

## 灰皮支黑豆抗大豆胞囊线虫4号生理小种的生化机制研究

张海平, 王志, 李原萍

(山西省农业科学院 农作物品种资源研究所, 农业部黄土高原作物基因资源与种质创制重点实验室, 山西 太原 030031)

**摘要:**以抗、感大豆胞囊线虫4号生理小种的灰皮支黑豆和晋豆11为材料,人工接种胞囊线虫,在出苗后定期取样,测定抗、感品种接种与未接种处理根系苯丙氨酸解氨酶(PAL)、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、多酚氧化酶(PPO)活性以及根系内丙二醛(MDA)和超氧阴离子自由基( $O_2^-$ )含量的动态变化,以初步明确灰皮支黑豆抗大豆胞囊线虫4号生理小种的生化机制。结果表明,受大豆胞囊线虫4号生理小种侵染后,抗、感品种根系内PAL、SOD、POD、PPO酶活性均有增加,并且抗病品种根系酶活性增加相对较多,且持续时间长,而MDA和 $O_2^-$ 含量则在感病品种晋豆11中明显升高。在抗病品种根系中,接种前后MDA和 $O_2^-$ 含量变化不大。表明抗病品种比感病品种具有更强的防御能力和抗膜脂过氧化能力。

**关键词:**大豆;大豆胞囊线虫4号小种;生化机制

**中图分类号:**S565.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1000-9841(2012)05-0796-05

## Biochemical Mechanism of Xingxianhuipizhi Resistant to Race 4 of Soybean Cyst Nematode

ZHANG Hai-ping, WANG Zhi, LI Yuan-ping

(Institute of Crop Germplasm Resources of Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Crop Gene Resources and Germplasm Enhancement on Loess Plateau, Ministry of Agriculture, Taiyuan 030031, Shanxi, China)

**Abstract:** In order to reveal the biochemical mechanism of Huipizhiheidou resistant to race 4 of Soybean Cyst Nematode, Huipizhiheidou and Jindou11 were used as resistant and susceptible varieties. The contents of phenylalanine ammonia lyase (PAL), superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD), polyphenoloxidase (PPO), malondialdehyde (MDA) and superoxide radicals ( $O_2^-$ ) were measured at 1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31, 34, 37 d after inoculation with cysts of SCN4. The results showed that the contents of PAL, SOD, POD and PPO in inoculated roots were higher than in non-inoculated roots. Compared to non-inoculated control, the increasing percentage of contents of PAL, SOD, POD, PPO in inoculated roots of Huipizhiheidou were more than those of Jindou11, and the fastigium in roots of Huipizhiheidou maintained longer time than in roots of Jindou11. After inoculation, contents of MDA and  $O_2^-$  in roots of Jindou11 were higher than in roots of control plants. Contents of MDA and  $O_2^-$  in roots of Huipizhiheidou maintained stable for inoculated and non-inoculated plants. These results implied that Huipizhiheidou has higher defense and antioxidant capacity than Jindou11.

**Key words:** Soybean; Race 4 of soybean cyst nematode; Chemical mechanism

大豆胞囊线虫病(Soybean Cyst Nematode, SCN)是大豆生产上的毁灭性病害之一<sup>[1]</sup>。病原物为大豆胞囊线虫(*Heterodera Glycines Ichinohe*)。大豆胞囊线虫的危害和蔓延有日趋加重的趋势。该病在中国、美国、巴西、前苏联和日本等大豆生产国都有大面积的发生,一般造成产量损失为5%~10%,严重发生地块减产可达30%以上,甚至颗粒无收。

近年来国内外学者在大豆抗胞囊线虫的病理生理学、组织病理学、致病机理、抗性遗传规律等方面开展了许多研究<sup>[2-6]</sup>。前人研究表明小麦、棉花、水稻等作物被病原物侵染后,植物体内的活性氧代谢及细胞防御酶系统发生变化,并指出这些改变与

植物抗病性相关<sup>[7-9]</sup>。但关于被大豆胞囊线虫4号小种侵染后,大豆植株体内细胞防御酶系统及活性氧代谢变化与抗性机制关系的研究鲜有报道。

大豆胞囊线虫有16个生理小种,其中4号生理小种毒性最强<sup>[10]</sup>。大豆胞囊线虫4号生理小种主要分布在黄淮海地区的山西、北京、河北、河南等省份,危害比较严重<sup>[11]</sup>。灰皮支黑豆高抗大豆胞囊线虫4号生理小种,且兼抗1、2、3、5、7、14号小种<sup>[12]</sup>。因此,本研究以灰皮支黑豆和当地感病品种晋豆11为材料,人工接种大豆胞囊线虫,测定接种与未接种处理条件下抗、感品种根系防御酶活性及根内丙

收稿日期:2012-06-01

基金项目:山西省农业科学院攻关项目(YGG0910);山西省科技攻关项目(20120311005-2);农业部作物种质资源保护子项目(NB2010-2130135-25-14-19)。

第一作者简介:张海平(1978-),女,博士,助理研究员,主要从事大豆遗传育种研究。E-mail:haipingzhang2000@yahoo.com.cn。

通讯作者:王志(1954-),男,研究员,主要从事大豆种质资源研究。E-mail:nkywzh@126.com。

二醛(MDA)、超氧阴离子( $O_2^-$ )含量变化,以初步明确灰皮支黑豆抗大豆胞囊线虫 4 号生理小种的生化机制。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

抗病品种:灰皮支黑豆;感病品种:晋豆 11。由山西省农业科学院农作物品种资源研究所提供。

### 1.2 试验方法

1.2.1 大豆胞囊线虫孢囊的获得 在山西省农业科学院农作物品种资源研究所大豆胞囊线虫 4 号生理小种病圃取土样,采用淘洗过筛法分离孢囊。收集色泽、大小均一的孢囊,4℃ 保存备用。

1.2.2 试验设计 试验于 2009 和 2010 年在山西省农业科学院农作物品种资源研究所试验基地进行。取无大豆胞囊线虫的土和沙,以土:沙为 3:1 的比例混匀,121℃ 灭菌 4 h,装入高 18 cm,直径 6 cm 的塑料钵中。大豆种子用 10% 次氯酸钠溶液表面消毒 10 min,蒸馏水冲洗,25℃ 黑暗催芽 2 d,播于塑料钵中,每钵 2 株。

每个品种均设接种(T)与不接种(CK)2 个处理,3 次重复。接种处理每钵接种孢囊 30 个。

在出苗后 1、4、7、10、13、16、19、22、25、28、31、34、37 d 分别取样,每次随机取抗、感品种接种处理和对照各 5 株,剪取根系,用自来水洗净,再用蒸馏水冲洗,放在滤纸上吸干,−80℃ 保存备用。

### 1.3 测定项目与方法

1.3.1 粗酶液的制备 取根系 1 g,放入研钵,在 5 mL 0.1 mol·L<sup>−1</sup> 磷酸缓冲液(pH7.0)、冰浴下研磨成匀浆,然后转入 10 mL 离心管中。高速冷冻离心机中(15 000 r·min<sup>−1</sup>)离心 20 min,上清液为酶液,用于测定 POD、SOD 和 PPO 酶活力。

1.3.2 过氧化物酶(POD)活性的测定 POD 酶活性的测定参照 Goel 等<sup>[13]</sup>的方法。

1.3.3 超氧化物歧化酶(SOD)活性的测定 SOD 活性的测定参照高俊凤<sup>[14]</sup>的方法。

1.3.4 多酚氧化酶(PPO)活性的测定 参照李靖等<sup>[15]</sup>的方法测定,略有改进。取 2.95 mL 0.1 mol·L<sup>−1</sup> pH6.8 的含 0.1 mol·L<sup>−1</sup> 邻苯二酚的磷酸缓冲液,加入 50 μL 酶液,迅速混匀,测定 OD<sub>398</sub> 值的变化,以每分钟 ΔOD<sub>398</sub> 变化 0.01 表示 1 个酶活力单位。

1.3.5 苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性的测定 参照高俊凤<sup>[14]</sup>的方法测定 PAL 活性。

1.3.6 MDA 含量测定 采用硫代巴比妥酸比色法<sup>[16]</sup>测定 MDA 含量。

1.3.7  $O_2^-$  产生速率测定 参照王爱国等的方法<sup>[17]</sup>进行。

### 1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2003 进行数据处理,所得数据为 3 次重复的平均值 ± 标准误。

## 2 结果与分析

### 2.1 抗、感品种根系 PAL 酶活性变化

PAL 酶活性变化如图 1 所示。在侵染前期,抗、感品种接种处理 PAL 酶活性与同期未接种对照相近。从出苗后第 13 天开始,接种的灰皮支黑豆 PAL 酶活性高于对照,在第 19~31 天保持高活力,然后下降;而接种感病品种晋豆 11 在出苗后第 19 天开始高于对照,在第 28 天达到高峰,然后迅速下降,高峰期间仅保持在第 22~28 天,比灰皮支黑豆高峰期短,且高峰期 PAL 活性也低于灰皮支黑豆。这表明,大豆受胞囊线虫侵染后,抗病品种中 PAL 活性高峰出现的早,且高峰期保持的时间长,高峰期 PAL 酶活性也高于感病品种。

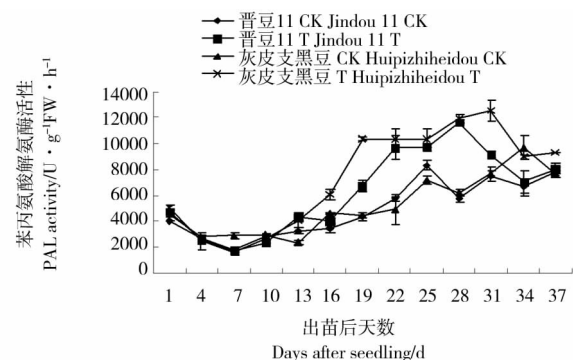


图 1 大豆抗、感品种根部苯丙氨酸解氨酶 (PAL) 活性变化

Fig. 1 Changes of PAL in roots of resistant and susceptible varieties

### 2.2 抗、感品种根系 SOD 酶活性变化

从图 2 可以看出,未接种处理抗感品种 SOD 酶活性随着植株的生长而逐渐增强。接种处理感病品种晋豆 11 SOD 酶活性逐渐升高,第 22 天达到高峰,随后下降。而抗病品种灰皮支黑豆 SOD 酶活性在一个侵染周期内出现 3 次高峰,分别在出苗后的第 10、25、34 天,且出苗后 SOD 酶活性始终高于对照和感病品种。大豆受胞囊线虫侵染后,SOD 酶活性高峰出现的早、多且峰值高,表明 SOD 酶在灰皮支黑豆抗大豆胞囊线虫 4 号生理小种过程中起重要作用。

### 2.3 抗、感品种根系 POD 酶活性变化

POD 酶活性变化如图 3 所示。接种处理抗感品种根系 POD 酶活性均高于未接种对照。接种处

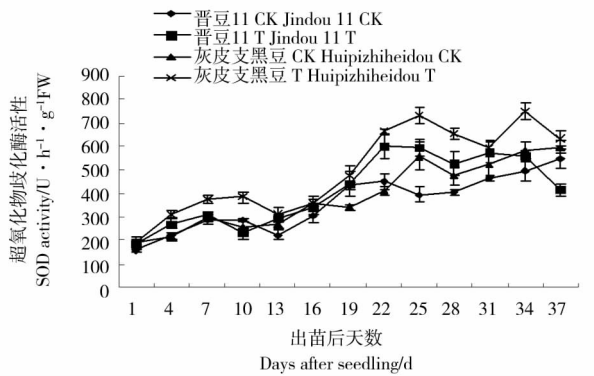


图2 大豆抗、感品种根部超氧化物歧化酶 (SOD) 活性变化

Fig. 2 Changes of SOD in roots of resistant and susceptible varieties

理后,灰皮支黑豆和晋豆 11 出苗后 7 d 内,POD 酶活性相近。此后,晋豆 11 POD 酶活性逐渐增强,直到第 19 天达到高峰,随后缓慢下降。而灰皮支黑豆出现 2 次高峰。第一次在出苗后第 10 天,POD 酶活性是未接种对照的 2.24 倍,是感病品种晋豆 11 的 2.38 倍;第二次高峰在出苗后第 22 天,POD 酶活性是未接种对照的 4.36 倍,是接种处理晋豆 11 的 2.04 倍。在整个侵染周期,接种处理灰皮支黑豆 POD 酶活性高于感病品种晋豆 11。说明抗病品种灰皮支黑豆体内 POD 酶活性的提高与抵御大豆胞囊线虫的侵染能力相关。

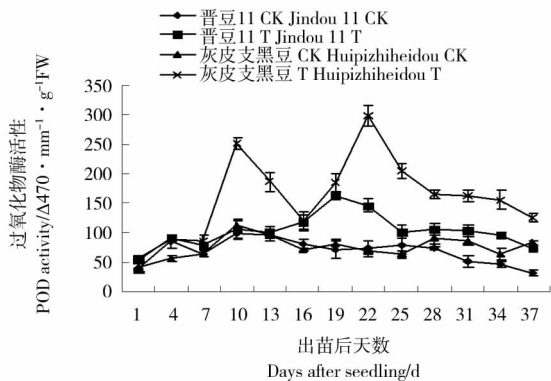


图3 大豆抗、感品种根部过氧化物酶 (POD) 活性变化

Fig. 3 Changes of POD in roots of resistant and susceptible varieties

#### 2.4 抗、感品种根系 PPO 酶活性变化

PPO 酶活性变化如图 4 所示。未接种对照抗、感大豆品种 PPO 酶活性变化趋势平缓。接种处理后,灰皮支黑豆和晋豆 11 在出苗后 PPO 酶活性都逐渐增强,在第 22 天达到高峰,随后下降。在高峰期,抗病品种灰皮支黑豆 PPO 酶活性高于晋豆 11,是晋豆 11 的 1.88 倍。

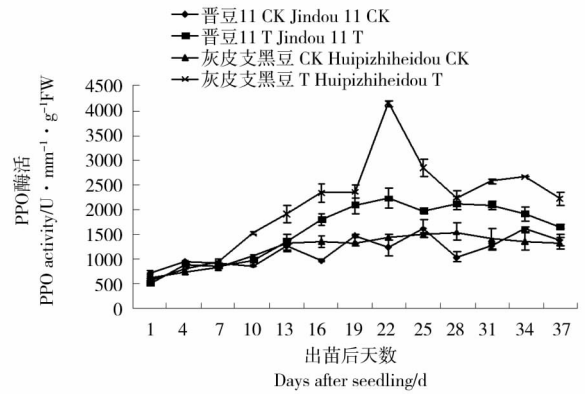


图4 大豆抗、感品种根部多酚氧化酶 (PPO) 活性变化

Fig. 4 Changes of PPO in roots of resistant and susceptible varieties

#### 2.5 抗、感品种根系 MDA 含量变化

如图 5 所示,未接种大豆胞囊线虫 4 号生理小种时,抗、感品种根系 MDA 含量相近,且水平较低。接种处理后,抗、感品种根系 MDA 含量都较未接种对照升高。抗病品种灰皮支黑豆根系 MDA 含量逐渐增加,在第 22 天达到高峰,随后下降。感病品种晋豆 11 随着植株生长 MDA 含量迅速增加,在第 19 天时达到高峰,此时,MDA 含量是未接种处理的 4.69 倍,是接种处理灰皮支黑豆的 2.95 倍,随后缓慢下降。在一个侵染周期,接种处理晋豆 11 根系 MDA 含量始终高于灰皮支黑豆,这表明 MDA 含量变化与大豆对胞囊线虫的抗性呈负相关。

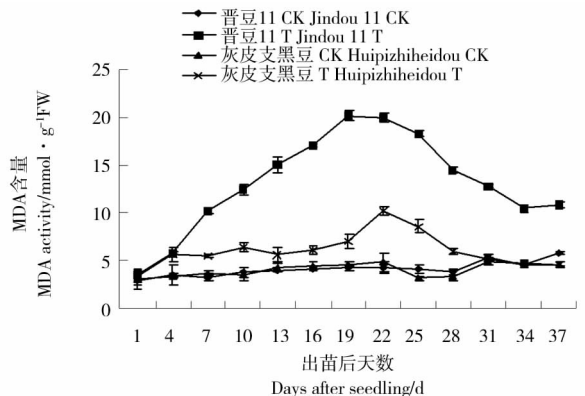


图5 大豆抗、感品种根部丙二醛 (MDA) 含量变化

Fig. 5 Changes of MDA in roots of resistant and susceptible varieties

#### 2.6 抗、感品种根系 $O_2^-$ 含量变化

$O_2^-$  含量变化如图 6 所示。未接种对照抗、感品种根系内  $O_2^-$  含量水平相近。接种处理的抗病品种灰皮支黑豆根系  $O_2^-$  含量与未接种对照相近,变化不大。而晋豆 11 根系  $O_2^-$  含量与对照及抗病品种相比,变化较大。从出苗后第 13 天开始,  $O_2^-$  含量快速上升,在第 22 天达到高峰,是未接种对照的 2.90 倍。

倍,是接种处理灰皮支黑豆的 2.36 倍。在出苗后第 16~28 天,晋豆 11 根系内 $O_2^-$ 产生速率一直保持在较高水平。

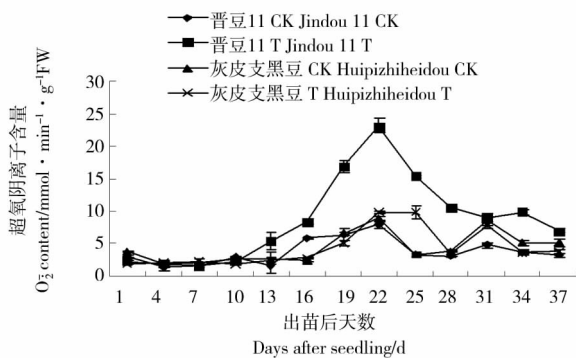


图 6 大豆抗、感品种根部超氧阴离子( $O_2^-$ )含量变化

Fig. 6 Changes of  $O_2^-$  in roots of resistant and susceptible varieties after inoculation

### 3 讨 论

PAL 是植物次生代谢特别是苯丙烷途径的关键酶和限速酶。该代谢途径能产生多种次生代谢产物,对于阻止线虫的侵入和阻止营养物质向合胞体的运输起着重要的作用<sup>[18]</sup>。PPO 参与植株体内酚类物质氧化形成醌的保护反应,在植物对病原侵染的防卫反应中起着关键作用<sup>[19]</sup>。POD 在植物生长发育过程中,既参与植物正常的形态发生和形态建成,又与植物的抗逆性有关。一般认为,强而早的 POD 酶活性升高是抗性反应的特征<sup>[4]</sup>。前人用胞囊线虫不同生理小种(1 号,3 号,14 号)侵染抗、感品种,结果表明,接种后抗病品种根系 PAL、SOD、POD、PPO 酶活性均高于感病品种,并且在抗病品种中酶活性高峰出现的早<sup>[20-22]</sup>。本研究结果表明,大豆受胞囊线虫 4 号生理小种侵染后,抗、感品种根内 PAL、SOD、POD、PPO 活性均升高,并且在抗病品种灰皮支黑豆中各种酶活性高于感病对照。

植株体内过量的活性氧会引起膜脂过氧化,破坏细胞膜结构和功能,导致 MDA 积累,乃至植物组织死亡<sup>[23]</sup>。MDA 是细胞膜脂过氧化作用的产物之一。本研究结果表明,受大豆胞囊线虫 4 号生理小种侵染后,抗病品种灰皮支黑豆根系 MDA 含量和 $O_2^-$ 含量仅为感病品种晋豆 11 的一半左右,即抗病品种灰皮支黑豆受大豆胞囊线虫侵染后,SOD、POD 酶活性升高,能及时清除由于环境胁迫产生的活性氧,细胞受到的伤害较小;而感病品种植株受到侵染后,体内的 SOD、POD 酶活性较小,超氧阴离子产生量超过了植株体内的抗氧化保护系统对它的清除能力,产生氧化胁迫,膜脂过氧化加剧,MDA 含量增大。

### 参考文献

- [1] 刘维志. 植物病原线虫学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 281-282. (Liu W Z. Plant pathogenic nematology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000: 281-282.)
- [2] 吴海燕. 大豆与大豆胞囊线虫相互关系的研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2002: 68-101. (Wu H Y. The interaction of resistant soybeans and *Heterodera glycines* [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2002: 68-101.)
- [3] Kim Y H, Riggs R D, Kim K S. Structural changes associated with resistance of soybean to *Heterodera glycines* [J]. Journal of Nematology, 1987, 19(2): 177-187.
- [4] 颜清上, 陈品三, 王连铮. 中国小黑豆抗源对大豆胞囊线虫 4 号生理小种抗性机制的研究 II. 抗感品种根部合胞体超微结构的比较[J]. 植物病理学报, 1997, 27(1): 37-41. (Yan Q S, Chen P S, Wang L Z. Mechanism of resistance to race 4 of *Heterodera glycines* in Chinese black soybean II. Ultrastructure of syncytia in the roots of resistant and susceptible soybean [J]. Acta Phytopathologica Sinica, 1997, 27(1): 37-41.)
- [5] 李莹, 李源萍, 张昕艳, 等. 大豆品种对胞囊线虫 4 号生理小种抗性的遗传研究[J]. 大豆科学, 1996, 15(3): 191-196. (Li Y, Li Y P, Zhang X Y, et al. A genetic study on resistance of Soybean to Cyst Nematode physiological to race No. 4 [J]. Soybean Science, 1996, 15(3): 191-196.)
- [6] 刘维志, 洪权春, 刘晔, 等. 中国小黑豆对大豆胞囊线虫 3 号生理小种的抗性遗传研究[J]. 沈阳农业大学学报, 1996, 27(1): 31-34. (Liu W Z, Hong Q C, Liu Y, et al. Studies on inheritance of resistance to race 3 of the Soybean Cyst Nematode in Chinese black soybean [J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 1996, 27(1): 31-34.)
- [7] 于巧丽, 孙炳剑, 王景, 等. 不同抗黑胚病小麦品种接种后几种酶活性变化[J]. 河南农业科学, 2006, 35(4): 66-69. (Yu Q L, Sun B J, Wang J, et al. Analysis of enzyme activity in wheat varieties after inoculation with *Alternaria alternata* [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2006, 35(4): 66-69.)
- [8] 范尉尉, 马春红, 董文琦, 等. 棉花根部损伤程度对感染黄萎病菌后体内抗性酶的影响[J]. 中国农业科学, 2006, 39(12): 2483-2490. (Fan W W, Ma C H, Dong W Q, et al. The influence of the *Verticillium dahliae* Kleb infection on cotton's anti-enzyme [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2006, 39(12): 2483-2490.)
- [9] 黄世文, 王玲, 王全永, 等. 纹枯病菌对不同水稻品种叶片中抗病性相关酶活性的影响[J]. 中国水稻科学, 2008, 22(2): 219-222. (Huang S W, Wang L, Wang Q Y, et al. Rice sheath blight pathogen (*Rhizoctonia solani*) impacts the activities of disease resistance-related enzymes in leaves of different rice varieties [J]. Chinese Journal of Rice Science, 2008, 22(2): 219-222.)
- [10] 大豆种质抗胞囊线虫鉴定研究协作组. 大豆种质资源对大豆胞囊线虫 1, 3 和 4 号生理小种的抗性鉴定[J]. 大豆科学, 1993, 12(2): 91-99. (Coordinative group of evaluation of SCN. Evaluation of soybean germplasm for resistance to race 1, 3 and 4 of the Soybean Cyst Nematode [J]. Soybean Science, 1993, 12(2): 91-99.)
- [11] 卢为国, 盖钧镒, 李卫东. 黄淮地区大豆胞囊线虫生理小种的抽样调查与研究[J]. 中国农业科学, 2006, 39(2): 306-312.

- (Lu W G, Gai J Y, Li W D. Sampling survey and identification of races of Soybean Cyst Nematode (*Heterodera glycines Ichinohe*) in Huang-Huai valleys[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2006, 39(2): 306-312. )
- [12] 李莹, 王志, 焦广音, 等. 中国大豆遗传资源对大豆胞囊线虫 4 号生理小种的抗性鉴定研究[J]. 中国农业科学, 1991, 24(5): 64-69. (Li Y, Wang Z, Jiao G Y, et al. Studies on resistance of soybean germplasm resources to race 4 of Soybean Cyst Nematode[J]. Scientia Agricultura Sinica, 1991, 24(5): 64-69. )
- [13] Goell A, Goel A K, Sheoran I S. Changes in oxidative stress enzymes during artificial ageing in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seeds[J]. Journal of Plant Physiology, 2003, 160(9): 1093-1100.
- [14] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006, 211-213, 219-220. (Gao J F. Plant physiological experiment [M]. Beijing: Higher Education Press, 2006, 211-213, 219-220. )
- [15] 李靖, 利容千, 袁文静. 黄瓜感染霜霉病菌叶片中一些酶活性的变化[J]. 植物病理学报, 1991, 21(4): 277-282. (Li J, Li R Q, Yuan W J. On the change of enzyme activities of cucumber leaf infected by *Pseudoperonospora Cubensis* (Bere. Et Ctrt) rosus[J]. Plant Phytopathologica Sinica, 1991, 21(4): 277-282. )
- [16] 林植芳, 李双顺, 林贵珠. 水稻叶片的衰老与超氧化物歧化酶活性及脂质过氧化作用的关系[J]. 植物学报, 1984, 26(6): 605-615. (Lin Z F, Li S S, Lin G Z. Relationship between superoxide dismutase as well as lipid peroxidation and the senescence in rice leaves[J]. Acta Botanica Sinica, 1984, 26(6): 605-615. )
- [17] 王爱国, 罗广华. 植物的超氧物自由基与羟胺反应的定量关系[J]. 植物生理学通讯, 1990, (6): 55-57. (Wang A G, Luo G H. Quantitative relation between the reaction of hydroxylamine and superoxide anion radicals in plants[J]. Plant Physiology Communications, 1990(6): 55-57. )
- [18] 马俊彦, 杨汝德, 敖利刚. 植物苯丙氨酸解氨酶的生物学研究进展[J]. 现代食品科技, 2007, 23(7): 71-74. (Ma J Y, Yang R D, Ao L G. Progress in biological research of phenylalanine ammonia-lyase[J]. Modern Food Science and Technology, 2007, 23(7): 71-74. )
- [19] Schneider S, Ullrich W. Differ induction of resistance and enhanced enzyme activities in cucumber and tobacco caused by treatment with various abiotic and biotic inducers[J]. Physiological and Molecular Plant Pathology, 1994, 45: 291-304.
- [20] 刘大伟, 段玉玺, 陈立杰, 等. 灰皮支黑豆抗大豆胞囊线虫 3 号生理小种的生化机制研究[J]. 华北农学报, 2009, 24(1): 165-168. (Liu D W, Duan Y X, Chen L J, et al. Study on biochemical mechanism of Huipizhi Heidou resistant to race 3 of Soybean Cyst Nematode[J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2009, 24(1): 165-168. )
- [21] 罗璇, 段玉玺, 陈立杰, 等. 大豆胞囊线虫不同生理小种对大豆根内酶活力的影响[J]. 大豆科学, 2010, 29(3): 448-452. (Luo X, Duan Y X, Chen L J, et al. Effect of different races of Soybean Cyst Nematology on the activities of the enzymes in roots of soybean[J]. Soybean Science, 2010, 29(3): 448-452. )
- [22] 罗璇, 段玉玺, 陈立杰, 等. 大豆胞囊线虫不同生理小种对大豆生理指标的影响[J]. 大豆科学, 2010, 29(5): 816-825. (Luo X, Duan Y X, Chen L J, et al. Effect of different Soybean Cyst Nematology races on physiological indices of soybean[J]. Soybean Science, 2010, 29(5): 816-825. )
- [23] 张继澍. 植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 431. (Zhang J S. Plant physiology [M]. Beijing: Higher Education Press, 2006: 431. )

## 欢迎订阅 2013 年《北方园艺》

全国自然科学(中文)核心期刊

中国农业核心期刊

全国优秀农业期刊

中国北方优秀期刊

黑龙江省优秀科技期刊

美国化学文摘社(CAS)收录期刊

主管: 黑龙江省农业科学院

主办: 黑龙江省农业科学院、黑龙江省园艺学会

刊号: ISSN 1001-0009 CN 23-1247/S

邮发代号: 14-150 半月刊 每月 15、30 日出版

单价: 7.00 元 全年: 168 元

全国各地邮局均可订阅, 或直接向编辑部汇款订阅。

本刊内容丰富、栏目新颖、技术实用、信息全面。涵盖园艺学的蔬菜、果树、瓜类、花卉、植保等研究领域的新成果、新技术、新品种、新经验。竭诚欢迎全国各地科研院所人员、大专院校师生, 各省、市、县、乡、镇农业技术推广人员、农民科技示范户等踊跃订阅。

栏目: 试验研究、研究简报、设施园艺、栽培技术、园林花卉、生物技术、植物保护、贮藏保鲜加工、食用菌、中草药、新品种选育、土壤与肥料、产业论坛、专题综述、经验交流、农业经纬等栏目。

地址: 黑龙江省哈尔滨市南岗区学府路 368 号《北方园艺》编辑部

邮编: 150086

电话: 0451-86674276

投稿邮箱: bfybjb@163.com