

壳寡糖诱导菜薹对立枯病的抗性研究

康云艳,刘 兵,杨 暹,柴喜荣

(华南农业大学 园艺学院,广东 广州 510642)

摘要:为探讨壳寡糖对菜薹接种立枯丝核菌后的发病率、病情相关蛋白和内源激素含量的影响。以菜心品种油青四九为材料,于菜薹形成初期叶面喷施0.4,2,8 mg/L 壳寡糖预处理2 d,以喷施无菌水为对照,灌根接种立枯丝核菌。结果表明:0.4 mg/L 壳寡糖处理可提高菜薹植株对立枯丝核菌的抗性,降低发病率,减少由于病害造成的产量下降。与单独接种立枯丝核菌相比,接种6 d内,0.4 mg/L 壳寡糖处理可进一步增强病原菌对菜薹植株叶片中几丁质酶、 β -1,3 葡聚糖酶的诱导作用;接种6 d后,则显著促进内源激素吲哚乙酸(IAA)和脱落酸(ABA)的形成;接种处理期间,0.4 mg/L 壳寡糖处理均显著诱导了乙烯的形成。表明,接种早期,适宜浓度的壳寡糖可提高植株体内病情相关蛋白几丁质酶和 β -1,3 葡聚糖酶的活性,进而通过较高水平的内源激素乙烯、IAA和ABA的代谢传递抗病信号,从而诱导菜薹植株对立枯病的系统抗性。

关键词:菜薹;壳寡糖;立枯病;病程相关蛋白;内源激素

中图分类号:S662.5;Q945.78;X53 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-7091(2014)04-0145-06

Studies on Chitooligosaccharide-induced Resistance to *Rhizoctonia solani* in Flowering Chinese Cabbage

KANG Yun-yan, LIU Bing, YANG Xian, CHAI Xi-rong

(College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The aim of our study was to investigate the influences of chitooligosaccharide on sheath blight occurrence, pathogenesis-related proteins (PRs) and endogenous hormones contents. Youqingsijiu flowering Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *chinensis* var. *utilis* Tsen et Lee) was chosen as the material. At the early stage of stalk formation, 0.4, 2 and 8 mg/L chitooligosaccharide and sterile water (control) were sprayed, and 2 days later, plants were inoculated by *Rhizoctonia solani*. The results showed that 0.4 mg/L chitooligosaccharide could increase the resistance of plants to *R. solani*, reduce the incidence of sheath blight, and thus reduce the loss of the yield caused with *R. solani*. Compared with inoculation alone, foliar application of 0.4 mg/L chitooligosaccharide could further enhanced the activities of chitinase and β -1,3 glucanase within 6 days of inoculation, and the production of ethylene, indole acetic acid and abscisic acid after 6 days of inoculation. These data suggested that it is important for inducing systematic acquired resistance of flowering Chinese cabbage to sheath blight to induce high level of PRs in a shorter time after inoculation, and later keep high contents of endogenous hormones.

Key words: Flowering Chinese cabbage; Chitooligosaccharide; Sheath blight; Pathogenesis-related proteins; Endogenous hormones

土传立枯病又称“死苗”,主要由立枯丝核菌(*Rhizoctonia solani*)侵染引起,在全国各地均有不同程度发生。立枯丝核菌寄主范围广,可侵染茄科、葫芦科、豆科、十字花科等160多种植物。由于缺乏高

效的抗病品种和有效的防治措施,立枯病严重危害多种蔬菜及农作物的生产^[1-2]。菜薹(*Brassica parachinensis* Bailey),又名菜心,是十字花科芸薹属中以花薹为产品的一种蔬菜,是我国的特产蔬菜,也

收稿日期:2014-05-04

基金项目:广东省科技计划项目(2012B020303001;2012A020603009);广东省现代农业产业技术体系特色蔬菜产业创新团队项目(粤农(2009)380号);国家自然科学基金项目(31301767)

作者简介:康云艳(1981-),女,江苏盐城人,讲师,博士,主要从事蔬菜作物抗病生理及分子生物学研究。

通讯作者:杨 暹(1964-),男,广东湛江人,教授,博士,主要从事蔬菜作物抗病生理及分子生物学研究。

是华南地区栽培规模最大的蔬菜之一,在周年供应及出口创汇中起着举足轻重的作用。由于菜薹生长周期短,复种指数高,田间立枯病的发病率越来越高,已严重影响菜心的产量和品质。

壳寡糖是一种安全环保的新型寡糖类抗病诱导剂,由 2~10 个氨基葡萄糖通过 β -1,4-糖苷键连接而成的低聚糖,具有多种生物学活性。业已证明,它是一种有效的植物诱抗激发子,在植物病害防治上具有抑制病原菌的侵染、诱导植保素生成和激发植物自生抗性等作用,已在防治植物病害方面显示出巨大的潜力。目前,有关壳寡糖的诱导抗病机理主要集中在烟草等大田作物上,而在蔬菜上的研究尚少^[3]。本试验研究了壳寡糖对菜薹接种立枯丝核菌后发病率、病情相关蛋白、内源激素变化的影响,探讨壳寡糖提高菜薹立枯病抗性的作用机理,寻找一条安全环保、经济实用的防治病害新方法,为菜薹立枯病的安全防治提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试菜心品种为栽培面积较广的油青四九,种子由广州市蔬菜研究所提供。

1.2 试验方法

1.2.1 幼苗的培育 试验在华南农业大学蔬菜试验基地进行。2011 年 6 月 20 日种子浸种催芽,发芽后播于装有泥碳和椰糠(1:2)混合基质的营养钵中。基质经 121 °C 高温灭菌 1 h。当幼苗长到 2~3 片真叶时定植于装有经过 2% 福尔马林溶液消毒的沙子的塑料花盆中。塑料花盆规格:下口径 20 cm,上口口径 28 cm,高 25 cm,每盆装沙子 7.85 L。

试验设置 0(对照),0.4,2,8 mg/L 4 个壳寡糖处理。每处理 3 次重复,每重复 20 盆,每盆种植 6 株。在生长期每 4~7 d 浇一次 Hoagland 配方的营养液。7 月 28 日菜薹形成初期,采用人工喷雾的方法,将各个壳寡糖处理喷洒到植株叶片表面上,每盆喷施 10 mL,喷完后覆盖薄膜闷盖保湿 24 h,各处理的对照喷施无菌水。7 月 30 日采用人工灌根接种法将菌液(在 PDA 培养基上长满 9 cm 直径培养皿的立枯菌菌落按每个菌落 50 mL 无菌水的比例,用匀浆机匀浆形成)浇在植株的根部。接种后 0,2,4,6,8 d,取各处理植株第 4~7 节位叶片,切碎混匀后各称取 500 mg,用锡纸包好,外套保鲜袋,贮藏于 -30 °C 冰箱内,供防御相关酶活性和内源激素含量的测定;取第 4~7 节位叶片,立即密封 3 h 后测定乙烯释放量。

1.2.2 发病率调查 接种后 7 d,观察各处理植株的发病情况,统计发病率。

1.2.3 防御相关酶活性测定 几丁质酶活性参照 Boller 等^[4]的方法测定, β -1,3 葡聚糖酶活性参照 Mauch 等^[5]的方法测定。

1.2.4 内源激素含量测定 乙烯释放量参照刘志勇等^[6]的方法,采用日本岛津 GC-17A 气相色谱仪进行测定。在室温下,将叶子置于 625 mL 密封罐中,密封 3 h,用一次性注射器从罐中抽取 1 mL 气体用于测定。色谱柱为活性氧化铝填充柱(2 m \times 0.3 mm),柱温为 60 °C,载气为氦气,流速 30 mL/min,采用火焰离子检测器(FID),温度为 120 °C,进样口温度为 120 °C。

IAA、ABA 含量采用陈雪梅和王沙生^[7]的 HPLC 法提取、纯化、分离进行测定。HPLC 检测的条件:色谱柱为 C18 柱(250 mm \times 4.6 mm,5 μ m, Hypersil);流动相为甲醇:乙腈:K₂HPO₄(0.02 mol/L pH 值 3.5)=15:15:70;流速为 1 mL/min;柱温 35 °C;紫外检测波长 210 nm;进样量 10 μ L;外标法测定。

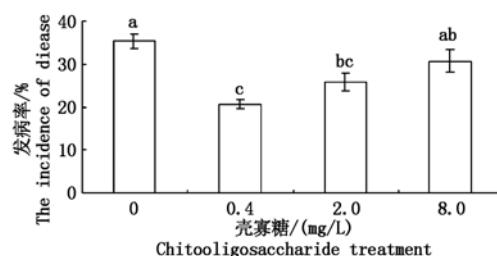
1.2.5 产量调查 于采收期(8 月 5 日)统计各处理菜薹的产量。

1.2.6 数据处理 数据采用 Excel 2003 和 SAS 9.0 软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 对菜薹接种立枯丝核菌后发病率的影响

壳寡糖叶面喷施菜薹 9 d,接种立枯丝核菌 7 d 时植株的发病率见图 1。结果表明,较低浓度(0.4, 2 mg/L)的壳寡糖处理植株的发病率显著低于对照,8 mg/L 高浓度壳寡糖处理对菜薹立枯病抗性无显著的诱导作用。处理中,以 0.4 mg/L 壳寡糖处理诱导抗病效果最好,发病率最低。



不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。表 1、图 2~6 同。

The different letter indicated significance at $P < 0.05$ level.

The same as Tab. 1, Fig. 2~6.

图 1 壳寡糖处理对菜薹接种立枯丝核菌后发病率的影响

Fig. 1 The effects of chitoooligosaccharide treatment on the incidence of sheath blight after inoculation with *R. solani* in flowering Chinese cabbage

2.2 对接种立枯丝核菌后菜薹产量的影响

从表 1 可以看到,未接种立枯丝核菌条件下,壳寡糖处理对菜薹产量无显著影响。接种后,立枯丝核菌显著影响了菜薹的生长发育,降低了菜薹的产量。外源壳寡糖处理不同程度的抑制了产量的降低,低浓度的增产作用高于高浓度处理。处理中,0.4 mg/L 壳寡糖处理产量最高,显著降低了立枯丝核菌对菜薹产量的抑制作用。

表 1 壳寡糖对接种立枯丝核菌后菜薹产量的影响

Tab.1 The effects of chitooligosaccharide on yield after inoculation with *R. solani* in flowering Chinese cabbage

处理 Treatments	壳寡糖浓度/(mg/L) Chitooligosaccharide concentrations	菜薹产量/(g/plant) Yield
未接种 No inoculation	0.0	15.52 ± 0.87ab
	0.4	16.91 ± 1.26a
	2.0	16.69 ± 0.86a
	8.0	15.82 ± 0.58ab
接种 Inoculation	0.0	9.97 ± 0.64d
	0.4	14.02 ± 1.94abc
	2.0	11.89 ± 1.69bcd
	8.0	10.85 ± 1.41cd

2.3 对菜薹接种立枯丝核菌后叶片病程相关蛋白的影响

2.3.1 对叶片几丁质酶活性的影响 由图 2 可以看出,未接种对照菜薹叶片几丁质酶活性处理期间相对稳定,维持在较低的水平;未接种条件下,0.4 mg/L 壳寡糖预处理显著诱导了几丁质酶活性的上升,约为未接种对照的 1.5 倍。

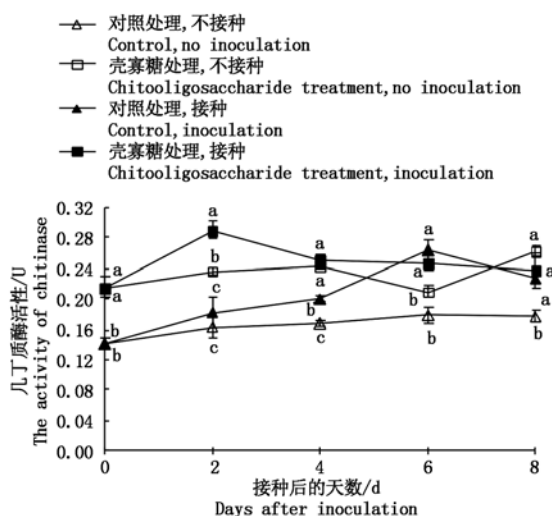


图 2 0.4 mg/L 壳寡糖对菜薹接种立枯丝核菌后叶片几丁质酶活性的影响

Fig.2 The effects of 0.4 mg/L chitooligosaccharide on the activity of chitinase of leaves after inoculation with *R. solani* in flowering Chinese cabbage

接种后,接种对照植株叶片几丁质酶活性呈现先上升后降低的趋势,在第 6 天达到峰值后逐渐下降,试验期间均显著高于未接种对照;0.4 mg/L 壳寡糖预处理进一步促进了接种菜薹叶片几丁质酶活性的升高,且峰值提早到第 2 天,4 d 后与接种对照植株叶片几丁质酶活性无显著差异。

2.3.2 对叶片 β -1,3 葡聚糖酶活性的影响 由图 3 可以看出,各处理菜薹叶片 β -1,3 葡聚糖酶活性变化均呈现先上升后降低的趋势,在第 2 天达到峰值后逐渐下降,6 d 时降低至接种 0 d 时水平。未接种条件下,0.4 mg/L 壳寡糖预处理对植株叶片 β -1,3 葡聚糖酶活性无显著诱导作用。接种后 4 d 内,与接种对照相比,0.4 mg/L 壳寡糖预处理进一步促进了接种菜薹叶片 β -1,3 葡聚糖酶活性的升高,4 d 后与接种对照植株叶片几丁质酶活性无显著差异。

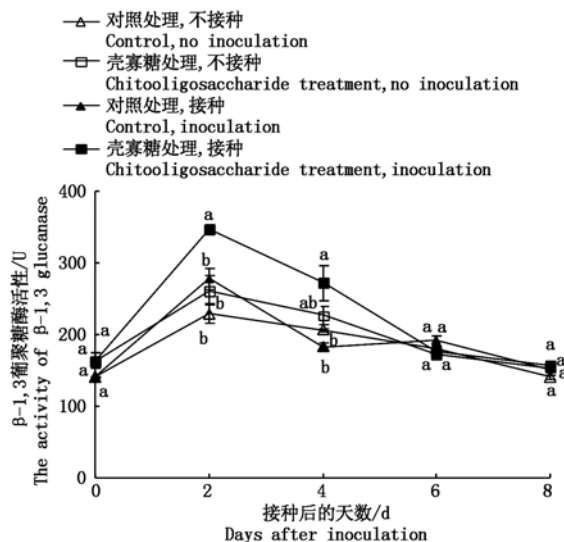


图 3 0.4 mg/L 壳寡糖对菜薹接种立枯丝核菌后叶片 β -1,3 葡聚糖酶活性的影响

Fig.3 The effects of 0.4mg/L chitooligosaccharide on the activity of β -1,3 glucanase of leaves after inoculation with *R. solani* in flowering Chinese cabbage

2.4 壳寡糖对菜薹接种立枯丝核菌后叶片内源激素含量的影响

2.4.1 对叶片乙烯释放量的影响 由图 4 可以看出,随着处理时间的延长,各处理植株叶片乙烯释放量均有不同程度的升高。未接种条件下,随着处理时间的延长,对照植株叶片乙烯释放量缓慢上升,壳寡糖预处理显著诱导了乙烯的生成,预处理 0,2,4,6,8 d 后分别为未接种对照叶片释放量的 6.1,3.2,4.4,1.4,2.4 倍。

接种后,接种对照叶片乙烯释放量迅速上升,试验期间显著高于未接种对照,接种 2,4,6,8 d 后分别增加了 33.6%,166.4%,10.5%,90.1%;壳寡糖预处理 2 d 后,接种植株叶片乙烯释放量进一步升

高,接种 0,2,4,6,8 d 后分别为接种对照叶片释放量的 6.1,2.5,3.0,1.6,1.5 倍,是未接种对照叶片释放量的 6.1,3.4,8.0,1.8,2.8 倍。可见,壳寡糖和立枯丝核菌都能明显地诱导菜薹植株乙烯释放量的增加,但立枯丝核菌的诱导作用没有壳寡糖的明显,而壳寡糖与立枯丝核菌有协同作用效应。

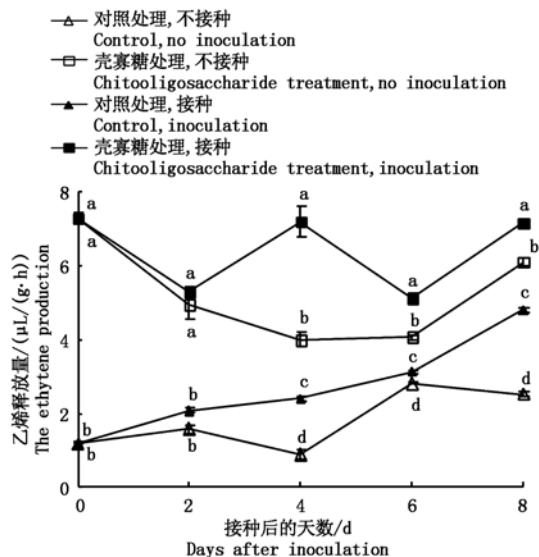


图 4 0.4 mg/L 壳寡糖对菜薹接种立枯丝核菌后叶片乙烯释放量的影响

Fig. 4 The effects of 0.4 mg/L chitooligosaccharide on the ethylene production of leaves after inoculation with *R. solani* in flowering Chinese cabbage

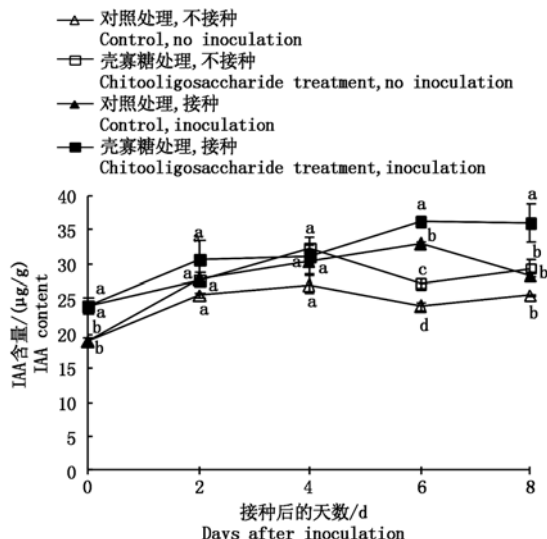


图 5 0.4 mg/L 壳寡糖对菜薹接种立枯丝核菌后叶片 IAA 含量的影响

Fig. 5 The effects of 0.4 mg/L chitooligosaccharide on IAA content of leaves after inoculation with *R. solani* in flowering Chinese cabbage

2.4.2 对叶片 IAA 含量的影响 由图 5 可以看出,随着处理时间的延长,各处理植株叶片 IAA 含量均有不同程度的升高。接种 4 d 内,各处理植株

叶片 IAA 含量无显著差异。接种 6 d 时,壳寡糖和立枯丝核菌均显著诱导了植株叶片 IAA 的生成,立枯丝核菌的诱导作用大于壳寡糖,但两者之间有协同作用效应。接种 8 d 时,仅壳寡糖处理接种菜薹叶片表现出较高的 IAA 含量,其余处理间无显著差异。

2.4.3 对叶片 ABA 含量的影响 由图 6 可以看出,未接种条件下,壳寡糖处理对菜薹叶片 ABA 含量(以鲜质量计)无显著影响,且两者变化趋势基本一致。接种后,壳寡糖和立枯丝核菌均显著诱导了植株叶片 ABA 的生成,壳寡糖的诱导作用大于立枯丝核菌,且两者变化趋势基本一致,均呈现先上升后降低的变化趋势,在接种 6 d 达到峰值后迅速降低。接种 8 d 时,仅壳寡糖处理接种菜薹叶片表现出较高的 ABA 含量,其余处理间无显著差异。

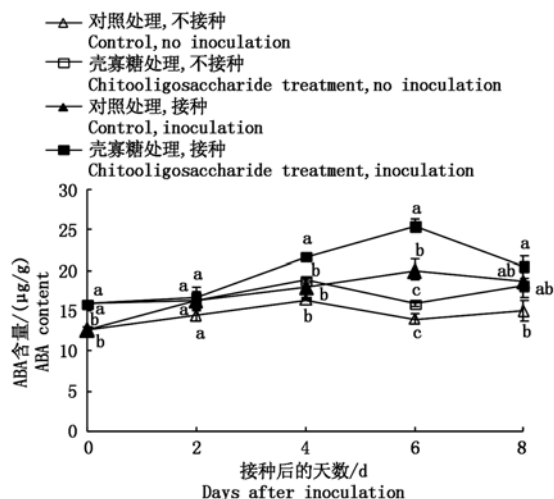


图 6 0.4 mg/L 壳寡糖对菜薹接种立枯丝核菌后叶片 ABA 含量的影响

Fig. 6 The effects of 0.4 mg/L chitooligosaccharide on ABA content of leaves after inoculation with *R. solani* in flowering Chinese cabbage

3 讨论

土传立枯病的防控是一个世界性的难题,传统的化学和农业防控措施通常会带来环境问题、食品安全问题、成本高和劳动强度大等问题^[8-9]。菜薹立枯病是由立枯丝核菌侵染所致。随着菜薹复种指数的增加,菜薹的立枯病越来越严重。壳寡糖作为一种激发子,可有效地诱导植物抗病性,同时具有广谱抑菌性,可以抑制多种植物病原菌、食品微生物以及人体和其他动物病原菌的生长,增强植物对病虫害的防御能力^[10]。已有研究证明,壳寡糖能够诱导油菜基础代谢、防御、信号等相关基因表达^[11],以及通过诱导一氧化氮、过氧化氢产生进而诱导油菜对菌核病的抗性^[12]。本试验结果表明,施用 0.4 mg/L 低浓度的壳寡糖可以显著提高菜薹对立枯丝核菌侵染

的抵抗力,降低发病率,较高浓度处理无显著诱抗作用。壳寡糖作为抗性诱导信号因子对菜薹的产量没有直接的影响,但在植株感病的情况下,0.4 mg/L 低浓度的壳寡糖能够提高菜薹植株对立枯丝核菌的抗性,降低发病率,减少由于病害造成的产量下降或损失,提高菜薹产量。

激发子处理植物会产生一系列防御反应,包括细胞壁的加强、植保素的合成、分解酶的产生和 PR (Pathogenesis related protein) 蛋白的诱导等,这些反应与防御基因的表达有密切的关系。防御基因表达产物直接参加对病原物侵染及致病作用的抵抗活动,如 PR 蛋白中的几丁质酶和 β -1,3 葡聚糖酶^[13-16]。前人关于壳寡糖诱导烟草抗烟草花叶病毒(TMV)机制的研究也表明,壳寡糖诱导抗病性机制与几丁质酶和 β -1,3 葡聚糖酶的防御相关酶活性增强有关,并可控制防御相关酶活性在一定水平内,保持植物有一个稳定的生理环境^[17-19]。本研究表明:壳寡糖和立枯丝核菌均能快速诱导菜薹植株叶片内几丁质酶和 β -1,3 葡聚糖酶活性的升高,壳寡糖处理和立枯丝核菌具有协同效应,壳寡糖处理进一步加强了立枯丝核菌对 2 种防御酶活性的诱导作用,从而提高植株的抗病性,抑制病害的发生。值得指出的是,壳寡糖对 2 种防御酶活性诱导的加强作用主要表现在接种 6 d 内,接种后期,单独接种和壳寡糖处理接种植株叶片防御酶活性相对稳定且两者间无显著差异。

植物激素与病原菌的致病程度、寄主的症状表现密切相关。目前,关于病原菌侵入植株后导致寄主内源激素紊乱的报道很多,但是,病原菌和作物种类不同内源激素含量的变化规律也不尽统一^[20-22]。杨暹和陈晓燕^[23]在菜薹中的研究表明,炭疽病菌侵染后菜薹叶片乙烯释放量明显增加,增加幅度与植株病情指数呈正相关。本试验表明,壳寡糖和立枯丝核菌均能明显地诱导菜薹叶片内乙烯、IAA 和 ABA 的形成,对 IAA 和 ABA 含量的调节主要体现在接种后期,壳寡糖的诱导作用强度大于立枯丝核菌。这说明了壳寡糖处理和立枯丝核菌接种干扰了菜薹体内内源激素的含量水平,不但可以诱导菜薹体内内源激素水平的升高,而且还可以有效地调节各种内源激素之间的比例,维持适宜的动态平衡,从而提高植株的抗病性能,降低病害的发生。此外,未接种立枯丝核菌条件下,叶面喷施壳寡糖处理也显著促进了菜薹植株中乙烯和 IAA 的合成,因此推测,壳寡糖可能直接参与调节菜薹植株的生长发育,与前人^[24-25]在烟草中的研究结果基本一致,他们的

结果表明,壳寡糖与内源激素相互作用参与调节烟草的气孔开放,及抗性相关基因 *PAL* 和 *CAT1* 的表达。

综上所述,适宜浓度的壳寡糖可诱导菜薹对立枯病的系统抗性,降低病害的发生。立枯丝核菌侵染后,菜薹叶片中病情相关蛋白几丁质酶和 β -1,3 葡聚糖酶活性迅速升高,随后内源激素乙烯、IAA 和 ABA 含量也显著升高,外源壳寡糖进一步增强了立枯丝核菌对防御酶活性及内源激素的诱导作用,从而提高了植株的抗病性,抑制病害的发生。

参考文献:

- [1] 黄新琦,雍晓雨,沈其荣,等.土传黄瓜立枯病高效拮抗菌的筛选鉴定及其生物效应[J].植物保护学报,2012,39(1):45-50.
- [2] Khandaker M M, Khair A, Bhuiyan M K A. Disease reaction of different crops against virulent potato isolates of *Rhizoctonia solani* Kuhn[J]. Bangladesh Journal of Botany, 2008, 37(1):75-80.
- [3] Das S N, Madhuprakash J, Sarma P V, et al. Biotechnological approaches for field applications of chitooligosaccharides(COS) to induce innate immunity in plants[J]. Critical Reviews in Biotechnology, 2013.
- [4] Boller T, Gehri A, Mauch F. Chitinase in bean leaves induction by ethylene, purification, properties and possible function[J]. Planta, 1983, 157(1):22-31.
- [5] Mauch F, Lee A, Boller T. Ethylene: symptom, not signal for the induction of chitinase and β -1,3-glucanase in pea-pod by pathogens and elicitors[J]. Plant Physiology, 1984, 76:607-611.
- [6] 刘志勇,沈春章,董元彦.气相色谱法速测油菜中的乙烯释放量[J].化工与生物工程,2006,23(2):55-56.
- [7] 陈雪梅,王沙生. HPLC 法定量分析植物组织中 ABA, IAA 和 NAA[J]. 植物生理学通讯,1992,28(5):368-371.
- [8] 樊金拴,郑瑞杰,李 茜.冷杉精油对几种瓜蔬幼苗立枯病的防治效果[J].西北林学院学报,2005,20(2):141-143.
- [9] 何 红,蔡学清,洪永聪,等.内生菌 BS-2 对蔬菜立枯病的抑制效果[J].福建农林大学学报:自然科学版,2004,33(1):17-20.
- [10] 张付云,赵小明,白雪芳,等.壳寡糖诱导植物抗病性研究进展[J].中国生物防治,2008,24(2):174-178.
- [11] Yin H, Li S, Zhao X, et al. cDNA microarray analysis of gene expression in *Brassica napus* treated with oligochitosan elicitor[J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2006, 44(11/12):910-916.
- [12] Yin H, Li Y, Zhang H Y, et al. Chitosan oligosaccharides-triggered innate immunity contributes to oilseed rape re-

- sistance against *Sclerotinia sclerotiorum* [J]. International Journal of Plant Sciences, 2013, 174(4): 722–732.
- [13] 高必达, 转几丁质酶基因防植物病害研究: 进展、问题与展望[J]. 生物工程进展, 1999, 19(2): 21–28.
- [14] 蓝海燕, 陈正华. 葡聚糖酶及其在植物中的发育调节和防卫反应[J]. 生物技术通报, 1998, 4: 10–15.
- [15] Radjacommaré R, Kandan A R, Samiyappan N R. Association of the hydrolytic enzyme chitinase against *Rhizoctonia solani* in rhizobacteria-treated rice plants[J]. Journal of Phytopathology, 2004, 152(6): 365–370.
- [16] Jayaraja J, Bhuvaneshwari R, Rabindran R, et al. Oxalic acid-induced resistance to *Rhizoctonia solani* in rice is associated with induction of phenolics, peroxidase and pathogenesis-related proteins[J]. Journal of Plant Interactions, 2010, 5(2): 2010 147–157.
- [17] 杜昱光, 白雪芳, 赵小明, 等. 壳寡糖对烟草防御酶活性及同工酶谱的影响[J]. 中国生物防治, 2002, 18(2): 83–86.
- [18] 惠娜娜, 郭成瑾, 商文静, 等. 壳寡糖诱导和 TMV 侵染烟草防御酶活性的变化[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2007, 35(3): 213–216.
- [19] 商文静, 吴云锋, 赵小明, 等. 壳寡糖诱导烟草防御酶系活性变化及 *PR-1a* 基因表达研究[J]. 植物病理学报, 2010, 40(1): 99–102.
- [20] 严吉明, 叶华智. 巢豆油壶菌与蚕豆相互作用下植物内源激素的动态[J]. 植物病理学报, 2013, 43(3): 328–332.
- [21] 吴建国, 王 萍, 谢荔岩, 等. 水稻矮缩病毒对 3 种内源激素含量及代谢相关基因转录水平的影响[J]. 植物病理学报, 2010, 40(2): 151–158.
- [22] 赵 锦, 刘孟军, 代 丽, 等. 枣疯病病树中内源激素的变化研究[J]. 中国农业科学, 2006, 39(11): 2255–2260.
- [23] 杨 暹, 陈晓燕. 不同氮营养下炭疽病菌侵染对菜薹叶片内源激素的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16(5): 919–923.
- [24] 李 艳, 李洪艳, 王 青, 等. 壳寡糖、一氧化氮和植物激素在烟草气孔运动中的作用及其相互关系[J]. 植物生理学通讯, 2010, 46(6): 575–578.
- [25] 张洪艳, 王文霞, 尹 恒, 等. 壳寡糖诱导植物防御反应中一氧化氮信号的研究[J]. 中国生物工程杂志, 2011, 31(2): 18–22.

欢迎订阅 2015 年《河南农业科学》

《河南农业科学》是河南省农业科学院主办的综合性农业科技期刊。多年来, 深受省内外农业科技人员、农业院校师生等涉农读者的喜爱。本刊连续被评为全国中文核心期刊、中国科技核心期刊、中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊、RCCSE 中国核心学术期刊(A-)和中国农业核心期刊。曾多次获得有关部门的奖励, 被评为“全国优秀农业期刊”; 连续荣获“河南省优秀科技期刊一等奖”、“河南省自然科学期刊综合质量检测一级期刊”, “河南省第一、二届自然科学二十佳期刊”。

栏目设置有: 综述、作物栽培·遗传育种、农业资源与环境、植物保护、园艺·林学、畜牧·兽医、农产品加工·农业工程·农业信息技术。

本刊为月刊, 国际标准 16 开本, 160 页, 彩色封面, 每期定价 18.00 元, 全年 216 元。各地邮局均可订阅, 邮发代号: 36–32。如错过订期, 可直接与本刊编辑部联系订阅。

网址: <http://www.hnnykx.org.cn>

地址: 郑州市花园路 116 号

E-mail: hnnykx@163.com

邮编: 450002

电话: 0371–65739041

传真: 0371–65712747