

# 壳聚糖对葡萄幼苗生理生态的影响

张皓然<sup>1,2</sup>, 范中菡<sup>1</sup>, 李红春<sup>3</sup>, 夏丹<sup>2</sup>, 陈庆华<sup>1</sup>, 李洪浩<sup>1</sup>,

徐雅欣<sup>4</sup>, 廖明安<sup>2</sup>, 林立金<sup>4</sup>, 胡容平<sup>1</sup>

(1. 四川省农业科学院 植物保护研究所/农业部西南作物有害生物综合治理重点实验室, 四川 成都 610066;

2. 四川农业大学 园艺学院, 四川 成都 611130; 3. 眉山市彭山区农业农村局, 四川 眉山 620860;

4. 四川农业大学 果蔬研究所, 四川 成都 611130)

**摘要:**为筛选出最有利于葡萄生长的壳聚糖浓度,以葡萄幼苗为材料,对其喷施浓度为0、1、2、4和6 g/L的壳聚糖溶液,研究了壳聚糖对葡萄生长及生理的影响。结果表明:喷施不同浓度壳聚糖后,葡萄幼苗生物量、光合色素含量和光合作用均较对照显著增加,且随壳聚糖浓度的增加而呈先增加后减少的趋势,当壳聚糖浓度为4 g/L时,葡萄幼苗生物量、光合色素含量及净光合速率均最大。喷施壳聚糖后,葡萄幼苗叶片抗氧化酶(超氧化物歧化酶、过氧化物酶和过氧化氢酶)活性、可溶性蛋白含量、丙二醛含量及相对电导率均随喷施浓度增大不断提高,且在壳聚糖浓度为6 g/L时达到峰值。经壳聚糖处理后葡萄幼苗各部分可溶性糖含量也有所上升,根系、茎秆可溶性糖含量在壳聚糖浓度为4 g/L时达最高值。因此,壳聚糖能够促进葡萄幼苗生长,在一定程度上提高了葡萄幼苗的抗逆性。

**关键词:**葡萄幼苗;壳聚糖;生长;生理生态

**中图分类号:**S663.1 **文献标识码:**A **文章编号:**0488-5368(2022)08-0018-06

## Effects of Chitosan on Physiology and Ecology of Grape Seedlings

ZHANG Haoran<sup>1,2</sup>, FAN Zhonghan<sup>1</sup>, LI Hongchun<sup>3</sup>, XIA Dan<sup>2</sup>, CHEN Qinghua<sup>1</sup>,

LI Honghao<sup>1</sup>, XU Yaxin<sup>4</sup>, LIAO Mingan<sup>2</sup>, LIN Lijin<sup>4</sup>, HU Rongping<sup>1</sup>

(1. Institute of Plant Protection, Sichuan Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Southwest China, Ministry of Agriculture, Chengdu Sichuan 610066, China; 2. College of Horticulture, Sichuan Agricultural University, Chengdu Sichuan 611130, China;

3. Pengshan District Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Meishan, Sichuan 620860, China; 4. Institute of Pomology and Olericulture,

Sichuan Agricultural University, Chengdu, Sichuan 611130, China)

**Abstract:** In order to screen out the most optimal concentration for grape's growth, the effect of chitosan spraying at concentrations of 1, 2, 4 and 6 g/L on grape seedlings growth and physiological characteristics was studied. The results showed that after spraying of different concentrations of chitosan, the biomass, photosynthetic pigment content and photosynthesis of grape seedlings increased significantly compared with the control, and it increased at first and then decreased with the increase of chitosan concentration. When the concentration of chitosan was 4 g/L, the biomass, photosynthetic pigment content and net photosynthetic rate of grape seedlings were the highest. After spraying of chitosan, the activities of antioxidant enzymes (superoxide dismutase, peroxidase and catalase), soluble protein content, malondialdehyde(MDA) content and relative conductivity of grape seedlings increased with the increase of spraying concentration, and it reached the peak at 6 g/L chitosan concentration. The soluble sugar content of each part of grape seedlings also increased under chitosan treatment, and the soluble sugar content of root and stem reached the highest value when the chitosan concentration was 4 g/L.

收稿日期:2021-07-04 修回日期:2021-08-07

基金项目:国家现代农业产业体系四川水果创新团队项目(sccxtd-2022-04);四川省农业科学院中试熟化项目(2021ZSSFXC56)。

第一作者简介:张皓然(2001-),男,重庆渝中人,本科生,主要从事园艺植物栽培生理研究。

通讯作者:胡容平。

Therefore, chitosan can promote the growth of grape seedlings and improve the resistance of grape seedlings to a certain extent.

**Key words:** Grape seedlings; Chitosan; Growth; Physiological ecology

葡萄(*Vitis vinifera* L.)在我国主要用于鲜食,也可制干、酿酒,栽培价值极高,深受各国消费者喜爱<sup>[1]</sup>。据国家统计局统计,葡萄2018年在我国种植面积达72.5万hm<sup>2</sup>,产量达1366.7万t,居世界第1位<sup>[2]</sup>。尽管目前我国葡萄生产已取得巨大进展,但葡萄品质与世界顶级产品还存在一定差距,国际影响力和市场竞争力也有待提高<sup>[3]</sup>。

在葡萄生产栽培中多采用整形修剪、温湿度调控、花期喷硼、水肥一体化技术及喷施植物生长调节剂等措施来提升果实品质<sup>[4~6]</sup>。随着科技的进步和发展,植物生长调节剂在葡萄生产应用中也不断增多,为了给中国葡萄产业的发展带来更好的前景,可进一步探究一种来源广泛、成本低廉、安全高效的新型植物生长调节产品。壳聚糖(CTS)又称为脱乙酰几丁质,具有无毒无味、来源广泛、环境相容性好、易降解等优点,应用前景十分广阔<sup>[7]</sup>。周永国<sup>[8]</sup>在花生种子萌发试验中、El-Tantawy<sup>[9]</sup>和刘建民<sup>[10]</sup>在番茄种子试验中、El-Sawy<sup>[11]</sup>在大豆种子萌发等试验中均得出播种前壳聚糖浸种或包衣处理均有助于种子萌发的结论。陈云<sup>[12]</sup>、王佳木<sup>[13]</sup>、王灿等<sup>[14]</sup>人研究均表明,壳聚糖喷施处理可提高植株叶片叶绿素含量,使叶片光合系统维持较高的活性,从而提高植株的光合效率。张爱华等<sup>[15]</sup>研究表明,壳聚糖灌根配合叶面喷施处理香蕉,与未使用壳聚糖的施肥方法相比,香蕉可溶性固形物含量、果指长度及果指质量增加,产量显著增加25.38%。邓丽莉等<sup>[16]</sup>研究表明,柑橘果实采前不同时期3次喷施质量分数为1.5%的壳寡糖,柑橘单果重和可溶性蛋白含量得到显著提升,烂果率和落果率显著降低,有利于果实品质的保持。这些结果说明,喷施壳聚糖对植物的生长及生理会产生一定的影响,且与壳聚糖浓度有关。因此,本试验以葡萄幼苗为材料,分别对其喷施不同浓度壳聚糖,探讨壳聚糖对葡萄幼苗生理生态的影响,筛选出有利于葡萄幼苗生长的壳聚糖浓度,以期壳聚糖在葡萄生产中的应用提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

供试葡萄幼苗品种为‘夏黑’,材料来源于四川省崇州市四川农业大学现代农业研发基地夏黑葡萄园(北纬30°33′46″,东经103°39′36″),试验使用

一年生扦插苗。供试壳聚糖购买于南京熙美诺生物科技有限公司,脱乙酰度为75%,分子量为75kDa。供试土壤为潮土,土壤pH值为7.71,有机质含量为15.29g/kg,全氮含量为0.85g/kg,全磷含量为11.88g/kg,全钾含量为15.38g/kg,碱解氮含量为87.99mg/kg,速效磷含量为55.78mg/kg,速效钾含量为41.96mg/kg,水溶性钙含量为21.32mg/kg,水溶性镁含量为2.845mg/kg,水溶性钾含量为1.626mg/kg,水溶性钠含量为2.938mg/kg,测定方法参照《土壤农化分析》<sup>[17]</sup>。

### 1.2 试验方法

2018年葡萄冬季修剪时收集生长健壮、长势一致、无病虫害的一年生葡萄枝条,沙藏保存;2019年2月将枝条取出,扦插于装有珍珠岩的50孔高底穴盘中(育苗所用珍珠岩含水量2%~6%),在昼夜21~23℃的人工气候室中育苗。2月下旬,将供试土壤拍碎、混匀,过5mm筛后,称取3.0kg装入塑料盆(直径×高:15cm×18cm)中,从底部托盘灌水,使盆中土壤完全湿润,备用。3月中下旬,从育好的葡萄扦插苗中选择生长健壮、无病虫害且长势基本一致的一年生葡萄扦插苗(株高约15cm,1个芽),洗净附着在根上的基质,并移栽至塑料盆中。每盆移栽3株葡萄幼苗。葡萄幼苗置于光照培养室进行培养,光照培养室设置为:白天(24±0.5)℃,夜晚(10±0.5)℃,光照/暗各12h,光照度为200μmol/m<sup>2</sup>/s。待葡萄幼苗缓苗15d后,对葡萄幼苗整株分别喷施浓度为0、1、2、4和6g/L的壳聚糖溶液(配制方法:称取12g的水溶性壳聚糖,用清水定容至2L,不断搅拌2h至溶液完全溶解透明,再稀释制得浓度为分别1、2、4和6g/L的壳聚糖溶液),以喷施去离子水为对照(0g/L),共5个处理,每个处理设3次重复,每盆葡萄为一个重复,共15盆葡萄幼苗。从2019年4月8日起,每隔7天喷1次,每次每个处理共喷施60mL壳聚糖溶液,共喷施3次。每次喷施均在上午9:00—10:00进行,喷施时将壳聚糖溶液均匀的喷布于葡萄幼苗正反叶面及茎秆上,以叶面湿润不滴液为度,且将不同浓度壳聚糖处理隔开,防止不同浓度壳聚糖的交叉影响。将喷施壳聚糖溶液后的盆栽葡萄幼苗继续置于光照培养室培养。葡萄幼苗的管理按标准盆栽管理方式进行:各盆(间距约15cm)随机摆放并不定期随机调换位置,根据

葡萄幼苗的需水情况及时浇水,确保土壤湿润,同时注意杂草的清除和病虫害的防治。

### 1.3 项目测定

最后一次处理后 10 d,于 5 月 9 日,将葡萄幼苗分为根系、茎杆和叶片 3 部分,分别用自来水洗净,再用蒸馏水冲洗 3 次,于 110℃ 杀青 15 min,75℃ 烘干至恒重后,分别称取干重。采集葡萄幼苗从上往下第三或第四片功能叶,取 2.0 g 于具塞试管中,加 10 mL 乙醇-丙酮混合液(体积比 1:1)浸泡叶片,加盖暗处 24 h,至叶片完全变白,于 663 nm、645 nm 和 470 nm 处比色,分别计算叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量和类胡萝卜素含量,方法参照熊庆娥<sup>[18]</sup>。采用 LI-6400 便携式光合作用测定仪测定葡萄幼苗完全展开第二叶的净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度(Ci)、蒸腾速率(Tr)、叶温下蒸气压亏缺值(Vpdl)。测定时间上午 10:00~11:30,测定过程中光强约 1 000 μmol/m<sup>2</sup>/s,空气温度(28±2)℃,空气 CO<sub>2</sub> 浓度变化范围(400±10) μmol/L。采集葡萄幼苗从上往下第 3 或第 4 片功能叶(0.2 g),用 pH 7.8 磷酸缓冲液 8 mL 研磨、低温离心,上清液即为酶粗提液。用氮蓝四唑法、愈创木酚法、高锰酸钾滴定法分别测定超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶

(POD)和过氧化氢酶(CAT)活性,用 G-250-牛血清蛋白显色法测定可溶性蛋白含量,用硫代巴比妥酸(TBA)显色法测定丙二醛(MDA)含量,磺基水杨酸比色法测定脯氨酸(Pro)含量,蒽酮-乙酸乙酯比色法测定可溶性糖含量,具体步骤参照熊庆娥《植物生理学实验教程》<sup>[19]</sup>。采集葡萄幼苗从上往下第 3 或第 4 片功能叶(0.1 g),测定叶片电导率。测定方法为浸泡法,用 DDS-307A 型电导率仪测定浸提液电导率,并计算相对电导率<sup>[19]</sup>。

### 1.4 数据分析

数据采用 SPSS 20.0 进行方差分析(Duncan 新复极差法进行多重比较)。

## 2 结果与分析

### 2.1 壳聚糖对葡萄幼苗生物量的影响

由表 1 可知,喷施不同浓度壳聚糖后,葡萄幼苗各部分生物量均显著高于对照,随壳聚糖浓度的增加呈先增加后减少的趋势,且皆在浓度为 4 g/L 时达最大值。由此可知,适当浓度的壳聚糖喷施处理可显著提高葡萄幼苗各部分生物量,且均以 4 g/L 处理最佳,浓度过高促生长优势逐渐降低。

表 1 不同浓度壳聚糖对葡萄幼苗生物量的影响

壳聚糖浓度 (g/L)	根系 (g/株)	茎杆 (g/株)	叶片 (g/株)	地上部分 (g/株)	整株 (g/株)
0	0.557±0.033d	0.249±0.008b	1.198±0.007e	1.448±0.015d	2.005±0.019e
1	0.566±0.026d	0.283±0.005a	1.349±0.007c	1.632±0.012b	2.198±0.015d
2	0.768±0.086b	0.283±0.003a	1.366±0.004b	1.649±0.003b	2.417±0.001b
4	0.797±0.022a	0.286±0.002a	1.419±0.005a	1.706±0.004a	2.503±0.003a
6	0.695±0.001c	0.255±0.000b	1.326±0.004d	1.581±0.004c	2.276±0.004c

注:同一列中不同小写字母代表处理间差异显著( $P < 0.05$ ),下同。

### 2.2 壳聚糖对葡萄幼苗光合色素含量的影响

由表 2 可知,葡萄幼苗叶片叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量均在壳聚糖浓度为 1~4 g/L 时随浓度升高而增加,在浓度为 4 g/L 时达到最高值,叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素分别比对照增加了 35.95% ( $P < 0.05$ )、44.31% ( $P < 0.05$ )、9.

22% ( $P < 0.05$ )。当壳聚糖浓度上升至 6 g/L 时叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量又逐渐降低,甚至低于对照,但较对照差异均不显著。经不同浓度壳聚糖处理后,葡萄幼苗叶片类胡萝卜素含量从高到低排序为:4 g/L ≈ 2 g/L > 6 g/L ≈ 1 g/L > 0 g/L,在浓度为 4 g/L 时较对照显著增加了 30.93% ( $P < 0.05$ )。

表 2 不同浓度壳聚糖对葡萄幼苗光合色素含量的影响

壳聚糖浓度 (g/L)	叶绿素 a (mg/g)	叶绿素 b (mg/g)	叶绿素总量 (mg/g)	类胡萝卜素 (mg/g)
0	0.702±0.003c	0.230±0.005d	0.932±0.008d	0.139±0.006c
1	0.772±0.007c	0.262±0.003c	1.035±0.010c	0.159±0.008b
2	0.848±0.003b	0.293±0.004b	1.141±0.007b	0.182±0.010a
4	0.954±0.006a	0.332±0.002a	1.286±0.021a	0.182±0.004a
6	0.691±0.007c	0.226±0.017d	1.018±0.018d	0.159±0.008b

### 2.3 壳聚糖对葡萄幼苗光合特性的影响

分析表 3 可见,  $P_n$  大小总体表现为: 4 g/L > 2 g/L > 6 g/L > 1 g/L > 0 g/L。Gs 在壳聚糖浓度为 4 g/L 时较对照差异显著, 较对照增加了 7.8% ( $P < 0.05$ ), 而浓度为 1、2 和 6 g/L 时与对照无显著差异。壳聚糖浓度为 2 g/L 时  $C_i$  最高, 壳聚糖浓

度为 1 g/L 时  $C_i$  最低, 较对照降低 5.29% ( $P < 0.05$ )。壳聚糖处理后葡萄幼苗叶片 Tr 总体呈现增高趋势, 各处理间差异不显著, 但对  $V_{pdl}$  有一定影响,  $V_{pdl}$  随喷施壳聚糖浓度升高呈不断降低的趋势, 在壳聚糖浓度为 6 g/L 时达最低, 较对照降低了 11.59% ( $P < 0.05$ )。

表 3 不同浓度壳聚糖对葡萄幼苗光合参数的影响

壳聚糖浓度 (g/L)	净光合速率 ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s FW}$ )	气孔导度 ( $\text{mol H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s FW}$ )	胞间 $\text{CO}_2$ 浓度 ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{mol FW}$ )	蒸腾速率 ( $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s FW}$ )	叶温下蒸气压亏缺值 (kPa FW)
0	2.745±0.180d	0.195±0.001b	358.9±2.6ab	2.575±0.352a	1.398±0.072a
1	3.555±0.260c	0.200±0.002b	339.9±0.7c	3.038±0.243a	1.430±0.060a
2	4.524±0.401ab	0.192±0.002b	361.3±7.4a	2.993±0.386a	1.331±0.046ab
4	4.884±0.201a	0.218±0.012a	359.0±5.5ab	3.111±0.256a	1.326±0.088ab
6	4.140±0.061b	0.198±0.026b	348.6±8.3b	2.653±0.238a	1.237±0.048b

### 2.4 壳聚糖对葡萄幼苗抗氧化酶活性的影响

分析表 4 可见, 喷施壳聚糖后的葡萄幼苗叶片 SOD、POD 和 CAT 活性均显著增高, 且均随着壳聚糖浓度的增大活性不断增强, 在壳聚糖浓度为 6 g/L 时三种酶活性达到最大值, 此浓度下 SOD、

POD 和 CAT 酶活性分别是对照的 1.80 倍、2.17 倍和 3.20 倍。在壳聚糖浓度为 4 g/L 时 SOD、POD 和 CAT 酶活性分别为对照的 1.79 倍、1.91 倍和 2.94 倍。即使在较低浓度 (1~2 g/L) 下, 三种抗氧化酶活性较对照仍有所增加且差异显著。

表 4 不同浓度褪黑素对葡萄幼苗抗氧化酶活性的影响

壳聚糖浓度 (g/L)	SOD 活性 (U/g)	POD 活性 (U/mg/min)	CAT 活性 (mg/g/min)
0	34.73±0.56d	8.280±0.746d	0.750±0.076e
1	52.47±0.51c	14.23±0.54c	0.860±0.021d
2	57.19±0.63b	14.10±0.24c	2.000±0.211c
4	62.11±0.04a	15.80±0.16b	2.210±0.130b
6	62.60±1.40a	18.00±0.76a	2.400±0.129a

### 2.5 壳聚糖对葡萄幼苗渗透调节物质和相对电导率的影响

由表 5 可知, 不同浓度壳聚糖处理后‘夏黑’葡萄幼苗叶片各渗透调节物质含量和相对电导率均在壳聚糖浓度为 6 g/L 时达最大值, 其中 MDA 较

对照增加 49.81% ( $P < 0.05$ ), 可溶性蛋白含量达最高值 9.54 mg/g, 相对电导率较对照增加了 47.67% ( $P < 0.05$ )。就 Pro 含量而言, 在壳聚糖浓度为 4 g/L 时达到最高值, 较对照增加了 2.52  $\mu\text{g}/\text{g}$ 。

表 5 不同浓度壳聚糖对葡萄幼苗渗透调节物质和相对电导率的影响

壳聚糖浓度 (g/L)	丙二醛含量 (mg/g)	可溶性蛋白含量 (mg/g)	脯氨酸含量 ( $\mu\text{g}/\text{g}$ )	相对电导率 /%
0	54.40±0.20b	6.390±0.863b	72.69±1.52a	29.05±1.03b
1	33.63±0.44c	6.900±0.738b	58.56±1.96b	28.30±1.32b
2	53.31±0.65b	9.000±0.886a	61.45±2.91b	27.31±1.31b
4	53.63±0.23b	8.680±0.715a	75.21±1.95a	28.45±1.28b
6	81.50±0.19a	9.540±0.135a	53.65±2.41c	42.90±3.22a



### 2.6 壳聚糖对葡萄幼苗可溶性糖含量的影响

分析表 6 可知,未经壳聚糖处理的葡萄幼苗各部分可溶性糖含量总体表现为:叶片>茎秆>根系。在 1 g/L 壳聚糖处理后,仍是叶片含量最高,根系含量最低。当浓度达 2 g/L 时根系、茎秆可溶

性糖含量显著增高,叶片含量显著降低 17.76% ( $P < 0.05$ )。浓度为 4 g/L 时根系和茎秆可溶性糖含量达最大值,分别较对照增加了 31.93% ( $P < 0.05$ )和 30.42% ( $P < 0.05$ )。

表 6 不同浓度壳聚糖对葡萄幼苗可溶性糖含量的影响

壳聚糖浓度(g/L)	根系(mg/g)	茎秆(mg/g)	叶片(mg/g)
0	58.43±1.10c	79.43±1.31c	85.82±3.69c
1	59.64±1.11c	94.52±0.50b	101.25±2.75a
2	80.98±1.17b	67.04±0.86d	70.57±0.94d
4	94.30±2.39a	103.6±1.92a	88.84±1.94b
6	77.09±2.93b	81.70±0.91c	93.94±5.66b

## 3 讨论

已有研究表明,壳聚糖能在短时间内促进植物毛细根的生长,而发达的根系有利于植物更好的进行水分和养分的吸收<sup>[19]</sup>。此外,壳聚糖也能够通过增强植株的光合能力,提高植株的抗逆性,来保障植株进行正常的生长发育。在本试验中,壳聚糖(1、2、4 和 6 g/L)处理后葡萄幼苗各部分生物量均显著高于对照,且随浓度的升高,促进效果呈先增加后降低的趋势,在壳聚糖浓度为 4 g/L 时各部分及整株生物量均达最大值,继续增大浓度至 6 g/L 时促进效果开始下降。由此说明,低浓度的壳聚糖可促进葡萄幼苗根系、茎秆和叶片的生长,使植株生长健壮,而高浓度壳聚糖促进效果会降低,如若继续增大喷施浓度可能会不利于植株生长发育。这与杨峰<sup>[20]</sup>的壳聚糖对苹果幼苗生长的影响与浓度有关的研究结果较为相似;在一定范围内随壳聚糖浓度增加其促进效应增强,当壳聚糖浓达 100 mg/L 时,苹果幼苗生长发育状态最好,各项生理生长指标最佳,但浓度超过 100 mg/L 时壳聚糖作用效果不再增大。

光合作用是影响植物生长发育的重要因素,而植物进行光合作用的主要色素是叶绿素,其含量在一定程度上能反映植物同化物质的能力,可以作为衡量光合能力的重要指标<sup>[21]</sup>。光合参数则可以反映植株光合作用的强弱,如植物净光合速率与光合有效辐射之间的定量关系是揭示植物光合生理过程对环境响应的基础<sup>[22]</sup>。在本试验中,经不同浓度壳聚糖处理后叶片叶绿素含量和净光合速率等光合参数较对照均显著增加,且在浓度为 4 g/L 时达最大值。分析原因,可能是壳聚糖可以促进叶绿素合成过程中的谷氨酸合成,并促使谷氨酸向随后各物质如原叶绿素酸的转化保持相对协调平衡,从

而使叶绿素代谢更为快速有效地进行。也有可能是壳聚糖可增强碳、氮代谢酶的活性以及光合作用的明暗反应,提高暗反应固氮效率和防止光呼吸作用造成的 CO<sub>2</sub> 的损失,来达到调节初级光化学、刺激光合作用的目的。至于壳聚糖浓度达 6 g/L 时叶片叶绿素及部分光合参数降低,原因可能是壳聚糖浓度较大时,其粘度大、易成膜,喷在叶面上后,叶片被一层薄膜包围,不仅影响其气孔开度,这层薄膜同时还具有反光作用,会降低叶片对光子的捕捉,影响其光合作用。

植物在正常生理条件下,体内会产生 O<sup>2-</sup>、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 和 OH<sup>-</sup> 等活性氧,但同时这些活性氧又会被植物自身清除,使植物体内活性氧的产生和清除处于动态平衡,这种平衡主要由植物体抗氧化酶系统调控<sup>[23]</sup>。SOD、POD 和 CAT 是植物体内存在的一组有效清除细胞内活性氧的酶系统,对保护细胞膜的完整性和防御活性氧对细胞膜的伤害具有重要作用<sup>[24]</sup>。在本试验中,喷施壳聚糖后葡萄幼苗的抗氧化酶活性显著增高,说明壳聚糖能使葡萄幼苗体内活性氧处于动态平衡的状态,并增强葡萄幼苗植株的内部调节能力和对外界胁迫的抵抗力。有研究者得出相似结论,并分析其机理,主要是因为壳聚糖能够诱导 SOD、POD 和 CAT 等抗氧化酶基因的转录水平,从而提高了抗氧化酶的活性<sup>[25~26]</sup>。

可溶性蛋白、脯氨酸和 MDA 是植物体内的重要渗透调节物质,在植物的逆境胁迫中发挥着重要作用,在一定程度上可以反映植株内部器官的抗逆性<sup>[27]</sup>。陈惠萍等<sup>[19]</sup>发现壳聚糖类物质可提高作物中部分渗透调节物质的含量,李光玉等<sup>[28]</sup>人也发现水溶性壳聚糖可使植株幼苗叶片的可溶性总糖含量和超氧化物酶活性显著增加,显著提高植株的抗旱性。在本试验中,经壳聚糖处理后葡萄幼苗

可溶性蛋白、可溶性糖和可溶性固形物含量也均增加。壳聚糖浓度为 6 g/L 时 MDA 和脯氨酸含量增加,原因可能是壳聚糖浓度过高浓度壳聚糖阻碍了葡萄幼苗的光合作用和呼吸作用,植株受到胁迫,导致细胞代谢紊乱,细胞膜透性增强,细胞保护系统发生改变,电解质外渗增加,MDA 含量和电导率增加。

#### 4 结论

喷施壳聚糖能促进葡萄幼苗生长,同时在一定程度上也增强了植株抗逆性,使其在养分吸收和竞争资源方面更具优势,浓度为 4 g/L 时效果最佳。

#### 参 考 文 献:

- [1] 陈杰忠. 果树栽培学各论[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- [2] 国家统计局农村社会经济调查司. 中国农村统计年鉴[J]. 北京: 中国统计出版社, 2019.
- [3] 刘凤之. 中国葡萄栽培现状与发展趋势[J]. 落叶果树, 2017, 49(01): 1-4.
- [4] 彭海丽, 陵军成. 矮壮素对日光温室红地球葡萄树势调控和果实生长的影响[J]. 青海农业科技, 2016(03): 21-23.
- [5] 林玲, 白先进, 张璘, 等. 赤霉素对巨峰葡萄冬果花序拉长效果及果实品质的影响[J]. 南方农业学报, 2017, 48(06): 1 031-1 035.
- [6] 芦艳. 水肥一体化技术在崇明地区葡萄生产上的应用试验初报[J]. 上海农业科技, 2017(06): 105-106.
- [7] 陈声, 侯婷婷, 江雅婷, 等. 壳聚糖分子量调控研究进展[J]. 广州化工, 2019, 47(23): 14-19.
- [8] 周永国, 杨越冬, 齐应阁, 等. 壳聚糖对花生种子萌发过程中某些生理活性的影响[J]. 花生学报, 2002, 31(01): 22-25.
- [9] El-Tantawy E M. Behavior of tomato plants as affected by spraying with chitosan and aminofort as natural stimulator substances under application of soil organic amendments [J]. Pakistan Journal of biological sciences, 2009, 12(17): 1 164-1 173.
- [10] 刘建民, 李美芹, 薛其勤, 等. 不同分子量壳聚糖对番茄生长发育的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(17): 229-233.
- [11] El-Sawy N M, El-Rehim H A A, Elbarbary A M, et al. Radiation-induced degradation of chitosan for possible use as a growth promoter in agricultural purposes[J]. Carbohydr. Polym, 2010, 79(03): 555-562.
- [12] 陈云, 梁建生, 刘立军. 低聚壳聚糖对小麦种子萌发以及幼苗生理生化特性的影响[J]. 耕作与栽培, 2003, 1(03): 28-29.
- [13] 王佳木, 徐志伟, 王聪. 壳聚糖对菜用大豆叶绿素代谢的影响[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版), 2017, 32(05): 437-441.
- [14] 王灿, 倪云江, 杨婷玉, 等. 稻壳生物炭基质中添加壳聚糖对辣椒、番茄生长质量的影响[J]. 湖南生态科学学报, 2019, 6(04): 26-32.
- [15] 张爱华, 朱国鹏, 李宏旭, 等. 壳聚糖对香蕉产量、品质及贮藏性的影响[J]. 中国南方果树, 2015, 44(03): 84-87.
- [16] 邓丽莉, 黄艳, 周玉翔, 等. 采前壳寡糖处理对柑橘果实贮藏品质的影响. 食品科学, 2009, 3(24): 428-432.
- [17] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [18] 熊庆娥. 植物生理学实验教程[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2003.
- [19] 陈惠萍, 徐朗莱. 壳聚糖调节植物生长发育及诱发植物抗病性研究进展[J]. 云南植物研究, 2005, 27(06): 613-619.
- [20] 杨峰. 外源壳聚糖、水杨酸和多胺对苹果幼苗的生长及抗旱性效应[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2007.
- [21] 叶子飘. 光合作用对光和 CO<sub>2</sub> 响应模型的研究进展[J]. 植物生态学报, 2010, 34(06): 727-740.
- [22] Yu M, Hu C X, Wang Y H. Effects of Molybdenum on the precursors of Chlorophyll biosynthesis in winter wheat cultivars under low temperature[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2006, 39(04): 702-708.
- [23] 张志良, 翟伟菁, 李小方. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [24] 张梦如, 杨玉梅, 成蕴秀, 等. 植物活性氧的产生及其作用和危害[J]. 西北植物学报, 2014, 34(9): 1 916-1 926.
- [25] Yang F, Hu J J, Li J L, et al. Chitosan enhances leaf membrane stability and antioxidant enzyme activities in apple seedlings under drought stress[J]. Plant Growth Regulation, 2009, 58(02): 131-136.
- [26] 张玉秀, 金玲, 冯珊珊, 等. 壳聚糖对镉超累积植物龙葵抗氧化酶活性及基因表达的影响[J]. 中国科学院研究生院学报, 2013, 30(01): 11-17.
- [27] Moya J L, Ros R, Picazo I. Influence of cadmium and nickel on growth, net photosynthesis and carbohydrate distribution in riceplants [J]. Photosynthesis Research, 1993, 36(02): 75-80.
- [28] 李光玉, 丁汉卿, 沈坚列, 等. 水溶性壳聚糖的制备及其对菜心抗旱性的影响研究[J]. 磷肥与复肥, 2018, 33(06): 30-34.