

· 研究论文 ·

种衣剂对山农饲玉 7号玉米幼苗 生长和相关酶活性的影响

房 锋, 姜兴印*, 纪春涛, 聂乐兴, 吴淑华, 张 鹏

(山东农业大学 植物保护学院, 山东 泰安 271018)

摘 要:以室内沙培法,测定了 3 种种衣剂对山农饲玉 7 号玉米幼苗生长的影响。结果显示:吡虫啉·戊唑醇(5% + 0.4%)种衣剂(药种比为 1:100)处理山农饲玉 7 号后,幼苗期株高、初生根长和鲜重比对照分别提高了 1.68 cm、2.44 cm 和 0.17 g 比毒死蝉·戊唑醇·福美双(5% + 0.3% + 15%)种衣剂作用明显,克百威·福美双·三唑酮(7% + 7% + 1%)种衣剂对其则有抑制作用。离体酶活性测定结果表明,吡虫啉·戊唑醇种衣剂处理使幼苗地上部分和地下部分抗病性相关酶超氧化物歧化酶(SOD)活性分别提高了 47.1% 和 100.2%,苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性分别提高了 59.5% 和 58.6%,丙二醛(MDA)含量分别降低了 54.0% 和 26.2%,过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)活性也有不同程度的提高。结果表明:5.4% 吡·戊种衣剂在试验剂量下能够显著提高山农饲玉 7 号幼苗期多种抗逆防病相关酶活性,对幼苗生长促进作用显著。

关键词:饲用玉米;种衣剂;幼苗生长发育;抗病性相关酶

中图分类号: Q946.5

文献标志码: A

文章编号: 1008-7303(2009)01-0098-06

Effect of Seed Coating Agents on Growth and Disease Resistance Related Enzymes of Shannong Feed Corn No. 7 Seedling

FANG Feng, JIANG Xing-yin*, JI Chun-tao, NIE Le-xing, WU Shu-hua, ZHANG Peng
(College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018 Shandong Province, China)

Abstract The effect of three seed coating agents on the growth of Shannong feeding maize No. 7 was determined by sand bioassay. The results indicated that imidacloprid-tebuconazole(5% + 0.4%) seed coating agent (the pesticides and seed mass ratio is 1:100) increased the height of maize, length of tap root and fresh weight by 1.68 cm, 2.44 cm and 0.17 g respectively, comparing with the control and the effect was better than that chlorpyrifos-tebuconazole-thiram (5% + 0.3% + 15%) seed coating agent. However, carbofuran-thiram-triadimefon (7% + 7% + 1%) seed coating agent restrained the growth of the maize. In vitro study it showed that imidacloprid-tebuconazole seed coating agent could increase the activity of disease resistance related enzymes in both above ground and the underground parts of the seedlings, with superoxide dismutase (SOD) specific activity being improved by 47.1% and 100.2%, and phenylalanine ammonia-lyase (PAL) specific activity being enhanced by 59.5% and 58.6% respectively; meanwhile, the content of malondialdehyde (MDA) being decreased by 54.0% and 26.2%, respectively. The activity of catalase (CAT) and peroxidase (POD) was also increased in

收稿日期: 2008-09-08 修回日期: 2008-11-25

作者简介: 房锋(1982-),男,山东宁阳人,硕士研究生, E-mail: cjjff@163.com; * 通讯作者(Author for correspondence): 姜兴印(1967-),男,山东临沂人,博士,副教授,主要研究方向:农药毒理及农业有害生物无公害控制. 联系电话: 0538-8241897; E-mail: xyjiang@sdau.edu.cn
基金项目:农业科技跨越计划项目(山农饲玉 7号-2007).

different degree. The effect of 5.4% imidacloprid-tebuconazole seed coating agent on the activity of disease resistance related enzymes increase obviously and promote seedling growth significantly.

Key words feed maize; seed coating agent; growth and development of seedlings; disease resistance related enzymes

随着畜牧业的迅速发展, 饲用型玉米尤其是青贮玉米品种越来越受到人们重视, 在我国部分地区得到大面积推广^[1, 2]。山农饲玉 7号为山东农业大学培育的青贮饲用玉米新品种, 其组合为 D50/SA 2-1。该品种为多穗多穗型饲用玉米杂交种, 具有生长迅速、生育期短、叶茎比高、饲喂品质佳、适应性强等优点^[3]。随着山农饲玉 7号在黄淮海区域的推广, 地下害虫小地老虎、苗期蚜虫、玉米螟、灰飞虱和纹枯病等病虫害对其有不同程度的危害, 特别是由灰飞虱传毒引起的玉米粗缩病严重影响了其生物产量^[4, 5]。为有效控制山农饲玉 7号幼苗期的病虫害, 笔者选用在普通玉米上常用的 3种种衣剂 5.4% 吡虫啉·戊唑醇、20.3% 毒死蜱·戊唑醇·福美双和 15% 克百威·福美双·三唑酮进行防治, 取得了明显效果^[6]。前期曾通过温室盆栽和田间试验做了 3种种衣剂对山农饲玉 7号幼苗生长的安全性试验。发现前两种种衣剂对玉米幼苗生长安全, 且有不同程度的促进生长作用, 特别是 5.4% 吡虫啉·戊唑醇处理不仅增加了玉米幼苗的有效分蘖, 而且提高了生物产量^[6]。笔者进一步研究了 3种种衣剂对玉米幼苗几种抗病性相关酶的影响, 初步探讨了其对青贮饲用玉米新品种山农饲玉 7号幼苗生长发育的影响, 以期对山农饲玉 7号大面积推广提供用药参考。

1 材料和方法

1.1 供试玉米品种

山农饲玉 7号玉米, 山东农业大学繁育的新品种。

1.2 供试药剂及主要仪器

1.2.1 供试药剂 5.4% 吡虫啉·戊唑醇种衣剂 (5.4% imidacloprid-tebuconazole seed coating agent) (简称吡·戊); 20.3% 毒死蜱·戊唑醇·福美双种衣剂 (20.3% chlorpyrifos-tebuconazole-thiram seed coating agent) (简称毒·戊·福); 15% 克百威·福美双·三唑酮种衣剂 (15% carbosulfen-thiram triadimeton seed coating agent) (简称克·福·酮), 均委托山东华阳科技股份有限公司加工样品。

1.2.2 主要试剂和仪器 聚乙烯吡咯烷酮

(Sigma公司产品); dl-甲硫氨酸 (含量 ≥ 98.0%) 和 L-苯丙氨酸 (含量 ≥ 98.0%) 为上海伯奥生物科技有限公司产品, 其余试剂均为分析纯。

日立 CR22型高速冷冻离心机; UV-2201紫外分光光度计 (日本岛津公司); GXZ 型智能光照培养箱 (宁波江南仪器厂); 万分之一电子天平 (德国赛多利斯公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 玉米幼苗的培养及生长情况测定 采用室内沙培法。试验前用 5.4% 吡·戊 (药种比 1:50) 和 20.3% 毒·戊·福 (药种比 1:50) 和 15% 克·福·酮 (药种比 1:50) 将玉米种子进行包衣。将沙子用自来水反复淘洗并在 175℃ 下烘烤 2 h 后装入直径 9 cm 的培养皿中, 播种颗粒大小、饱满度一致的已包衣玉米种子。每处理 3次重复, 每皿播种 10粒, 以未包衣种子为空白对照。于 25℃ 光照培养箱 (光照:黑暗 = 14:10) 中培养, 待玉米幼苗长至两叶一心时分别调查株高、初生根长和植株鲜重。

1.3.2 抗病性相关酶活性测定 过氧化氢酶 (CAT) 活性测定采用紫外吸收法^[7]; 过氧化物酶 (POD) 活性测定采用愈创木酚法^[8]; 超氧化物歧化酶 (SOD) 活性测定采用 NBT 光化还原法^[9]; 苯丙氨酸解氨酶 (PAL) 活性测定采用汤章城和李合生的方法^[9, 10]; 蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝 G-250 比色法 (蛋白质含量用于计算酶活性^[10])。地上部分和地下部分分别测定, 所有数据均重复 3次。

1.3.3 丙二醛 (MDA) 含量测定^[9] 取粗酶液 2.0 mL, 加入质量分数为 0.6% 的硫代巴比妥酸 (TBA, 溶解于 10% 的三氯乙酸中) 2.5 mL, 在沸水浴中保温 30 min 后冷却, 于 5 000 g 下离心 20 min, 取上清液分别在 450、532 和 600 nm 下测定吸光度 (A) 值, 按公式 (1) 计算 MDA 含量。

$$\text{MDA} / (\mu\text{mol/L}) = 6.45(A_{532} - A_{600}) - 0.56A_{450} \quad (1)$$

2 结果与分析

2.1 种衣剂对山农饲玉 7号幼苗生长的影响

室内沙培条件下, 用种衣剂 5.4% 吡·戊和

20 3% 毒·戊·福处理玉米种子后,玉米幼苗期株高、初生根长和鲜重均大于对照组,其中 5 4% 吡·戊(药种比 1:100)的处理对幼苗的株高、初生根长和鲜重比对照分别增长了 1.68 cm、

2.44 cm和 0.17 g,但 15%克·福·酮对其各项指标均有一定的抑制作用,其中对初生根长的抑制作用最为明显,比对照短 6.52 cm(见表 1)。

表 1 不同种衣剂处理对山农饲玉 7号幼苗生长的影响

Table 1 The effect of different coating agents on growth and development of Shannong feed com Na 7 seedling

种衣剂 Seed coating agent	药种比 Pesticide : seed (w : w)	株高 Plant height /cm	处理-对照 TC-CK* /cm	初生根长 Primary root /cm	处理-对照 TC-CK /cm	鲜重 Fresh weight /g	处理-对照 TC-CK /g
5 4% 吡·戊	1:50	12.50	1.25 b	13.10	1.85 b	0.76	0.06 c
5 4% imidacloprid-tebuconazole	1:100	12.93	1.68 a	14.55	2.44 a	0.87	0.17 a
20 3% 毒·戊·福	1:50	11.98	0.73 c	14.09	1.98 b	0.83	0.13 b
20 3% chlorpyrifos-tebuconazole-thiam							
15% 克·福·酮	1:50	10.05	-1.20 d	5.59	-6.52 c	0.67	-0.03 d
15% carbofuran-thiam-triadimefon							
CK	-	11.25	-	12.11	-	0.70	-

注:小写字母不同表示在 $P_{0.05}$ 水平上差异显著。Note: The letters are significantly different at $P_{0.05}$. * TC-CK: Treatment control-control check.

2.2 种衣剂对玉米幼苗 CAT和 POD活性的影响

由图 1可以看出,玉米幼苗地下部分 CAT和 POD活性均高于地上部分,不同处理间对两种酶的活性影响不同。20 3% 毒·戊·福(药种比 1:50)处理使幼苗地上、地下部分 CAT比活力分别达到 19.44和 50.76 U/(min·mg protein); 15% 克·福·酮(药种比 1:50)处理使幼苗地上、地下部分 CAT比活力分别达 17.17和 52.85 U/(min·mg protein),均高于对照 8.09和 25.65 U/(min·mg protein)。同样地,20 3% 毒·戊·福和 15% 克·福·酮处理使玉米幼苗地上、地下部分 POD比活力分别达到 0.64、2.09 U/(min·mg protein)和 0.65、2.14 U/(min·mg protein),均高于对照 0.26和 1.19 U/(min·mg protein)(图 2)。

2.3 种衣剂对玉米幼苗 SOD和 PAL活性的影响

由图 3和 4可知,5 4% 吡·戊药种比 1:50、1:100和 20 3% 毒·戊·福处理对 SOD和 PAL活性的影响明显高于对照,其中 5 4% 吡·戊药种比 1:100处理使幼苗 SOD的地上部分和地下部分比活力分别达到 2.28和 1.09 U/(mg protein),分别比对照提高 47.1%和 100.2%;使 PAL的比活力分别达到 4.2和 2.9 U/(min·mg protein),比对照提高 59.5%和 58.6%。

2.4 种衣剂对 MDA含量的影响

5.4% 吡·戊(药种比 1:100)种子处理后幼

苗体内 MDA 的含量地上部分和地下部分分别为 0.29和 0.31 $\mu\text{mol/g}$ 分别比对照降低 54.0%和 26.2%(见图 5),有效地阻止了膜脂的过氧化作用。

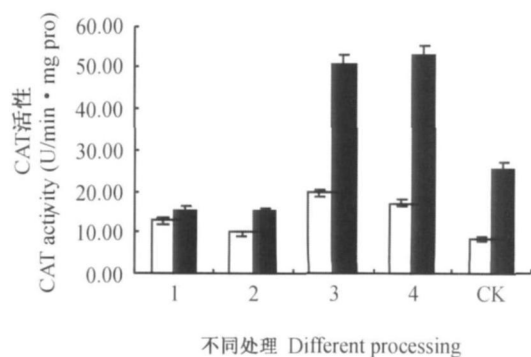


图 1 不同种衣剂处理后玉米不同部位 CAT活性的变化

Fig 1 Catalase activity changed after treated with different seed coating agent in different parts of the seedlings

注: 1. 5.4% 吡·戊(药种比 1:50); 2. 5.4% 吡·戊(药种比 1:100); 3. 20.3% 毒·戊·福(药种比 1:50); 4. 15% 克·福·酮(药种比 1:50); 5. 空白对照(下同)。

Note: 1. 5.4% imidacloprid-tebuconazole seed coating agent (pesticide and seed mass ratio 1:50); 2. 5.4% imidacloprid-tebuconazole seed coating agent (pesticide and seed mass ratio 1:100); 3. 20.3% chlorpyrifos-tebuconazole-thiam seed coating agent (pesticide and seed mass ratio 1:50); 4. 15% carbofuran-thiam-triadimefon seed coating agent (Pesticide and seed mass ratio 1:50); 5. CK

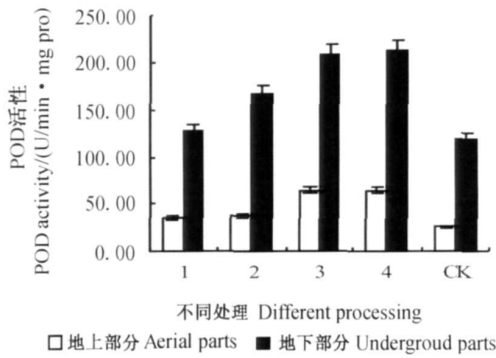


图2 不同种衣剂处理后玉米不同部位 POD 活性的变化
Fig. 2 Peroxidase activity changed after treated with different seed coating agent in different parts of the seedings

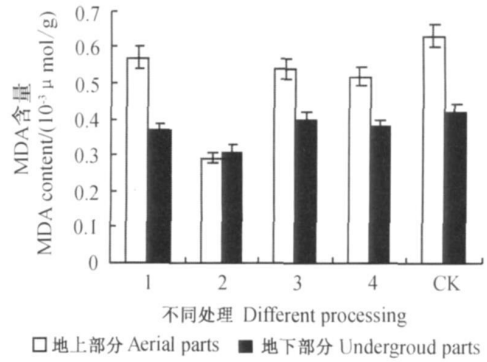


图5 不同种衣剂处理后玉米不同部位 MDA活性的变化
Fig. 5 M a b n a l d e h y d e c o n t e n t c h a n g e d a f t e r t r e a t e d w i t h d i f f e r e n t s e e d c o a t i n g a g e n t i n d i f f e r e n t p a r t s o f t h e s e e d i n g s

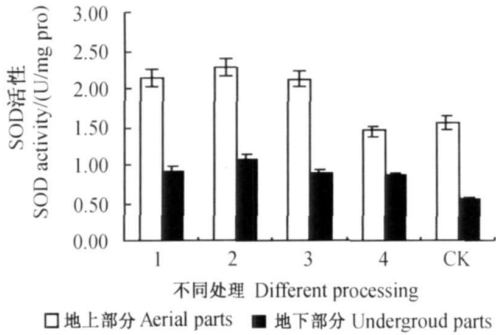


图3 不同种衣剂处理后玉米不同部位 SOD 活性的变化
Fig. 3 Super oxide dismutase activity changed after treated with different seed coating agent in different parts of the seedings

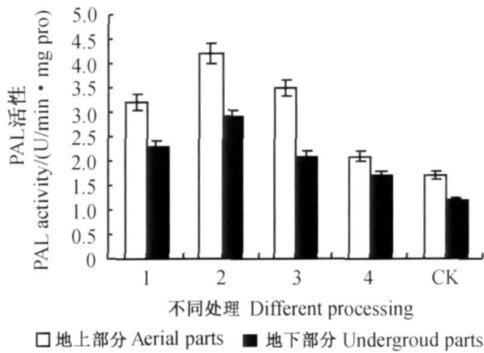


图4 不同种衣剂处理后玉米不同部位 PAL 活性的变化
Fig. 4 Phenylalanine ammonla-lyase activity changed after treated with different seed coating agent in different parts of the seedings

物体内 POD、CAT 和 SOD 是细胞抵御活性氧伤害的酶系统的主要成员, 在阻止自由基的形成、清除自由基和延缓植物衰老等方面起着重要作用^[12-13]。PAL 是苯丙烷类代谢途径的关键酶和限速酶, 而苯丙烷类代谢途径的中间产物酚类物质及终产物木质素、黄酮、异类黄酮等物质与植物抵抗病原菌侵染有关, PAL 活性变化可能和植物抗病性关系密切^[14-18], 已有学者将 PAL 作为植物抗病性的一个生理指标^[19]。这些酶活性的高低密切影响着植物抵抗病害等逆境胁迫的能力^[20-22]。MDA 是脂质过氧化的主要产物之一, 它的积累是活性氧 (AO) 毒害作用的表现, 是膜脂过氧化作用的指标^[23]。

吡虫啉在植物体内的代谢产物有一种为 6-氯烟酸的物质可以刺激作物幼苗生长, 并已经在马铃薯和番茄栽培上得到证实^[24]。范志先等^[25]的研究表明, 吡虫啉在番茄和土壤中的半衰期分别为 0.7~6.3 d 和 8.2~25.0 d, 其在土壤中的半衰期明显长于其在植物体内的半衰期。据王吉强^[26]等的研究, 种子经过药剂处理后, 其幼苗能利用根系持续地向上吸收部分残留于土壤中的药物, 从而延长吡虫啉对害虫的持效期。吡虫啉被植物吸收到体内后在其地上部位的分布并不均匀, 下部叶片中的药剂含量明显高于上部叶片。本实验结果证实: 5.4% 吡·戊不仅能刺激玉米幼苗生长, 也从另一方面说明, 种衣剂处理后对植株不同部位抗逆防病相关酶的影响存在差异。

15% 克·福·酮中的三唑酮是已广泛用于植物病害防治的杀菌剂^[27, 28], 三唑类药剂是通过抑制细胞色素 P450 酶系中 14α-脱甲基酶的活性, 从

3 讨论

植物在遭受逆境胁迫时体内产生过量 O₂⁻、·OH、O₂ 和 H₂O₂ 自由基而造成胁迫伤害^[11]。植

而抑制麦角甾醇前体 C_{14} 的脱甲基步骤, 最终导致麦角甾醇在总甾醇中含量减少和具有 14α -甲基的甾醇中间体的积累^[29]。它对作物的生长也具有一定的调节作用, 与抑制植物赤霉素 (GA3) 的生物合成有关^[30]。三唑酮可提高植物内源脱落酸 (ABA) 含量, 从而提高植物的抗逆性, 有延缓植物叶绿素分解的作用, 但也有可能抑制作物生长^[31]。孔德生和高仁君等报道^[32, 33], 用戊唑醇处理小麦种子比用三唑酮安全得多, 可明显改善小麦幼苗素质, 表现在小麦苗期个体矮壮、根系发达, 冬前分蘖增多, 越冬期植株含糖浓度增加。本研究中用 15% 克·福·酮处理后玉米幼苗的株高、初根长和鲜重明显受到抑制, 但 5.4% 吡·戊和 20.3% 毒·戊·福中因均含有戊唑醇, 而对植株幼苗株高、初根长和鲜重都有促进作用, 这也证实了戊唑醇拌种安全性更高, 对作物生长无不良影响^[34]。

5.4% 吡·戊和 20.3% 毒·戊·福种衣剂在试验剂量下能够显著提高山农饲玉 7 号幼苗期多种抗逆防病相关酶的活性, 对幼苗生长有显著促进作用, 这与安全性试验和田间测产试验结果^[6]基本吻合。1.5% 克·福·酮种衣剂在试验剂量下对山农饲玉 7 号幼苗生长前期表现出一定的抑制作用, 因此在生产中需谨慎使用。

参考文献:

- [1] TONG Ping-ya (佟屏亚). 确立玉米在饲料中的主导地位 [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning (中国农业资源与区划), 1995 (3): 24-27.
- [2] ZHANG Ji-wang (张吉旺), WANG Kong-jun (王空军), HU Chang-hao (胡昌浩). 种植密度对玉米饲用营养价值的影响 [J]. Rain Fed Crops (杂粮作物), 2000, 20(5): 29-31.
- [3] LU Peng (刘鹏), WANG Kong-jun (王空军), DONG Shu-ting (董树亭), et al 山农饲玉 7 号及高产优质无公害栽培技术 [J]. Bull Agric Sci Tech (农业科学通讯), 2007, (12): 95-96.
- [4] ZHANG Ji-wang (张吉旺), HU Chang-hao (胡昌浩), WANG Kong-jun (王空军). 不同类型玉米品种饲用营养价值比较 [J]. Acta Agronomica Sinica (作物学报), 2003, 29(6): 951-954.
- [5] ZHANG Ji-wang (张吉旺), HU Chang-hao (胡昌浩), WANG Kong-jun (王空军). 青饲玉米品种的比较研究 [J]. J Maise Sci (玉米科学), 2004 12(1): 8-9.
- [6] FANG Feng (房锋), JI Chun-tao (纪春涛), NE Le-xing (聂乐兴), et al 3 种种衣剂对玉米种子保护作用及产量影响 [J]. Pestic Sci Adm (农药科学与管理), 2008, 29(11): 38-42.
- [7] ZHAO Shi-ji (赵世杰), SHI Guo-an (史国安), DONG Xin-chun (董新纯). Techniques of Plant Physiological Experiment

(植物生理学实验指导) [M]. Beijing (北京): China Agricultural Science and Technology Press (中国农业科学技术出版社), 2002: 138-139.

- [8] KRAUS T E, FLETCHER R A. Paclobutrazol Protects Wheat Seedlings from Heat and Paraquat Injury [J]. Plant Cell Physiol, 1994, 35(1): 45-52.
- [9] TANG Zhang-cheng (汤章城). Techniques of Modern Plant-physiology Experiment (现代植物生理学实验指导) [M]. Beijing (北京): Science Press (科学出版社), 1999: 314-315.
- [10] LI He-sheng (李合生). Plant Physiology Biochemistry Experiment Principle and Technology (植物生理生化实验原理和技术) [M]. Beijing (北京): Higher Education Press (高等教育出版社), 2000: 213-214.
- [11] SONG Feng-ming (宋凤鸣), ZHENG Zhong (郑重), GE Xir-chun (葛秀春). 活性氧和膜脂过氧化在植物-病原物互作中的作用 [J]. Plant Physiology Communications (植物生理学通讯), 1996 32(5): 377-385.
- [12] QIU Jin-long (邱金龙), JIN Qiao-ling (金巧玲), WANG Jun (王钧). 活性氧与植物抗病性反应 [J]. Plant Physiology Communications (植物生理学通讯), 1998, 34(1): 56-63.
- [13] NEILL S J, DESKAN R, CLARKE A, et al Hydrogen Peroxide and Nitric Oxide as Signalling Molecules in Plants [J]. Journal of Experimental Botany, 2002 53: 1237-1247.
- [14] ZHANG Jiang-tao (张江涛), DUAN Guang-ming (段光明), YU Ze-ying (于泽英). 苯丙氨酸解氨酶 (PAL) 与水稻抗稻瘟病的关系 [J]. Plant Physiology Communications (植物生理学通讯), 1987, (60): 34-37.
- [15] YANG Jia-shu (杨家书), WU Wei (吴畏), WU You-san (吴友三), et al 植物苯丙烷类代谢途径与小麦抗白粉病的关系 [J]. Acta Phytopathologica Sinica (植物病理学报), 1986, 16(3): 43-48.
- [16] WANG Jing-wen (王敬文), XUE Ying-long (薛应龙). 植物苯丙氨酸解氨酶的研究——III 玉米小斑病菌 *Helmithosporium maydis* T 小种和大斑病菌 *Helmithosporium turcicum* 毒素对苯丙氨酸解氨酶 (PAL) 的刺激作用 [J]. Acta Photophysiol Sinica (植物生理学报), 1982, 8(3): 237-244.
- [17] KONKOUL J, CONN E E. The Metabolism of Aromatic Compounds in Higher Plants IV: Purification and Properties the Phenylalanine Decarboxylase of *Heracleum Vulgare* [J]. J Biol Chem, 1961 23: 2692-2698.
- [18] WAN Yong-fang (万永芳), YE Hua-zhi (叶华智). 小麦抗赤霉病的一些生理生化特性 [J]. J Sichuan Agric Univ (四川农业大学学报), 1993 11(3): 439-443.
- [19] YEM ao-bing (叶茂炳), XU Lang-lai (徐朗莱), XU Yong-gao (徐雍皋), et al 苯丙氨酸解氨酶和绿原酸与小麦抗赤霉病性的关系 [J]. J Nanjing Agric Univ (南京农业大学学报), 1990 13(3): 103-107.
- [20] ZHANG Xin (张欣). 与植物抗病性有关酶的研究进展 [J]. J South China Univ Tropical Agric (华南热带农业大学学报), 2000 6(1): 41-46.
- [21] FENG Wen-xin (冯文新), HAN Zhan-fang (韩占芳), WANG

- Yu-guo(王玉国), et al. 钙浸种对小麦幼苗保护酶活性及膜功能的影响 [J]. Journal of Triticeae Crops (麦类作物学报), 1997, 17(3): 31-33.
- [22] MEHDY M C. Active Oxygen Species in Plant Defense Against pathogens [J]. Plant Physiology, 1994, 105: 467-472.
- [23] CHEN Shao-yu(陈少裕). 膜脂过氧化对植物细胞的伤害 [J]. Plant Physiology Communications (植物生理学通讯), 1991, 27(2): 84-90.
- [24] Bayer CropScience (China) Ltd [拜耳作物科学(中国)有限公司]. 高巧——开创杀虫剂种子处理新时代 [J]. China Seeds (中国种业), 2001, (6): 43.
- [25] FAN Zhixian(范志先), XU Yun-cheng(许允成), CHU Liwei(初丽伟). 吡虫啉在番茄和土壤上的残留动态 [J]. Jilin Agric Univ (吉林农业大学学报), 2003, 25(6): 649-651.
- [26] WANG Jiqiang(王吉强), GAO Zhanlin(高占林), DANG Zhihong(党志红), et al. 吡虫啉包衣对黄瓜蚜的防治效果及包衣后药剂在植株体内的分布 [J]. Chin J Pestic Sci (农药学报), 2008, 10(1): 87-91.
- [27] SHI Jianrong(史建荣), WANG Yuzhong(王裕中), FANG Zhongda(方中达), et al. 三唑类杀菌剂控制小麦纹枯病的机理研究: 对小麦苗期生长和病菌附着的影响 [J]. Jiangsu J Agric Sci (江苏农业学报), 1992, 8(1): 35-42.
- [28] CHEN Yanglin(陈扬林), WANG Chengyuan(王澄源), ZHAO Hengchuan(赵恒川), et al. 粉锈宁对小麦叶锈病和白粉病的药效试验 [J]. Plant Protection (植物保护), 1983, 9(3): 36-37.
- [29] WU Xuehong(吴学宏), XIAO Jianhua(肖建华), ZHANG Wenhua(张文华), et al. 2% 戊唑醇·三唑醇种衣剂对小麦纹枯病菌麦角甾醇含量的影响 [J]. Chin J Pestic Sci (农药学报), 2005, 7(4): 372-375.
- [30] BUCHENAUER H, ROHNER E. Effect of Triadimenol and Triadimenol on Growth of Various Plant Species as well as on Gibberellin Content and Steroid Metabolism in Shoots of Barley [J]. Pest Biochem Physiol, 1981, 15: 58-70.
- [31] GUO Zhenfei(郭振飞), PAN Ruizhi(潘瑞织). 三唑酮及其对植物的生理作用 [J]. Plant Physiology Communications (植物生理学通讯), 1989, (1): 75.
- [32] KONG Desheng(孔德生). 三唑酮、三唑醇防治小麦纹枯病试验 [J]. Pesticides (农药), 1993, 32(4): 50.
- [33] GAO Renjun(高仁君), DENG Chunyan(邓春艳), WU Xuehong(吴学宏), et al. 戊唑醇和三唑醇种衣剂对小麦幼苗生长发育的影响 [J]. Acta Phytologica Sinica (植物保护学报), 2000, 27(4): 359-363.
- [34] LIU Chuande(刘传德), WU Guiben(吴桂本), WANG Yingzhi(王英姿), et al. 立克秀拌种防治小麦纹枯病和全蚀病试验研究 [J]. Pestic Sci Adm (农药科学与管理), 1999, 20(2): 25-28.

(Ed. JIN SH)