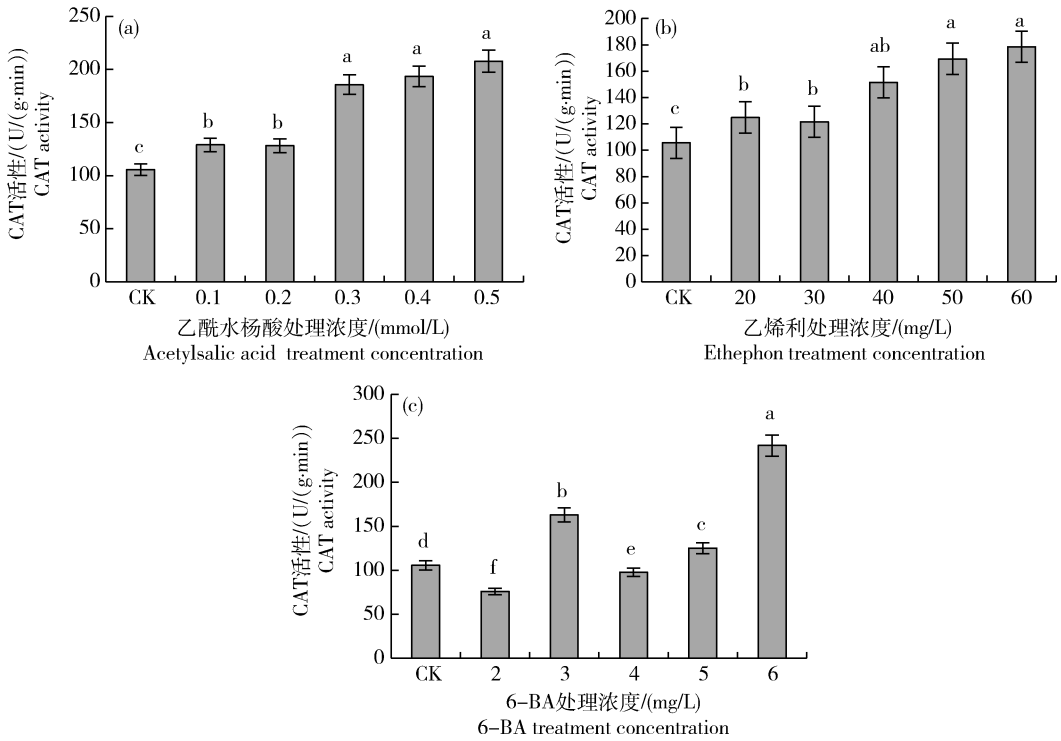


图 3 乙酰水杨酸 (a)、乙烯利 (b) 和 6-BA (c) 喷施处理小豆发芽过氧化氢酶 (CAT) 活性变化

Fig. 3 The CAT curve of Adzuki Bean Sprout by spraying acetylsalicylic acid (a), ethephon (b) and 6-BA (c)

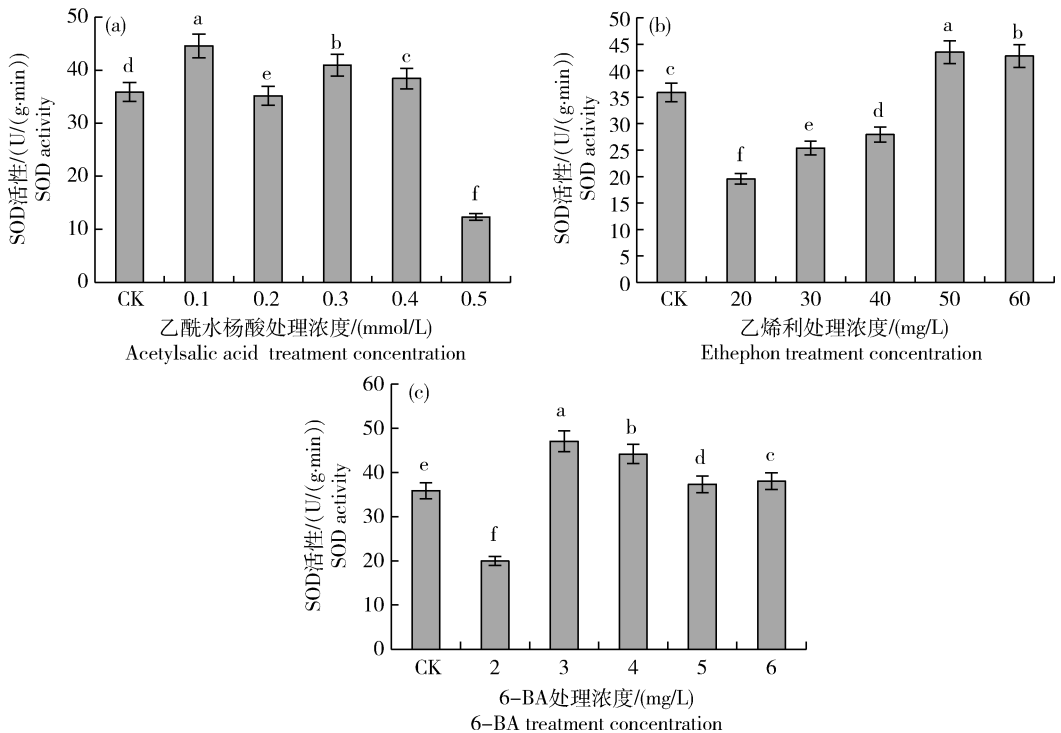


图 4 乙酰水杨酸 (a)、乙烯利 (b)、6-BA (c) 喷施处理小豆发芽超氧化物歧化酶 (SOD) 活性变化

Fig. 4 The SOD curve of Adzuki Bean Sprout by spraying acetylsalicylic acid (a), ethephon (b) and 6-BA (c)

图 5 是 3 种生长调节物质对小豆豆芽 POD 活性的影响。对照组 POD 活性是 10.09 U/(g · min)。

乙酰水杨酸处理小豆发芽所得 POD 活性总体呈现上升的趋势, 5 mmol/L 浓度时达到最大值, 是对照

组的 2.76 倍;乙烯利处理小豆发芽所得 POD 活性总体呈现先上升后下降的趋势,在 50 mg/L 浓度时达到最大值,是对照组的 3.98 倍;6-BA 处理小豆发芽所得 POD 活性总体呈现上升趋势,在 6 mg/L 浓

度时达到最大值,是对照组的 2.28 倍。

与对照相比,3 种生长调节物质处理使 POD 的活性增加,乙烯利 50 mg/kg 浓度时各营养成分及酶活全面提高。

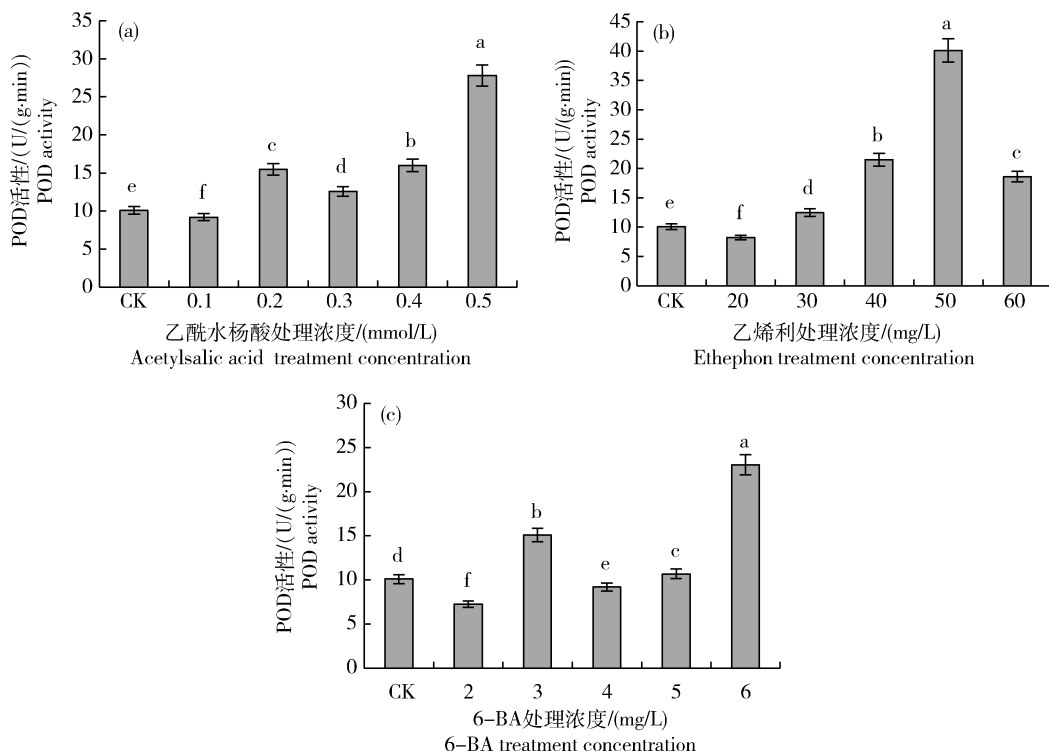


图 5 乙酰水杨酸(a)、乙烯利(b)、6-BA(c)喷施处理小豆发芽过氧化物酶(POD)活性变化

Fig. 5 The POD curve of adzuki bean sprout by spraying acetylsalicylic acid(a), ethephon(b) and 6-BA(c)

3 讨论

3.1 生长调节物质处理对小豆豆芽营养成分的影响

本试验研究表明,乙酰水杨酸在一定浓度时表现为促进小豆豆芽中可溶性蛋白含量的增加。水杨酸也可以诱导 POD 同工酶的合成^[14]和蛋白激酶^[15]。武晓燕^[16]试验结果显示,乙酰水杨酸浓度范围在 0~0.1 mmol/L,随着浓度的升高,苜蓿叶片中的可溶性蛋白呈现出极显著上升的趋势。

本研究中,乙烯利喷施处理小豆发芽所得可溶性蛋白、可溶性糖及 VC 含量总体均呈现先上升后下降的趋势。Hua^[17]和 Zhang 等^[18]研究发现葡萄和黑醋栗品质与乙烯利使用浓度呈负相关,刘晨霞等^[19]研究表明 90 mg/L 的乙烯利浸种处理绿豆种子有利于绿豆芽下胚轴轴径的加粗、可溶性蛋白和维生素 C 等营养物质含量的增加。

在本研究中,6-BA 处理小豆豆芽可以使得可溶性蛋白含量随着 6-BA 浓度的升高而增加,并且显著高于对照;对可溶性糖含量也起到明显的促进作用。尚宏芹等^[20]研究发现,小麦幼苗叶片在汞离子的危害下,喷施 6-BA 可以使得其可溶性蛋白及可溶性糖含量上升,与周红卫等^[21]研究结果一致。

3.2 生长调节物质使用方法对小豆豆芽的影响

浸种和苗期喷施处理在生产过程中都有很大的优势,应用非常广泛。在本研究中,喷施处理对小豆豆芽在营养物质、酶活、总酚总黄酮及抗氧化性都有较好的影响,但 2 种方法比较处理对小豆豆芽的影响是否更为显著需要进一步研究。已有相关研究中显示乙烯利 5 000 mg/L 浓度浸种处理可以提高黄瓜种子发芽指数和活力指数^[22]。由此可知,对不同的作物而言,生长调节物质的不同处理方式可能会有不同的影响。

参考文献 References

- [1] 邹长明,王允青,曹卫东,张晓红,刘英,杨杰,唐杉. 高光合效率小豆筛选与营养价值评价[J]. 草业学报,2015,24(7):52-59
Zou C M, Wang Y Q, Cao W D, Zhang X H, Liu Y, Yang J, Tang S. Selection of high photo synthetic efficiency *Vigna angularis* varieties and evaluation of their nutritional value[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2015, 24(7):52-59 (in Chinese)
- [2] 杨荣超,张海军,王倩,郭仰东. 植物激素对种子休眠和萌发调控机理的研究进展[J]. 草地学报,2012,20(1):1-9
Yang R C, Zhang H J, Wang Q, Guo Y D. Regulatory mechanism of plant hormones on seed dormancy and germination [J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2012, 20(1):1-9 (in Chinese)
- [3] 田文杰. 乙烯利浸种对玉米种子萌发的影响[J]. 现代农业科技,2018(15):1-2
Tian W J. Effect of ethephon soaking on seed germination of Maize[J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2018 (15):1-2 (in Chinese)
- [4] 闫秋洁,刘再婕,杨欣. 乙烯利浸种对聚乙二醇胁迫下玉米种子萌发的影响[J]. 中国农学通报,2013,29(3):53-58
Yan Q J, Liu Z J, Yang X. The effect of ethephon on the germination of corn seeds stressed by polyethylene glycol[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2013, 29(3):53-58 (in Chinese)
- [5] 徐小玉,张凤银,曹阳. 赤霉素和乙烯利对美女樱种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 种子,2014,33(6):72-74
Xu X Y, Zhang F Y, Cao Y. Effects of gibberellin and ethephon on seed germination and seedling growth of *Verbena hybrid* [J]. *Seed*, 2014, 33(6):72-74 (in Chinese)
- [6] 何丽萍,李贵. 光照对不同品种莴苣种子萌发的影响研究[J]. 种子,2009,28(7):31-33,37
He L P, Li G. Studies on the effect of different varieties lettuce seeds germination treated by light[J]. *Seed*, 2009, 28(7):31-33,37 (in Chinese)
- [7] 成玉富,姜敦云,赵有为. 6-BA、GA₃ 打破秋莴苣高温休眠及对生长发育的影响[J]. 江苏农业研究,2000,21(1):41-42
Cheng Y F, Jiang D Y, Zhao Y W. Effects of 6-BA and GA₃ on breaking dormancy of high temperature and growth and development of lettuce [J]. *Jiangsu Agricultural Research*, 2000, 21(1):41-42 (in Chinese)
- [8] 杨文思. 小麦种子萌发期蛋白表达及呼吸代谢对低温的响应 [D]. 泰安:山东农业大学,2015
Yang W S. Protein expression and respiratory metabolism response to low temperature during wheat seed germination [D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2015 (in Chinese)
- [9] 汪玉洁,郑胤建,苏蔚,刘厚诚. 不同光质对豌豆芽苗菜生长和品质的影响[J]. 广东农业科学,2013,40(24):32-34
Wang Y J, Zheng Y J, Su W, Liu H C. Effects of different light quality on the growth and quality of pea sprouts [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2013, 40(24):32-34 (in Chinese)
- [10] 方宏建,朱卯芬. 优质红豆芽苗菜无土栽培技术研究[J]. 中国瓜菜,2014,27(1):43-45
Fang H J, Zhu M F. Soilless cultivation technology of high quality red bean sprouts[J]. *China Cucurbits and Vegetables*, 2014, 27(1):43-45 (in Chinese)
- [11] 路莘,于同泉,王淑英,王建立,杨柳. 蛋白质测定方法评价[J]. 北京农学院学报,2006,21(2):65-69
Lu P, Yu T Q, Wang S Y, Wang J L, Yang L. A review on determination of protein[J]. *Journal of Beijing Agricultural College*, 2006, 21(2):65-69 (in Chinese)
- [12] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术(第二版)[M]. 北京:高等教育出版,2005
Wang X K. Physiological and biochemical experimental principles and techniques[M]. 2nd Edition. Bei Jing, Higher Education Press, 2005 (in Chinese)
- [13] 陆文静,李奕松. 植物生理学实验教程[M]. 北京:中国林业出版社,2012
Lu W J, Li Y S. *Plant Physiology Experiment Course* [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2012, 106-109 (in Chinese)
- [14] 蔡新忠,郑重. 水杨酸诱导水稻幼苗抗瘟性的生化机制[J]. 植物病理学报,1997,27(3):40-45
Cai X Z, Zheng Z. Biochemical mechanisms of salicylic acid-induced resistance to rice seedling blast[J]. *Acta Phytopathologica Sinica*, 1997, 27(3), 40-45 (in Chinese)
- [15] Chasan R. Eliciting phosphorylation [J]. *Plant Cell*, 1995, 7(5):495-497
- [16] 武晓燕. 乙酰水杨酸对水生植物重金属毒害的缓解效应[D]. 南京:南京师范大学,2005
Wu X Y. Relief effects of acetosalicylic acid to the damage of aquatic [D]. Naging: Nanjing Normal University, 2005 (in

- Chinese)
- [17] Hua L. Tannins in wines[J]. *Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry*, 2002, 30(3): 137-141
- [18] Zhang Z D, Liu H Z, Li H Y. Effect of ethephon on fruit quality of black currant[J]. *Journal of Jilin Agricultural University*, 2000, 22(4): 48-50
- [19] 刘晨霞, 乔勇进, 黄宇斐, 王晓. 乙烯利对绿豆芽生长及品质的影响[J]. 上海交通大学学报: 农业科学版, 2018, 36(2): 76-82
Liu C X, Qiao Y J, Huang Y F, Wang X. Effects of ethephon on the growth and quality of mung bean sprouts[J]. *Journal of Shanghai Jiaotong University: Agricultural Science*, 2018, 36(2): 76-82 (in Chinese)
- [20] 尚宏芹, 刘兴坦. 6-BA 对 Hg^{2+} 胁迫下小麦幼苗渗透调节物质及抗氧化特性的影响[J]. 麦类作物学报, 2015, 35(2): 224-230
Shang H Q, Liu X T. Effect of 6-BA on the osmotic adjustment substance and antioxidant properties in wheat seedlings under Hg^{2+} stress[J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2015, 35(2): 224-230 (in Chinese)
- [21] 周红卫, 施国新, 陈景耀, 朱蕾. 6-BA 对水花生抗氧化酶系 Hg^{2+} 毒害的缓解作用[J]. 生态学报, 2003, 23(2): 387-392
Zhou H W, Shi G X, Chen J Y, Zhu L. Relieving to Hg^{2+} Injury of alternanthera philoxeroides' antioxidant enzyme system by sprayed 6-BA[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(2): 387-392 (in Chinese)
- [22] 秦立金, 徐振军, 袁树祥. 乙烯利浸种对冬季日光温室黄瓜种子萌发与幼苗生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(33): 10601-10602
Qin L J, Xu Z J, Yuan S X. Effects of seed soaking with ethephon on seed germination and seedling growth of cucumber in greenhouse in winter[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2007, 35(33): 10601-10602 (in Chinese)

责任编辑: 吕晓梅