



徐雅欣,杨丽,赵倩,等.壳聚糖及微生物菌剂对枇杷幼苗光合及抗性生理的影响[J].黑龙江农业科学,2022(12):33-37.

壳聚糖及微生物菌剂对枇杷幼苗光合及抗性生理的影响

徐雅欣¹,杨 丽²,赵 倩²,林立金¹,罗 弦²,苏 兵³,邓群仙²

(1.四川农业大学 果蔬研究所,四川 成都 611130; 2.四川农业大学 园艺学院,四川 成都 611130; 3.石棉县安顺场镇人民政府,四川 雅安 625400)

摘要:为促进枇杷幼苗的生长,提高其光合能力和抗性,本文以‘大五星’枇杷幼苗为材料,对其叶面喷施不同浓度(0,1,2,4和6 g·L⁻¹)的壳聚糖和不同稀释倍数(0,50,100,150和200倍液)的微生物菌剂,研究了壳聚糖和微生物菌剂对枇杷幼苗光合及抗性生理的影响。结果表明,叶面喷施不同浓度的壳聚糖提高了枇杷幼苗的叶绿素含量、过氧化物酶(POD)活性、超氧化物歧化酶(SOD)活性和过氧化氢酶(CAT)活性。当壳聚糖浓度为2 g·L⁻¹时叶绿素a含量、叶绿素b含量、类胡萝卜素含量、POD活性、SOD活性和CAT活性达最高值,分别较对照增加了28.03%、25.66%、6.84%、49.25%、15.72%和83.75%。不同浓度的微生物菌剂处理均提高了叶绿素b、类胡萝卜素和可溶性蛋白含量,仅100倍液处理时提高了叶绿素a含量。微生物菌剂50和100倍液处理提高了抗氧化酶活性,150倍液处理仅提高了POD活性,200倍液处理较对照无显著变化。故微生物菌剂100倍液处理效果最佳,枇杷幼苗叶片的叶绿素a含量、叶绿素b含量、类胡萝卜素含量、POD活性、SOD活性、CAT活性和可溶性蛋白含量较对照分别提高了11.69%、25.00%、18.37%、86.11%、29.86%、18.23%和17.87%。因此,2 g·L⁻¹壳聚糖处理和微生物菌剂100倍液处理最有利于提高枇杷幼苗的光合能力和抗性。

关键词:壳聚糖;微生物菌剂;枇杷;生理特性

生物刺激素属于一类具有多种功能的重要农业投入品,能增强作物对非生物胁迫的抗逆性,提高土壤及根际养分利用率,从而提高作物产量及品质^[1]。壳聚糖和微生物菌剂均为农业生产上常用的生物刺激素产品^[2]。壳聚糖可通过提高作物对碳、氮的吸收,增强作物的抗氧化系统,从而促进其养分吸收与产量提升^[3-4]。微生物菌剂的施用能将有益微生物引入土壤,通过固氮、对病原菌的拮抗作用等来提高土壤养分的有效性,改善土壤环境,促进作物生长^[5]。研究表明,壳聚糖处理能通过提高作物叶片光合色素含量、抗氧化酶活性和渗透调节物质含量等来促进其幼苗生长^[6-8]。此外,壳聚糖也可缓解生物胁迫(真菌性病害^[9-10])与非生物胁迫(高温胁迫^[6]、盐胁迫^[11-12]等)对作物造成的损伤。研究表明微生物菌剂能提高土壤养分

有效性和土壤酶(脲酶、过氧化氢酶)活性,从而改良土壤并促进作物生长发育^[13-14]。综上所述,施用壳聚糖和微生物菌剂对作物生长及抗逆性具有一定的影响。

枇杷 [*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.] 为中国南方特产果树,品种众多^[15]。其中‘大五星’枇杷抗性强、外观美,为目前常见的枇杷主栽品种。目前,在枇杷的生产栽培中多采用喷施植物生长调节剂等农艺措施来促进枇杷幼苗生长和提高枇杷果实品质,且前人将吡啶乙酸^[16]和赤霉素^[17]等应用在枇杷幼苗上的研究已有较多报道。但相较于植物生长调节剂,生物刺激素具有环境友好、微量高效等优势,是近几年的研究热点^[18]。且壳聚糖和微生物菌剂等生物刺激素在促进作物生长方面的效果近年来已在厚皮甜瓜^[19]、黄瓜^[20]、番茄^[21]和核桃^[22]等生产上被验证,但有关壳聚糖及微生物菌剂在枇杷上的应用研究较少。因此,以‘大五星’枇杷幼苗为材料,研究叶面喷施不同浓度壳聚糖和微生物菌剂对枇杷幼苗光合及抗性生理的影响,以期筛选出有利于枇杷幼苗生长的壳聚糖和微生物菌剂浓度,为枇杷生产提供参考。

收稿日期:2022-10-15

基金项目:四川省科技支撑计划“十四五”育种攻关项目(2021YFYZ0023-07);国家现代农业产业技术体系四川水果创新团队项目(sccxt-2022-04);雅安市市校合作项目(21SXHZ0023)。

第一作者:徐雅欣(1999—),女,硕士研究生,从事果树栽培理论与技术研究。E-mail:879042953@qq.com。

通信作者:邓群仙(1968—),女,博士,教授,从事果树栽培理论与技术研究。E-mail:1324856299@qq.com。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料为‘大五星’枇杷一年生实生幼苗,由成都市崇州市四川农业大学现代农业研发基地提供,株高约为 17 cm。

壳聚糖(羧化壳聚糖 CAS 9012-76-4),浅黄白色粉末,水溶性,脱乙酰度 90%,购自生工生物工程(上海)股份有限公司。

微生物菌剂为‘拜尔卓润’液体微生物菌剂,主要成分:解淀粉芽孢杆菌 ≥ 3.0 亿 $\cdot\text{mL}^{-1}$,霉菌杂菌数 $\leq 3.0\times 10^6$ 个 $\cdot\text{mL}^{-1}$,杂菌率 $\leq 10.0\%$,汞(Hg) $\leq 2\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,砷(As) $\leq 15\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,镉(Cd) $\leq 3\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,铅(Pb) $\leq 50\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,铬(Cr) $\leq 150\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,购自拜尔作物科学(中国)有限公司。

供试土壤为潮土,取自四川农业大学成都校区周边农田,pH7.42,碱解氮 60.13 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,有效磷 16.13 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效钾 51.03 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,测定方法参照鲍士旦^[23]。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于 2021 年 10 月在四川农业大学成都校区避雨棚开展。将供试土壤风干后过 6.72 mm(3 目)筛,称取 3.50 kg 土装入苗盆(直径 20 cm \times 高 16 cm),使土壤保持湿润,放置 28 d 备用。将长势一致的‘大五星’枇杷幼苗移栽至苗盆,每盆移栽 3 株,待幼苗全部成活后,用不同浓度(0,1,2,4 和 6 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)壳聚糖和不同稀释倍数(0,50,100,150 和 200 倍液)微生物菌

剂对枇杷幼苗叶面正反面及全株喷施处理(以叶片正背面均匀布满雾状水滴为度),每盆各喷施 100 mL 不同浓度壳聚糖或微生物菌剂,对照喷施等量蒸馏水,每个处理 3 次重复(3 盆)。每 15 d 施药一次,连续处理 2 次,最后 1 次喷施后 30 d 收获,进行样品采集以供相关指标测定。

1.2.2 测定项目及方法 参照熊庆娥《植物生理学实验教程》^[24]测定枇杷幼苗叶片光合色素含量、抗氧化酶活性和可溶性蛋白含量,即乙醇-丙酮混合浸提法测定枇杷幼苗叶片的叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素含量;分别采用紫外分光光度法、愈创木酚法和氯化硝基四氮唑蓝还原法测定枇杷幼苗叶片的过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)和超氧化物歧化酶(SOD)活性;考马斯亮蓝法测定枇杷幼苗的可溶性蛋白含量。

1.2.3 数据分析 采用 SPSS 26.0 软件对数据进行方差分析(Duncan 氏新复极差法进行多重比较)。

2 结果与分析

2.1 壳聚糖对枇杷幼苗光合色素的影响

由表 1 可知,当壳聚糖浓度为 1,2,4 和 6 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,枇杷幼苗叶片的叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量和叶绿素总量均较对照显著($P<0.05$)提高,且浓度为 2 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时效果最明显,较对照分别增加了 28.03%、25.66%和 27.04%。叶面喷施各浓度壳聚糖对枇杷幼苗叶片的叶绿素 a/b 无显著影响。2 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 壳聚糖处理显著提高了枇杷幼苗叶片的类胡萝卜素含量,较对照提高了 6.84%,而 6 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 壳聚糖处理显著降低了其类胡萝卜素含量,较对照降低了 4.22%。

表 1 壳聚糖对枇杷幼苗叶片光合色素含量的影响

壳聚糖/ ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	叶绿素 a/ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	叶绿素 b/ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	叶绿素总量/ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	叶绿素 a/b	类胡萝卜素/ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)
0(CK)	0.314 \pm 0.013 c	0.226 \pm 0.008 c	0.540 \pm 0.016 c	1.390 \pm 0.070 a	0.0877 \pm 0.0015 b
1	0.361 \pm 0.012 b	0.260 \pm 0.004 b	0.621 \pm 0.012 b	1.389 \pm 0.057 a	0.0878 \pm 0.0013 b
2	0.402 \pm 0.015 a	0.284 \pm 0.009 a	0.686 \pm 0.021 a	1.418 \pm 0.049 a	0.0937 \pm 0.0015 a
4	0.394 \pm 0.014 a	0.272 \pm 0.010 ab	0.666 \pm 0.023 a	1.452 \pm 0.034 a	0.0880 \pm 0.0010 b
6	0.363 \pm 0.010 b	0.269 \pm 0.011 ab	0.632 \pm 0.018 b	1.350 \pm 0.053 a	0.0840 \pm 0.0016 c

注:同一列的不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。下同。

2.2 微生物菌剂对枇杷幼苗光合色素的影响

由表 2 可知,微生物菌剂 100 倍液处理显著提高了枇杷幼苗叶片的光合色素(叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量和类胡萝卜素)含量,较对照分别增加了 11.69%、25.00%、15.94%和 18.37%,

显著降低了叶绿素 a/b,较对照降低了 10.70%。当微生物菌剂叶面喷施浓度为 50,150 和 200 倍液时,枇杷幼苗叶片的叶绿素 b、叶绿素总量和类胡萝卜素含量较对照均显著增加,对其叶片叶绿素 a 含量无显著影响,而叶绿素 a/b 显著低于对照。

表 2 微生物菌剂对枇杷幼苗叶片光合色素含量的影响

微生物菌剂/ 倍液	叶绿素 a/ (mg·g ⁻¹)	叶绿素 b/ (mg·g ⁻¹)	叶绿素总量/ (mg·g ⁻¹)	叶绿素 a/b	类胡萝卜素/ (mg·g ⁻¹)
0(CK)	0.445±0.016 b	0.196±0.005 d	0.640±0.021 d	2.272±0.029 a	0.0637±0.0026 c
50	0.466±0.014 b	0.236±0.004 ab	0.702±0.015 b	1.975±0.059 b	0.0736±0.0021 ab
100	0.497±0.009 a	0.245±0.012 a	0.742±0.020 a	2.029±0.064 b	0.0754±0.0019 a
150	0.457±0.005 b	0.225±0.005 bc	0.682±0.007 bc	2.035±0.053 b	0.0709±0.0015 b
200	0.458±0.010 b	0.219±0.010 c	0.677±0.009 c	2.096±0.134 b	0.0699±0.0025 b

2.3 壳聚糖对枇杷幼苗抗氧化酶活性和可溶性蛋白含量的影响

由表 3 可知,各浓度(1,2,4 和 6 g·L⁻¹)壳聚糖处理较对照提高了枇杷幼苗叶片的 POD 和 CAT 活性,且 POD 和 CAT 活性均为 2 g·L⁻¹壳

聚糖处理最高。当壳聚糖浓度为 2 和 4 g·L⁻¹时,枇杷幼苗叶片的 SOD 活性较对照显著($P<0.05$)提高,分别较对照提高 15.72%和 10.63%。而各浓度壳聚糖处理对枇杷幼苗的可溶性蛋白含量与对照无显著影响。

表 3 壳聚糖对枇杷幼苗叶片抗氧化酶活性和可溶性蛋白含量的影响

壳聚糖/ (g·L ⁻¹)	POD 活性/ [U·(mg·min) ⁻¹]	SOD 活性/ (U·g ⁻¹)	CAT 活性/ [mg·(g·min) ⁻¹]	可溶性蛋白含量/ (mg·g ⁻¹)
0(CK)	506.29±9.68 e	144.32±4.06 b	3.656±0.141 e	21.32±1.40 ab
1	707.16±12.68 b	146.03±4.36 b	4.904±0.188 c	22.32±1.43 ab
2	755.62±15.23 a	167.01±5.21 a	6.718±0.212 a	23.15±0.99 a
4	655.24±15.35 c	159.66±1.64 a	5.484±0.197 b	22.83±1.26 a
6	583.70±13.11 d	151.58±4.91 b	4.548±0.132 d	20.19±0.76 b

2.4 微生物菌剂对枇杷幼苗抗氧化酶活性的影响

由表 4 可知,当微生物菌剂为 50 和 100 倍液时,枇杷幼苗叶片的抗氧化酶(POD、SOD 和 CAT)活性和可溶性蛋白含量较对照均显著增加。微生

物菌剂 150 倍液处理提高了枇杷幼苗叶片 POD 活性和可溶性蛋白含量,分别较对照显著增加了 20.70%和 13.59%。微生物菌剂 200 倍液处理时可溶性蛋白含量较对照显著增加了 9.71%。

表 4 微生物菌剂对枇杷幼苗叶片抗氧化酶活性和可溶性蛋白含量的影响

微生物菌剂/ 倍液	POD 活性/ [U·(mg·min) ⁻¹]	SOD 活性/ (U·g ⁻¹)	CAT 活性/ [mg·(g·min) ⁻¹]	可溶性蛋白含量/ (mg·g ⁻¹)
0(CK)	869.17±20.29 d	86.56±5.03 c	5.145±0.344 c	14.72±0.27 b
50	1220.45±31.01 b	104.70±5.09 ab	5.861±0.241 ab	16.93±0.85 a
100	1617.59±18.69 a	112.41±7.45 a	6.083±0.247 a	17.35±0.69 a
150	1049.11±34.09 c	96.94±4.17 bc	5.509±0.170 bc	16.72±0.80 a
200	911.75±10.08 d	94.31±8.72 bc	5.262±0.113 c	16.15±0.82 a

3 讨论

植物进行光合作用离不开光合色素,其含量可作为衡量植物同化物质能力强弱的指标之一^[6]。其中主要的光合色素有叶绿素和类胡萝卜素,叶绿素可以吸收、传递和转化光能,类胡萝卜素可以防御叶绿体受光破坏^[25]。前人在葡萄幼苗^[26]上的研究表明适宜浓度的壳聚糖处理可增加叶片光合色素含量。本试验中,叶面喷施壳聚糖增加了枇杷幼苗叶片叶绿素 a 和叶绿素 b 含量,这说明施用壳聚糖可以促进枇杷幼苗叶片叶绿素的合成,促进植株进行光合作用,积累干物质,但具体的促进机理有待进一步研究。宋淑淑等^[27]研究表明,低浓度(1~3 g·L⁻¹)壳聚糖处理可提高棉花幼苗的类

胡萝卜素含量,高浓度(5 g·L⁻¹)壳聚糖处理则对其起抑制作用。本试验中,低浓度(2 g·L⁻¹)壳聚糖处理增加了枇杷幼苗叶片类胡萝卜素含量,高浓度(6 g·L⁻¹)壳聚糖处理降低了其类胡萝卜素含量,与前人^[26-27]研究结果一致的原因可能是壳聚糖浓度越大,其黏度越大,会在枇杷叶面上形成一层膜,抑制叶片的光合作用^[27]。王其传等^[28]研究表明,芽孢杆菌处理能显著增加辣椒幼苗叶片的叶绿素含量。本试验中,微生物菌剂 100 倍液处理增加了枇杷幼苗叶片叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素含量,说明适宜浓度微生物菌剂可以增加枇杷叶片的光合色素含量,提高其对光能的捕获能力,但解淀粉芽孢杆菌促进光合色素合成的具体机理有待进一步研究^[28]。

POD、SOD 和 CAT 组成了植物体内的抗氧化酶系统,其能维持植物活性氧自由基清除与再生的动态平衡,减轻对植物细胞膜和蛋白质的氧化损伤^[29]。可溶性蛋白为植物体内的重要渗透调节物质,一定程度上可以反映植物抗逆能力的强弱^[30]。王涛等^[6]研究表明,在高温胁迫条件下壳聚糖处理提高了黄瓜幼苗抗氧化酶(SOD、POD、CAT)活性。本试验中,2 和 4 g·L⁻¹壳聚糖处理提高了枇杷幼苗叶片抗氧化酶(POD、SOD 和 CAT)活性,与前人^[6, 30]研究结果一致的原因可能是带正电荷的壳聚糖与位于细胞膜中的带负电荷的磷脂或蛋白质受体结合导致细胞内信号产生,促使 H₂O₂ 作为信号分子激活抗氧化酶系统,从而提高抗氧化酶活性^[31]。薛国希等^[32]在黄瓜幼苗上的研究表明壳聚糖处理可提高低温胁迫下幼苗的可溶性蛋白含量。本试验中,壳聚糖处理对枇杷幼苗的可溶性蛋白含量无显著影响,与薛国希等^[32]研究结果不一致,可能是前人研究中处理后增加的可溶性蛋白主要是冷调节蛋白或是因低温诱导而由膜结合蛋白转变成的可溶性蛋白,而本试验中未对枇杷幼苗施加逆境胁迫,对细胞膜透性的影响程度较小,故可溶性蛋白含量变化不显著^[33]。肖雨沁等^[34]研究结果表明,芽孢杆菌处理提高了烟苗 SOD、POD 和 CAT 活性,增加了可溶性蛋白含量。本试验中,微生物菌剂 50 和 100 倍液处理提高了枇杷幼苗叶片 POD 活性、SOD 活性、CAT 活性和可溶性蛋白含量,这说明经微生物菌剂处理后可能导致枇杷幼苗处于胁迫环境,促使其体内积累活性氧,从而引起抗氧化防御系统活性增强和渗透调节物质增多,进而提高枇杷幼苗的抗氧化酶活性和渗透调节能力,增强其对环境的适应性^[34]。

本研究初步探讨了壳聚糖处理和微生物菌剂处理对枇杷幼苗光合和抗性生理的影响,但壳聚糖处理和微生物菌剂处理对枇杷幼苗光合色素含量和抗氧化酶活性的增效机制尚不清楚,有待进一步研究。

4 结论

壳聚糖处理有助于提高枇杷幼苗叶片的叶绿素含量,且浓度为 2 g·L⁻¹时效果最佳。微生物菌剂处理有助提高枇杷幼苗叶片的叶绿素 b 和类胡萝卜素含量,仅微生物菌剂 100 倍液处理提高了叶绿素 a 含量。2 g·L⁻¹壳聚糖、4 g·L⁻¹壳聚糖、微生物菌剂 50 倍液和微生物菌剂 100 倍液处理有助于枇杷幼苗叶片的抗氧化酶(POD、SOD

和 CAT)活性,其中 2 g·L⁻¹壳聚糖和微生物菌剂 100 倍液处理效果最佳。微生物菌剂处理有助于提高枇杷幼苗可溶性蛋白含量,壳聚糖处理对可溶性蛋白含量无显著影响。综上所述,2 g·L⁻¹壳聚糖和微生物菌剂 100 倍液处理最有利于枇杷幼苗光合能力和抗性的提高。

参考文献:

- [1] ANDREOTTI C, ROUPHAEL Y, COLLA G, et al. Rate and timing of application of biostimulant substances to enhance fruit tree tolerance toward environmental stresses and fruit quality[J]. *Agronomy*, 2022, 12(3): 603.
- [2] 王学江, 李峰, 张志凯. 植物用生物刺激素的研究进展[J]. *磷肥与复肥*, 2021, 36(5): 21-26.
- [3] ABDELAAL K, ATTIA K A, NIEDBALA G, et al. Mitigation of drought damages by exogenous chitosan and yeast extract with modulating the photosynthetic pigments, antioxidant defense system and improving the productivity of garlic plants[J]. *Horticulturae*, 2021, 7(11): 510.
- [4] 曹琪, 孟姝婷, 桑金盛, 等. 壳聚糖对苹果幼树根区土壤养分活化及其养分吸收的影响[J]. *山东农业科学*, 2021, 53(4): 78-83.
- [5] 陈子彪, 肖波. 不同微生物菌剂对基质培西瓜幼苗生长及基质土壤酶活性的影响[J]. *长江蔬菜*, 2022(10): 9-12.
- [6] 王涛, 黄语燕, 陈永快, 等. 高温胁迫下外源壳聚糖对黄瓜幼苗生长的影响[J]. *江苏农业科学*, 2019, 47(23): 142-146.
- [7] 张皓然, 范中茵, 李红春, 等. 壳聚糖对葡萄幼苗生理生态的影响[J]. *陕西农业科学*, 2022, 68(8): 18-23.
- [8] 秦曼丽, 朱永兴, 刘续立, 等. 外源壳聚糖对干旱胁迫下生姜幼苗光合特性及水分代谢的影响[J]. *中国瓜菜*, 2022, 35(9): 48-56.
- [9] KARAMCHANDANI B M, CHAKRABORTY S, DALVI S G, et al. Chitosan and its derivatives: promising biomaterial in averting fungal diseases of sugarcane and other crops[J]. *Journal of Basic Microbiology*, 2022, 62(5): 533-554.
- [10] LI J H, LI R Y, ZHANG C, et al. Co-application of allicin and chitosan increases resistance of *Rosa roxburghii* against powdery mildew and enhances its yield and quality[J]. *Antibiotics*, 2021, 10(12): 1449.
- [11] ZHANG G, WANG Y H, WU K, et al. Exogenous application of chitosan alleviate salinity stress in lettuce (*Lactuca sativa* L.)[J]. *Horticulturae*, 2021, 7(10): 342.
- [12] SADAK M S, TALAAT I M. Attenuation of negative effects of saline stress in wheat plant by chitosan and calcium carbonate[J]. *Bulletin of the National Research Centre*, 2021, 45(1): 1-12.
- [13] 丁龙平, 杨倩. 不同浓度微生物菌剂对黄瓜土壤理化性质的影响[J]. *安徽农学通报*, 2022, 28(2): 111-113.
- [14] SIMRANJIT K, KANCHAN A, PRASANNA R, et al. Microbial inoculants as plant growth stimulating and soil nutrient availability enhancing options for cucumber under protected cultivation[J]. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2019, 35(3): 51.
- [15] 吴万兴, 孙升辉, 张忠良. 枇杷[M]. 咸阳: 西北农林科技大学出版社, 2004: 178.

- [16] 江旭升,杨勇胜,李庆宏,等. IAA 对铅胁迫下枇杷砧木幼苗生理特性的影响[J]. 现代园艺,2022,45(13):10-12.
- [17] SURYA M I, ISMAINI L, NORMASIWI S, et al. Plant growth regulators affecting leaf traits of loquat seedling[J]. Annual Research and Review in Biology,2020,35:73-85.
- [18] 刘国秀,沈宏. 生物刺激素及其在农业中的应用[J]. 磷肥与复肥,2020,35(11):22-26.
- [19] 李志程. 壳聚糖采前处理对厚皮甜瓜生长发育、果实贮藏特性及采后愈伤的影响[D]. 兰州:甘肃农业大学,2021.
- [20] 顾丽娜,李春香,乔永旭,等. 外源 CTS 对干旱胁迫下黄爪幼苗生理生化指标的影响[J]. 西南农业学报,2010,23(1):70-73.
- [21] 王丽丽,朱诗君,狄蕊,等. 微生物菌肥菌剂对番茄生长发育和产量品质的影响[J]. 土壤与作物,2022,11(1):88-95.
- [22] 罗金滔. 两种微生物菌剂对核桃生长及果实品质的影响[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2021.
- [23] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2000:56-106.
- [24] 熊庆娥. 植物生理学实验教程[M]. 成都:四川科学技术出版社,2003:146.
- [25] 蔡霞,张洁,张德军,等. 观赏羽衣甘蓝生长期植物光合色素变化规律[J]. 分子植物育种,2021,19(21):7232-7239.
- [26] 夏丹. 壳聚糖对葡萄生长和养分吸收及果实品质的影响[D]. 成都:四川农业大学,2020.
- [27] 宋淑淑,朱启忠,王蓉,等. 壳聚糖对棉花幼苗生理生化特性的影响[J]. 西北农业学报,2012,21(8):114-117.
- [28] 王其传,孙锦,束胜,等. 微生物菌剂对日光温室辣椒生长和光合特性的影响[J]. 南京农业大学学报,2012,35(6):7-12.
- [29] UZILDAY B, TURKAN I, SEKMEN A H, et al. Comparison of ROS formation and antioxidant enzymes in *Cleome gynandra* (C₄) and *Cleome spinosa* (C₃) under drought stress[J]. Plant Science,2012,182:59-70.
- [30] 杨华庚,杨毅敏,廖红妮,等. 壳聚糖对蝴蝶兰幼苗耐热性的诱导作用[J]. 生态学杂志,2015,34(12):3430-3437.
- [31] MOOLPHUERK N, LAWSON T, PATTANAGUL W. Chitosan mitigates the adverse effects and improves photosynthetic activity in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings under drought condition[J]. Journal of Crop Improvement, 2022,36(5):638-655.
- [32] 薛国希,高辉远,李鹏民,等. 低温下壳聚糖处理对黄瓜幼苗生理生化特性的影响[J]. 植物生理与分子生物学报,2004(4):441-448.
- [33] 康国章,王正询,孙谷畴. 植物的冷调节蛋白[J]. 植物学通报,2002(2):239-246.
- [34] 肖雨沁,雷晓,张明金,等. 三种芽孢杆菌菌剂对烤烟育苗效果的影响[J]. 中国农业科技导报,2022,24(5):85-92.

Effects of Chitosan and Microbial Agents on Photosynthesis and Resistance Physiology of Loquat Seedlings

XU Ya-xin¹, YANG Li², ZHAO Qian², LIN Li-jin¹, LUO Xian², SU Bing³, DENG Qun-xian²

(1. Institute of Pomology and Olericulture, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China; 2. College of Horticulture, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China; 3. Shimian County Anshunchang Town People's Government, Ya'an 625400, China)

Abstract: In order to promote the growth of loquat seedlings and improve their photosynthetic capacity and resistance, 'Dawuxing' loquat seedlings were sprayed with different concentrations (0, 1, 2, 4 and 6 g·L⁻¹) of chitosan and different dilution times (0, 100, 150 and 200 times) of microbial agents to study the effects of chitosan and microbial agents on photosynthesis and resistance physiology of loquat seedlings. The results showed that foliar application of different concentrations of chitosan increased chlorophyll content, peroxidase (POD) activity, superoxide dismutase (SOD) activity and catalase (CAT) activity of loquat seedlings. When the chitosan concentration was 2 g·L⁻¹, the content of chlorophyll *a* and chlorophyll *b*, carotenoid content, POD activity, SOD activity and CAT activity reached the highest value, increased by 28.03%, 25.66%, 6.84%, 49.25%, 15.72% and 83.75% respectively compared with the control. The treatments with different concentrations of microbial agents increased the contents of chlorophyll *b*, carotenoids and soluble protein in the leaves of loquat seedlings, and the content of chlorophyll *a* was increased only when the concentration was 100 times. The treatment with 50 and 100 times of microbial agents increased the activity of antioxidant enzymes. When the concentration was 150 times, only POD activity was increased. When the concentration was 200 times, there was no significant change compared with the control. Therefore, when the concentration of microbial agent was 100 times, the effect was the best. The content of chlorophyll *a* and chlorophyll *b*, carotenoid content, POD activity, SOD activity, CAT activity and soluble protein content in the leaves of loquat seedlings increased by 11.69%, 25.00%, 18.37%, 86.11%, 29.86%, 18.23% and 17.87%, respectively, compared with the control. Therefore, when the chitosan concentration was 2 g·L⁻¹ and the microbial agent concentration was 100 times, it was most conducive to improving the photosynthetic capacity and resistance of loquat seedlings.

Keywords: chitosan; microbial agents; loquat; physiological characteristics