

# 甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂拌种对花生幼苗生长的影响

程传英, 季守民, 张凤文, 殷万元, 姜兴印\*

(山东农业大学植物保护学院, 山东 泰安, 271018)

**摘要:** 通过小杯法, 研究了3种甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂吡唑醚菌酯、醚菌酯和啞菌酯在有效成分5、10、15和20g/10kg(种子)4个拌种剂量下对花生幼苗生长的影响。结果表明: 在有效成分10g/10kg(种子)拌种剂量下, 3种药剂均显著促进花生幼苗生长发育, 株高分别增加19.3%、15.7%和15.4%; 主根长分别增加26.7%、26.1%和8.9%; 地上鲜重分别增加26.3%、12.5%和21.3%; 地下鲜重分别增加44.4%、44.4%和33.3%。叶片保护酶(SOD、POD、CAT)、转氨酶(GPT、GOT)的活性也有所提高, 且叶绿素、可溶性蛋白含量增大, 丙二醛(MDA)含量减少, 根系活力提高, 对花生幼苗起到了保健的作用。

**关键词:** 花生拌种; 吡唑醚菌酯; 醚菌酯; 啞菌酯

中图分类号: S482.2, S565.2 文献标识码: A 文章编号: 1007-9084(2015)05-0713-06

## Effects of seed dressing with pyraclostrobin and two other strobilurin fungicides on peanut seedling growth

CHENG Chuan-ying, JI Shou-min, ZHANG Feng-wen, YIN Wan-yuan, JIANG Xing-yin\*

(College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

**Abstract:** Seed dressing influences of strobilurin fungicides (pyraclostrobin, kresoxim methyl and azoxystrobin) on physiological and biochemical characteristics in peanut seedling were investigated. Growth promotion of peanut seedling was observed after seed dressing with 3 fungicides at dosage of 5, 10, 15, 20 g a. i. /10kg seeds. Result showed that 3 fungicides promoted seedling growth significantly at dosage of 10 g a. i. /10kg seed. Plant height increased by 19.7%, 15.7% and 15.4% respectively. Root length increased by 26.7%, 26.1% and 8.9%. Ground fresh weight increased by 26.3%, 12.5% and 21.3%. Underground fresh weight increased by 44.4%, 44.4% and 33.3%. Activity of protection enzymes (SOD, POD, CAT) and transaminase (GPT, GOT) were increased. Chlorophyll and soluble protein contents were also increased. Malondialdehyde (MDA) content decreased. Root activity was increased. These 3 fungicides had strengthening effect on peanut seedlings.

**Key words:** Peanut seed dressing; Pyraclostrobin; Kresoxim methyl; Azoxystrobin

甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂是一种线粒体呼吸抑制剂, 通过抑制细胞色素间电子传递, 抑制线粒体呼吸, 使细胞死亡而发挥杀菌作用<sup>[1]</sup>。具有广谱的抑菌活性<sup>[2]</sup>, 又因其对作物、人、畜及有益生物安全, 对环境污染小<sup>[3]</sup>, 是未来发展的主力杀菌剂品种。该类杀菌剂中, 醚菌酯(kresoximethyl)上市最早, 啞菌酯(azoxystrobin)市场份额最大, 而吡唑醚菌酯(pyraclostrobin)在果蔬类作物中有较大的市场。吡唑醚菌酯和啞菌酯对烟草白粉病菌有很好的防

效<sup>[4]</sup>, 啞菌酯对四大主要真菌属的病原微生物具有高防效<sup>[5]</sup>, 对番茄早疫病菌和油菜菌核病菌菌丝生长有明显的抑制作用<sup>[6,7]</sup>, 对扁豆纹枯病也有很好的防治作用<sup>[8]</sup>。在花生应用方面, 吡唑醚菌酯对花生根腐、白绢病菌有较高的抑制作用<sup>[9]</sup>, 对花生叶部病害也有较好的防效<sup>[10,11]</sup>。醚菌酯对花生白绢病、叶斑病有较好的防效<sup>[12,13]</sup>。

吡唑醚菌酯对植物有着正面的生理效应, 药剂处理后, 大豆豆荚颜色鲜亮、颗粒饱满、大豆品质提

收稿日期: 2015-03-09

基金项目: 花生现代产业技术体系项目(编号 CARS-14)

作者简介: 程传英(1989-), 女, 山东临沂人, 硕士研究生, 从事农药毒理与有害生物抗性研究, E-mail: ccy086010@163.com

\* 通讯作者: 姜兴印(1967-), 男, 山东临沂人, 博士, 副教授, 从事农药毒理及农业有害生物无公害控制, E-mail: xyjiang@sdau.edu.cn

高、产量增加<sup>[14]</sup>,棉花叶片更浓绿<sup>[15]</sup>,对水稻也有显著的保健作用<sup>[16]</sup>。醚菌酯有促进作物叶片增绿,增强光合作用等效果<sup>[17]</sup>。虽然关于这3种药剂在花生应用方面的报道较多,但多集中在其杀菌活性的研究,对拌种处理和花生保健方面的研究鲜有报道。本试验研究了这3种杀菌剂拌种处理对花生幼苗生长的影响,拟筛选出对花生幼苗生长最有效的使用剂量,初步探索这3种药剂对花生幼苗的保健作用,为研究该类药剂对花生正面的生理作用机制奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料和药剂

花生(*Arachis hypogaea* L.)品种为花育25号,由山东省花生研究所选育而成,属早熟直立大花生,抗旱性强,抗多种叶部病害和条纹病毒病,山东境内广泛种植。

25%吡唑醚菌酯悬浮剂,实验室加工样品;30%醚菌酯可湿性粉剂,京博农化科技股份有限公司产品;250 g/L啮菌酯悬浮剂,先正达(苏州)作物保护有限公司产品。

### 1.2 试验设计

试验药剂设置为系列浓度,即5、10、15、20 g a. i./10 kg(种子)4个剂量,不含药剂的处理为对照。播种前12 h,将花生种子进行拌种处理,然后自然晾干待用。土壤湿度设置为60%(用土壤相对含水量表示),温度为25℃。

### 1.3 试验方法

采用小杯法,选取大小和饱满度一致的种子播入塑料杯(10 cm × 14 cm)中,每杯播入2粒花生种子,播种深度为5 cm,每个处理设4次重复,每个重复15杯。土壤的最大持水量和实际含水量用环刀法测定<sup>[18]</sup>,将土壤加水调整至湿度为60%。播种后,对小杯进行覆膜,将小杯置于光照培养箱内(GXZ型智能光照培养箱,宁波江南仪器厂)培养。每隔12 h观察和记录花生的出苗情况,计算出苗时间。待播种一个月后,调查各处理的出苗率。每个重复随机抽取5杯,调查各处理花生幼苗的株高、主根长、植株地上部和地下部鲜重。每个重复随机称取相同部位的新鲜叶片,测定叶片的相关指标,并测定根系活力。

### 1.4 相关生理指标的测定

超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化物酶(POD)活性和叶绿素含量的测定参照李合生等的方法<sup>[19]</sup>;可溶性蛋白含量的测定参照Lowry等的方

法<sup>[20]</sup>;过氧化氢酶(CAT)活性的测定参照高俊凤等的方法<sup>[21]</sup>;谷氨酸丙酮酸转氨酶(GPT)活性和谷氨酸草酰乙酸转氨酶(GOT)活性的测定参照吴良欢等的方法<sup>[22]</sup>;丙二醛(MDA)含量的测定参照赵世杰等方法<sup>[23]</sup>;相对电导率的测定参照陈爱葵等的方法<sup>[24]</sup>;根系活力的测定参照张志良等的方法<sup>[25]</sup>。

## 1.5 数据处理

采用Microsoft Excel 2010进行数据处理,并采用DPS v6.55统计软件进行方差分析(Duncan新复极差法)。

## 2 结果与讨论

### 2.1 吡唑醚菌酯、醚菌酯、啮菌酯拌种处理对花生幼苗的影响

2.1.1 生物学性状 3种药剂拌种处理后,花生的出苗时间未发生明显变化,但出苗率、株高、主根长、地上鲜重和地下鲜重均有不同程度的提高(表1)。吡唑醚菌酯在15 g a. i./10 kg种子剂量下,出苗率达到最大值,比对照提高10.8个百分点。在10 g a. i./10 kg种子剂量下,株高、主根长、地上鲜重和地下鲜重均达到最大值,分别比对照增加19.3%、26.7%、26.3%和44.4%。醚菌酯在10 g a. i./10 kg种子剂量下,出苗率、株高、主根长和地下鲜重达到最大值,分别比对照增加10个百分点、15.7%、26.1%和44.4%。在15 g a. i./10 kg种子剂量下,地上鲜重达到最大值,比对照增加16.3%。啮菌酯在10 g a. i./10 kg种子剂量下,出苗率、株高、地上鲜重和地下鲜重达到最大值,分别比对照增加10个百分点、15.4%、21.3%和33.3%。在15 g a. i./10 kg种子剂量下,主根长达到最大值,比对照增加16.7%。

综合比较,在10 g a. i./10 kg种子剂量下,3种药剂对花生幼苗生长的促进效果最明显。在此剂量下进行3种药剂间的对比发现,3个处理间的出苗率和地下鲜重值没有显著变化。株高、主根长值最大的是吡唑醚菌酯,其次是醚菌酯、啮菌酯。地上鲜重值最大的是吡唑醚菌酯,其次是啮菌酯和醚菌酯。

2.1.2 生理指标 在试验剂量下,3种药剂拌种提高了花生幼苗期叶片保护酶(SOD、POD和CAT)活性(图1A、B、C)。其中,吡唑醚菌酯在10 g a. i./10 kg种子浓度下,POD和CAT活性达到最高值,分别比对照提高51.6%和32.2%。SOD的活性在15 g a. i./10 kg种子拌种剂量下达到最高值,比对照提高93.8%。醚菌酯在10 g a. i./10 kg种子剂量下,3种保护酶(SOD、POD和CAT)的活性达到最高值,分别比对照提高62.5%、41.3%和21.4%。啮

菌酯在 10g a. i./10kg 剂量下,3 种保护酶(SOD、POD 和 CAT)的活性达到最高值,分别比对照提高

表 1 吡唑醚菌酯、醚菌酯、啞菌酯拌种对花生幼苗生物学性状的影响  
Table 1 Effects of pyraclostrobin, kresoxim methyl, and azoxystrobin seed treatments on biological characteristics of peanut seedling

处理 Treatment	剂量 Dose /(g/10kg)	出苗时间 Emergence time/d	出苗率 Emergence rate/%	株高 Height /cm	主根长 Main root length/cm	地上鲜重 Above - ground fresh weight/g	地下鲜重 Underground fresh weight/g
吡唑醚菌酯 Pyraclostrobin	5	8.8 ± 0.1a	90.0 ± 2.2ab	34.0 ± 0.4abcde	19.5 ± 0.4bc	9.7 ± 0.6ab	0.9 ± 0.2bc
	10	9.0 ± 0.2a	92.5 ± 2.2a	36.5 ± 0.8a	22.8 ± 0.5a	10.1 ± 0.7a	1.3 ± 0.3a
	15	8.8 ± 0.1a	93.3 ± 1.6a	35.9 ± 0.3ab	20.7 ± 0.7ab	8.6 ± 0.8ab	1.0 ± 0.2abc
	20	8.9 ± 0.1a	90.8 ± 1.6ab	34.6 ± 0.4abcd	17.9 ± 0.4c	9.1 ± 0.5ab	1.0 ± 0.3abc
醚菌酯 Kresoxim	5	9.0 ± 0.2a	86.7 ± 1.2abc	32.0 ± 0.5def	20.0 ± 0.4bc	8.4 ± 0.3ab	1.1 ± 0.2abc
	10	8.9 ± 0.2a	92.5 ± 1.9a	35.4 ± 0.2abc	22.7 ± 0.7a	9.0 ± 0.54ab	1.3 ± 0.2a
	15	8.8 ± 0.1a	90.0 ± 1.9ab	33.2 ± 0.7bcdef	19.7 ± 0.4bc	9.3 ± 0.6ab	1.0 ± 0.2bc
	20	9.1 ± 0.1a	85.0 ± 1.7bc	32.4 ± 0.5cdef	18.2 ± 0.2c	9.0 ± 0.5ab	1.0 ± 0.3bc
啞菌酯 Azoxystrobin	5	8.9 ± 0.2a	89.2 ± 2.9abc	34.3 ± 0.7abcd	19.3 ± 0.6bc	8.7 ± 0.6ab	1.1 ± 0.3abc
	10	8.8 ± 0.1a	92.5 ± 2.2a	35.3 ± 0.2abc	19.6 ± 0.6bc	9.7 ± 0.6ab	1.2 ± 0.2ab
	15	9.1 ± 0.2a	92.5 ± 2.2a	33.4 ± 0.8abcdef	21.0 ± 0.7ab	9.5 ± 0.7ab	1.1 ± 0.3bc
	20	8.8 ± 0.1a	89.2 ± 2.3abc	31.3 ± 0.6ef	18.0 ± 0.4c	8.8 ± 0.3ab	0.9 ± 0.2c
CK	-	9.3 ± 0.1a	82.5 ± 1.2c	30.6 ± 0.7f	18.0 ± 0.6c	8.0 ± 0.8b	0.9 ± 0.2c

注:同一指标不同字母表示经 Duncan 多重检验差异显著,  $P < 0.05$

Note: Data of the same index with different lowercase letters are significant different at  $P < 0.05$  level by Duncan's multiple range tests

3 种药剂拌种后降低了叶片中 MDA 含量(图 1D),在拌种剂量 10 和 15g a. i./10kg 种子时,花生叶片中的 MDA 含量明显降低。吡唑醚菌酯和醚菌酯在 10g a. i./10kg 种子浓度下,MDA 含量最低,分别比对照降低 60.8% 和 36.5%。啞菌酯在 15g a. i./10kg 种子浓度下,MDA 含量最低,比对照降低 47.9%。

与对照相比,各药剂处理的花生叶片转氨酶活性提高,其中,吡唑醚菌酯在 15g a. i./10kg 种子浓度下,GPT 活性最高,为 26.34  $\mu\text{mol}/(\text{g} \cdot 30\text{min})$ ,比对照提高 56.5%。10g a. i./10kg 种子浓度下,GOT 活性最高,为 21.08  $\mu\text{mol}/(\text{g} \cdot 30\text{min})$ ,比对照提高 72.2%。醚菌酯和啞菌酯在 10g a. i./10kg 种子浓度下,花生幼苗叶片 GPT、GOT 活性均达到最高值(图 1E、F)。此拌种剂量下,醚菌酯处理后的花生幼苗叶片 GPT、GOT 活性分别比对照提高 41.9% 和 51.7%。啞菌酯处理后的花生幼苗叶片 GPT、GOT 活性分别比对照提高 41.3% 和 65.0%。

各处理花生叶片的叶绿素含量均不同程度地高于对照,吡唑醚菌酯在 15g a. i./10kg 种子浓度下,叶绿素含量最高,比对照增加 37.1%。醚菌酯和啞菌酯在 10g a. i./10kg 种子浓度下,叶绿素含量最高,分别比对照增加 29.5% 和 29.9%(图 1G)。与清水对照相比,各处理幼苗叶片的相对电导率减小。吡唑醚菌酯和醚菌酯在 10g a. i./10kg 种子浓度下,相对电导率值最小,分别比对照降低 7.34% 和 7.81%。啞菌酯在 15g a. i./10kg 种子浓度下,相对

电导率值最小,比对照降低 6.91%(图 1H)。

3 种药剂拌种处理后,可以提高叶片中可溶性蛋白含量,其中吡唑醚菌酯和啞菌酯在 15g a. i./10kg 种子浓度下,可溶性蛋白含量达到最大值,分别比对照提高 23.0% 和 11.2%;醚菌酯在 10g a. i./10kg 种子浓度下,可溶性蛋白含量达到最大值,比对照提高 14.4%;相同剂量下,吡唑醚菌酯处理后的幼苗叶片中可溶性蛋白含量,高于醚菌酯和啞菌酯处理后的花生幼苗叶片中可溶性蛋白含量(图 1I)。

与对照相比,吡唑醚菌酯和啞菌酯种子处理后,花生幼苗的根系活力值增加。吡唑醚菌酯在 15g a. i./10kg 种子浓度下,根系活力值最大,比对照提高 11.2%。醚菌酯拌种后,在 5、10g a. i./10kg 种子浓度下较对照分别提高 3.4%、7.3%,在 15、20g a. i./10kg 种子浓度下,较对照降低 0.04%、7.7%。啞菌酯在 10g a. i./10kg 种子浓度下,根系活力值最大,比对照提高 9.7%(图 1J)。

### 3 讨论

SOD 是一类能有效清除超氧自由基的金属酶,当其活性下降时,自由基清除的动态平衡被破坏,活性氧积累而产生毒害<sup>[26]</sup>;POD 主要清除过氧化物自由基<sup>[27]</sup>;而 CAT 是清除过氧化氢的重要酶类,三者协同作用可以有效地清除体内的活性氧<sup>[28]</sup>。试验结果表明,吡唑醚菌酯、醚菌酯和啞菌酯 3 种药剂拌种后,花生幼苗叶片的保护酶(SOD、POD、CAT)活性均有一定程度提高,体内清除活性氧的能力增强,

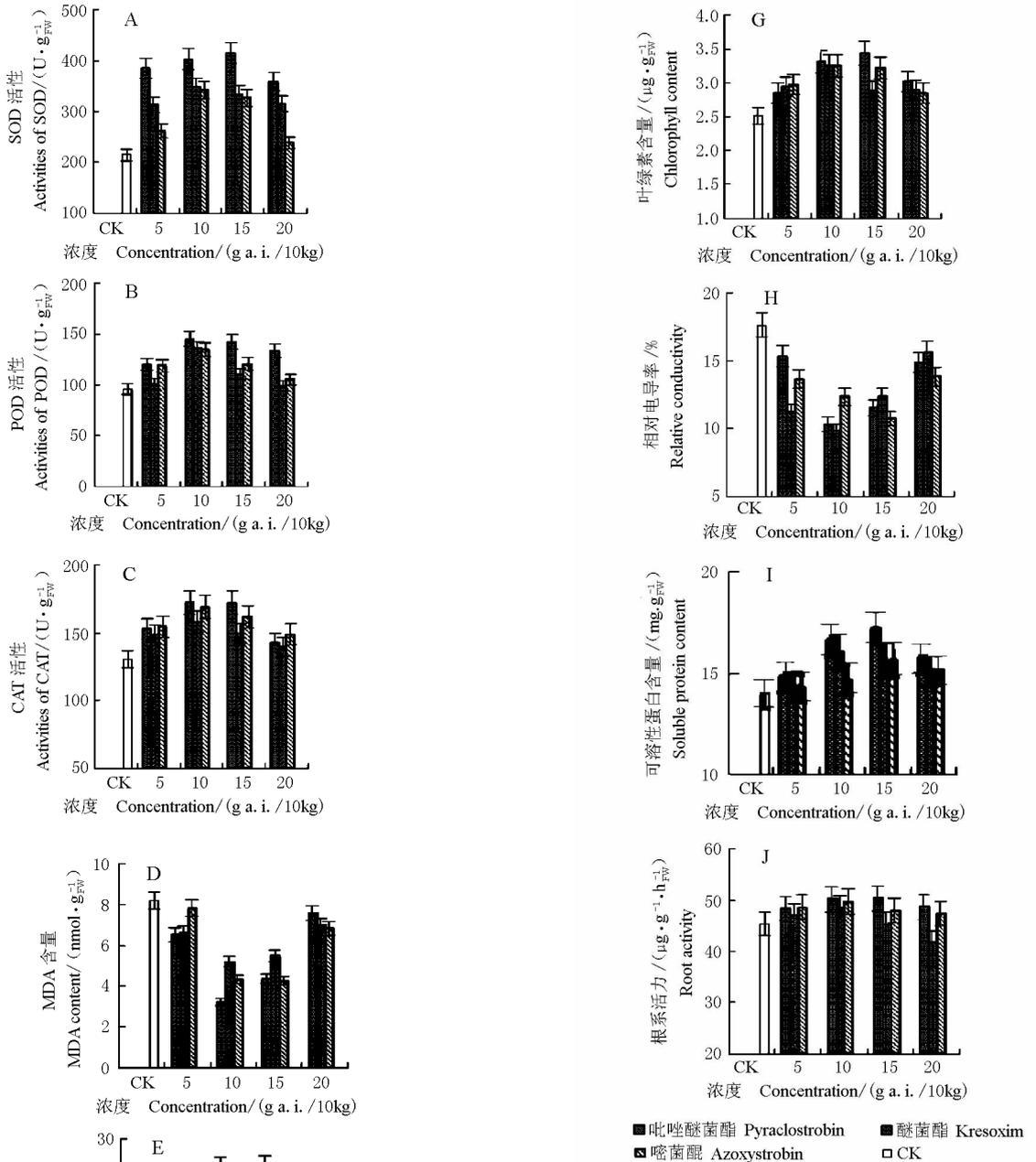


图1 不同浓度药剂拌种对花生生理指标的影响

Fig.1 Effect of fungicides on physiological and biochemical indexes in peanut at different concentrations

进而可以提高花生的抗逆性;MDA含量可以反映叶片细胞膜过氧化作用的强弱<sup>[29]</sup>,3种药剂处理后,MDA含量减少,植株的损害程度降低。玉米叶片中,光合碳同化酶(RuBPCase)、磷酸烯醇式丙酮酸羧化酶(PEPCase)和丙酮酸磷酸双激酶(PPDK)占可溶性蛋白含量的50%以上<sup>[30]</sup>,所以可溶性蛋白含量可以反映植物内部的代谢程度。药剂处理后,叶片中可溶性蛋白含量增加,反映出叶片代谢能力增强;相对电导率的大小可以反映植物细胞膜的损伤程度,其值增大表明膜受损程度加重<sup>[31]</sup>,药剂处理后,幼苗叶片相对电导率降低,说明叶片细胞膜受

损程度降低。根系活力反映根系综合吸收能力,对花生生长具有重要作用<sup>[32]</sup>,药剂拌种后,根系活力提高,根系吸收和运输水分及养分的能力提高,为地上部分提供更多的营养物质,也有利于提高花生的抗旱性。GOT 和 GPT 是调控氮素从其载体谷氨酸向其他  $\alpha$ -氨基酸转移的关键酶,药剂拌种后,叶片转氨酶活性提高,固氮能力增强<sup>[33]</sup>。Dimmock 等认为,甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂能够增强叶片的光合作用,最终增加产量<sup>[34,35]</sup>。本研究中,药剂拌种后,叶绿素含量增加,为植株的光合作用打下了良好的基础。

吡唑醚菌酯可以延缓叶片衰老<sup>[36]</sup>。醚菌酯可以增加小麦产量,促进蛋白质和干物质的积累,延缓衰老并增强植物的光合作用<sup>[37]</sup>。啞菌酯处理大麦后,叶片可溶性蛋白含量、保护酶活性提高<sup>[38]</sup>。本文在花生上的试验结果与前人研究结果一致。3种药剂在有效成分 5、10、15、20 g/10kg 种子拌种剂量下,对花生幼苗生长均有不同程度的促进作用。株高、主根长、地上鲜重、地下鲜重值增加,叶片保护酶(SOD、POD、CAT)活性、转氨酶(GPT、GOT)活性提高,叶绿素含量和可溶性蛋白含量增大,丙二醛(MDA)含量减少,根系活力提高,对花生幼苗起到保健的作用。综合比较 3种药剂处理后的幼苗生物学性状和生理生化指标,可以得出 3种药剂的最适宜剂量在 10 g a. i./10kg 种子,其中吡唑醚菌酯的保健效果好于醚菌酯和啞菌酯。

目前,还没有关于这 3种药剂在花生拌种方面的相关报道,有必要研究这三类药剂对花生拌种的适宜浓度,为花生生产的科学用药提供参考,从而为研究该类药剂对花生正面生理作用的机制奠定基础。有关此 3种药剂拌种后在田间条件下的作用效果有待于进一步研究。

## 参考文献:

- [1] 关爱莹,李慧超,张金波,等. 甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂的发展沿革及几个主要品种的合成[J]. 精细与专用化学品,2012,20(4):24-28.
- [2] 乔桂双,王文桥,韩秀英,等. 两种候选甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂对黄瓜霜霉病的作用方式[J]. 植物保护学报,2009(2):79-84.
- [3] 刘祖明. 新型甲氧基丙烯酸酯类衍生物的合成及杀菌活性研究[D]. 武汉:华中师范大学,2008.
- [4] 汪汉成,李文红,夏海乾,等. 啞菌酯与吡唑醚菌酯对烟草白粉病菌的抑制作用及在烤烟漂浮育苗阶段的防治效果[J]. 农药学报,2012,14(4):412-416.
- [5] 王晓娟,唐 贝,李高伟,等. 高效低毒农药杀菌剂研究进展[J]. 商丘师范学院学报,2014(3):56-63.
- [6] 张 晓,张艳军,陈 雨,等. 啞菌酯对番茄早疫病病菌的抑制作用[J]. 农药学报,2008,10(1):41-46.
- [7] 冯希杰,马慧霞,陈长军,等. 啞菌酯对油菜菌核病菌的抗菌活性及抗菌机制研究[J]. 农药学报,2009,11(2):186-190.
- [8] 潘汝谦,徐大高,严绮文,等. 啞菌酯对扁豆纹枯病的物理作用方式及其生物动力学特性[J]. 农药学报,2007,9(1):34-38.
- [9] 李 杨. 拌种防治花生冠腐病及蛴螬安全药剂筛选[D]. 泰安:山东农业大学,2012.
- [10] 安福涛. 5种药剂对花生褐斑病的田间防治试验[J]. 辽宁农业科学,2013(19):76-77.
- [11] 郭晓强,李 翔,赵志强,等. 不同杀菌剂对花生叶斑病防治效果及产量影响的研究[J]. 花生学报,2014,43(1):56-60.
- [12] 李建涛,范怀峰,王建美,等. 四种杀菌剂对花生白绢病菌的毒力及田间控制作用[J]. 中国油料作物学报,2013,35(6):686-691.
- [13] 葛洪滨,刘宗发,马众文,等. 不同杀菌剂对连作花生叶斑病的防治效果及产量的影响[J]. 花生学报,2014,43(1):52-55.
- [14] 陈 雨,张爱芳,夏本勇,等. 吡唑醚菌酯对大豆炭疽病防效及保健增产作用[J]. 农药,2011(9):697-699.
- [15] 陈 雨,张爱芳,於 春,等. 吡唑醚菌酯对棉花炭疽病的防效及保健增产作用[J]. 中国棉花,2011(6):24-26.
- [16] 潘海清,郑礼旺,郑圣发. 25%凯润(吡唑醚菌酯)防治水稻稻瘟及保健增产试验研究[J]. 现代农业科技,2010(22):155-159.
- [17] 华乃震. Strobilurins 类杀菌剂品种、市场、剂型和应用(I)[J]. 现代农药,2013,12(3):6-11;21.
- [18] 袁娜娜. 室内环刀法测定土壤田间持水量[J]. 中国新技术新产品,2014,09:184.
- [19] 李合生. 植物生理生化实验原理与技术[M]. 北京:高等教育出版社,2003. 134-137;164-169.
- [20] Lowry O H, Rosebrough N J, Farr A L, et al. Protein measurement with the Folin phenol reagent[J]. Journal of Biological Chemistry,1951,193:265-275.
- [21] 高俊凤. 植物生理学试验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2006. 214-217.
- [22] 吴良欢,蒋志洪,陶勤南. 植物转氨酶(GOT和GPT)活度比色测定方法及其应用[J]. 土壤通报,1998(3):41-43.
- [23] 赵世杰,史国安,董新纯. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2003.
- [24] 陈爱葵,韩瑞宏,李东洋,等. 植物叶片相对电导率测定方法比较研究[J]. 广东教育学院学报,2010(5):

- 88 - 91.
- [25] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003. 39 - 41.
- [26] 程光宇, 吴国荣, 陆长梅, 等. 花生种子 SOD 活性及热稳定性研究[J]. 中国油料作物学报, 1999, 21(2): 42 - 45.
- [27] 克热木·伊力, 袁琳, 齐曼·尤努斯, 等. 盐胁迫对阿月浑子 SOD、CAT、POD 活性的影响[J]. 新疆农业科学, 2004, 41(3): 129 - 134.
- [28] 江海东, 周琴, 李娜, 等. Cd 对油菜幼苗生长发育及生理特性的影响[J]. 中国油料作物学报, 2006, 28(1): 39 - 43.
- [29] Minami A, Nagao M, Ikegami K, et al. Cold acclimation in bryophytes: low - temperature - induced freezing tolerance in *Physcomitrella patens* is associated with increases in expression levels of stress - related genes but not with increase in level of endogenous abscisic acid [J]. *Planta*, 2005(220): 414 - 423.
- [30] Yamazaki M, Watanabe A, Sugiyama T. Nitrogen - regulated accumulation of mRNA and protein for photosynthetic carbon assimilating enzymes in maize [J]. *Plant Cell Physiol*, 1986, 27(3): 343 - 352.
- [31] Fridovich I. Free radical in biology[M]. New York: New York Academic Press, 1976. 239 - 277.
- [32] 熊明彪, 罗茂盛, 田应兵, 等. 小麦生长期土壤养分与根系活力变化及其相关性研究[J]. 土壤肥料, 2005(3): 8 - 11.
- [33] 张佳蕾. 不同品质类型花生品质形成差异的机理与调控[D]. 泰安: 山东农业大学, 2013.
- [34] Dimmock J P R E, Gooding M J. The effects of fungicide on rate and duration of grain filling in winter wheat in relation to maintenance of flag leaf green area [J]. *Journal of Agricultural Science*, 2002, 138: 1 - 16.
- [35] Berielson J R, de Neergaard E, Smedegaard - Petersen V. Fungicidal effects of azoxystrobin and epoxiconazole on phyllosphere fungi, senescence and yield of winter wheat [J]. *Plant Pathology*, 2001, 50(2): 190 - 205.
- [36] Kanungo M, Joshi J. Impact of pyraclostrobin (F - 500) on crop plants [J]. *Plant Sci Today*, 2014, 1(3): 174 - 178.
- [37] Ypema H L, Gold R E. Kresoxim - methyl: modification of a naturally occurring compound to produce a new fungicide [J]. *Plant Disease*, 1999, 83(1): 4 - 19.
- [38] Wu Y, von Tiedemann A. Impact of fungicides on active oxygen species and antioxidant enzymes in spring barley (*Hordeum vulgare* L.) exposed to ozone [J]. *Environ Pollut*, 2002, 116(1): 37 - 47.

(责任编辑: 王丽芳)